



**BAKTERİ UYGULAMALARININ FARKLI SULAMA SEVİYELERİNDE
YETİŞTİRİLEN LAHANADA (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*)
SU KULLANIM ETKİNLİĞİ, BİTKİ GELİŞİMİ,
VERİM VE KALİTE ÜZERİNE ETKİSİ**

Aysel SAMANCIOĞLU

**Doktora Tezi
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı
Sebze Yetiştirme ve Islahı Bilim Dalı
Prof. Dr. Ertan YILDIRIM
Prof. Dr. Üstün ŞAHİN
2016
Her hakkı saklıdır**

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

**BAKTERİ UYGULAMALARININ FARKLI SULAMA
SEVİYELERİNDE YETİŞTİRİLEN LAHANADA (*Brassica oleracea*
L. var. capitata) SU KULLANIM ETKİNLİĞİ, BİTKİ GELİŞİMİ,
VERİM VE KALİTE ÜZERİNE ETKİSİ**

Aysel SAMANCIOĞLU

BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI
Sebze Yetiştirme ve Islahı Bilim Dalı

ERZURUM
2016

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

**BAKTERİ UYGULAMALARININ FARKLI SULAMA SEVİYELERİNDE
YETİŞTİRİLEN LAHANADA (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*) SU
KULLANIM ETKİNLİĞİ, BİTKİ GELİŞİMİ, VERİM VE KALİTE
ÜZERİNE ETKİSİ**

Prof. Dr. Ertan YILDIRIM danışmanlığında, Prof. Dr. Üstün ŞAHİN ortak danışmanlığında, Aysel SAMANCIOĞLU tarafından hazırlanan bu çalışma 15/07/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı – Sebze Yetiştirme ve Islahı Bilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak **oybirliği (7/7)** ile kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. A. Naci ONUS

Üye: Prof. Dr. Ertan YILDIRIM

Üye: Prof. Dr. Üstün ŞAHİN

Üye: Prof. Dr. Ersin POLAT

Üye: Prof. Dr. Atilla DURSUN

Üye: Prof. Dr. Recep KOTAN

Üye: Doç. Dr. Melek EKİNCİ

İmza:

İmza:

İmza:

İmza:

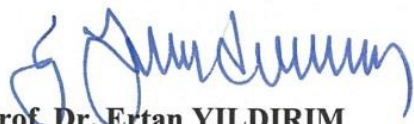
İmza:

İmza:

İmza:

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 28.07.2016 tarih ve 30.19 nolu
kararı ile onaylanmıştır.


Prof. Dr. Ertan YILDIRIM
Enstitü Müdürü

Bu çalışma BAP, projeleri kapsamında desteklenmiştir.
Proje No: 2012/420

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Doktora Tezi

BAKTERİ UYGULAMALARININ FARKLI SULAMA SEVİYELERİNDE YETİŞTİRİLEN LAHANADA (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*) SU KULLANIM ETKİNLİĞİ, BİTKİ GELİŞİMİ, VERİM VE KALİTE ÜZERİNE ETKİSİ

Aysel SAMANCIOĞLU

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı
Sebze Yetiştirme ve Islahı Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ertan YILDIRIM
Ortak Danışman: Prof. Dr. Üstün ŞAHİN

Bu çalışma, farklı sulama seviyelerinde (%100 (S1: Tam sulama), %75 (S2), %50 (S3), %25 (S4)) yetiştirilen lahanada B0 (Kontrol) ile birlikte bitki gelişimini teşvik eden bakteri (Plant Growth Promoting Bacteria-PGPB) içerikli B1 (*Bacillus megaterium* TV-6D), B2 (*Bacillus subtilis* TV-12H), B3 (*Bacillus megaterium* TV-6D, *Pantoea agglomerans* RK-92 ve *Brevibacillus choshinensis* TV-53D) ve B4 (*Pantoea agglomerans* RK-92, *Bacillus pumilus* TV-67C ve *Bacillus megaterium* TV-20E) uygulamalarının bitki gelişimi, pazarlanabilir verim, amino asit, organik asit, antioksidan, hormon, mineral madde miktarı, fotosentetik mekanizma, sezonluk bitki su tüketimi, su kullanım etkinliği, sulama suyu kullanım etkinliği, su-verim ilişkisi ile toprakta bazı kimyasal özellikler üzerine etkisini belirlemek amacıyla Erzurum ekolojik koşullarında yürütülmüştür. Çalışma; Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri, Tarımsal Yapılar ve Sulama, Bitki Koruma Bölümü ve Yeditepe Üniversitesi Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi Genetik ve Biyomühendislik Bölümü'ne ait sera, deneme alanı ve laboratuvarlarda 2012-2014 yıllarında yürütülmüştür. Araştırma bulgularına göre, tam ve kısıntılı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada su kısıntılarının bitki gelişimini tam sulama konusuna göre olumsuz etkilediği, bu etkinin en fazla S4 sulama seviyesinde gözlemlendiği tespit edilmiştir. Ayrıca B1, B2, B3 ve B4 bakteri içerikli biyoförmülasyonların lahanada bitkilerinde olumlu etkileri gözlemlenmiş, çalışmada özellikle B1 bakteri uygulamasının; lahananın bazı fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri ile verim ve bitki performansını arttırdığı belirlenmiştir. Kısıntılı sulama seviyelerinde bakteri uygulamaları ile su kullanım etkinliği ve sulama suyu kullanım etkinliğinin en fazla B1 ve B3 bakteri uygulamaları ile arttığı gözlemlenmiştir. Bunun yanında bakteri uygulamaları tam ve kısıntılı sulama seviyelerinde sezonluk bitki su tüketimini azaltmış, bu azalış en fazla B1 ve B3 uygulamalarında tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmada verim ile sezonluk bitki su tüketimi ve sezonluk sulama suyu arasında önemli pozitif lineer ilişki belirlenmiştir. Çalışma sonucunda bitkide kuraklık stresinin neden olduğu zararlanmaların PGPB uygulamaları ile azaldığı görülmüştür. Ayrıca PGPB uygulamalarının, kısıntılı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada birtakım fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri etkileyerek verim ve kalite üzerine kuraklığın olumsuz etkisini azaltabileceği tespit edilmiştir.

2016, 224 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Bitki gelişimini teşvik edici bakteriler (PGPB), lahanada, kuraklık stresi, verim, kalite

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

EFFECTS OF BACTERIA APPLICATIONS ON WATER USE EFFICIENCY, PLANT GROWTH, YIELD AND QUALITY OF CABBAGE GROWN UNDER DIFFERENT IRRIGATION LEVELS

Aysel SAMANCIOĞLU

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Horticulture
Vegetable Growing and Breeding Department

Supervisor: Prof. Dr. Ertan YILDIRIM
Co-Supervisor: Prof. Dr. Üstün ŞAHİN

This study was conducted under the ecological conditions of Erzurum in order to determine effect of bacterial application consist of the plant growth promotion bacteria B0 (Control), B1 (*Bacillus megaterium* TV-6D), B2 (*Bacillus subtilis* TV-12H), B3 (*Bacillus megaterium* TV-6D, *Pantoea agglomerans* RK-92 and *Brevibacillus choshinensis* TV-53D) and B4 (*Pantoea agglomerans* RK-92, *Bacillus pumilus* TV-67C and *Bacillus megaterium* TV-20E) on plant growth, marketable yield, amino acids, organic acids, antioxidants, hormones, mineral matter content, photosynthetic mechanism, seasonal evapotranspiration, water use efficiency, irrigation water use efficiency and water-yield relationship on cabbage grown at different irrigation levels (%100 (S1: Full irrigation), 75 (S2), 50 (S3), 25 (S4)), and on some chemical properties of soil. The study was conducted in greenhouses, experimental area and laboratories at Atatürk University, Faculty of Agriculture, Agricultural Structures and Irrigation, Department of Plant Protection and Department of Horticulture and Faculty of Engineering and Architecture, Department of Genetics and Bioengineering in Yeditepe University in 2012-2014. According to the results of the study, positive effects of applications of the bacterial bioformulation B1, B2, B3 and B4 consist of the bacteria were observed in plant performance, yield, and some physiological and biochemical properties of cabbage grown at deficit irrigation levels. Especially, B1 treatment was found the most effective on these characteristics investigated. In the study, additionally, by the applications of the bacteria at deficit irrigation levels, it has been determined that water use efficiency and irrigation water use efficiency had increased with the application of B1 and B3. Besides these applications has decreased seasonal plant water consumption at full and deficit irrigation levels; and this decrease has been observed mostly with the application of B1 and B3. In addition, in the study, a positive linear relationship has been determined between yield and seasonal evapotranspiration and between yield and seasonal irrigation water. As a result of the study, it has been observed that the damages caused by drought stress on the plant had been decreased by the application of PGPB. Additionally, it has been revealed that PGPB treatments could ameliorate the deleterious effect of drought stress on cabbage grown at different irrigations levels, regulating some physiological and biochemical properties.

2016, 224 Pages

Keywords: Plant growth promoting bacteria (PGPB), cabbage, drought stress, yield, quality

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım sırasında bilimsel katkıları ile bana yardımcı olan, çalışmalarım süresince bilgi, öneri, deneyim ve görüşlerini her zaman benimle paylaşan, bilimsel vizyonumun oluşmasında büyük emeklerini gördüğüm, değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ertan YILDIRIM'a ve denemenin kurulması ve yürütülmesinde bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen ve birlikte çalışmaktan büyük mutluluk duyduğum ortak danışmanım Sayın Prof. Dr. Üstün ŞAHİN'e en içten teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Tez izleme jürisinde de bulunan bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayarak gösterdiği yardım ve katkıları ile bilgi ve tecrübelerini paylaşan Bahçe Bitkileri Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Atilla DURSUN, bakteri solüsyonlarının belirlenmesi ve temin edilmesi konusunda yardımlarından dolayı Sayın Prof. Dr. Recep KOTAN'a teşekkür ederim. Laboratuvar çalışmalarım sırasında gerekli imkan ve desteği sağlayan Sayın Prof. Dr. Metin TURAN'a ayrıca çalışmalar sırasında desteklerini gördüğüm Sayın Doç. Dr. Melek EKİNCİ'ye, toprak örneklerinin analizlenmesi sırasında gösterdiği yardımları için Sayın Yrd. Doç. Dr. Adem GÜNEŞ'e, yardımlarından dolayı Sayın Arş. Gör. Raziye KUL, Sayın Arş. Gör. Fazilet PARLAKOVA KARAGÖZ ve Sayın Arş. Gör. Talip ÇAKMAKCI'ya, ölçümler esnasında bana yardımcı olan Bahçe Bitkileri Bölümünde staj yapan öğrenci arkadaşlarıma teşekkür ederim. Doktora tez çalışmama maddi destek sağlayan Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Birimine teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca beni her konuda destekleyen, sabrını ve hoşgörüsünü benden esirgemeyen eşim Öğr. Gör. Ahmet SAMANCIOĞLU'na; hep yanımda olan destek ve ilgilerini eksik etmeyen aileme sevgi, saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Aysel SAMANCIOĞLU

Temmuz, 2016

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	9
2.1. Bitkilerde PGPB Uygulamalarının Etkileri	9
2.1.1. PGPB uygulamalarının fosfat çözünübilirliği üzerine etkisi.....	10
2.1.2. PGPB uygulamalarının azot fiksasyonu üzerine etkisi	12
2.1.3. PGPB uygulamalarının biyokontrol mekanizması üzerine etkisi.....	13
2.1.4. PGPB uygulamalarının bitki besin maddesi alımına etkisi	14
2.1.5. PGPB uygulamalarının bitkide ekstraselüler polimerik maddelerin üretimi üzerine etkisi.....	17
2.1.6. PGPB uygulamalarının hormon aktivitesi üzerine etkisi	17
2.1.7. PGPB uygulamalarının bitkide ACC deaminaz enzim aktivitesi üzerine etkisi	19
2.1.8. PGPB uygulamalarının stres sırasında aktif genler üzerine etkisi	20
2.2. Bitkilerde Kuraklık Stresinin Etkileri.....	21
2.2.1. Verim ve gelişim üzerine etkileri	21
2.2.2. Bitki su ilişkileri üzerine etkileri	23
2.2.3. Besin maddesi alımı üzerine etkileri	24
2.2.4. Fotosentez üzerine etkileri.....	25
2.2.5. Solunum üzerine etkileri	27
2.2.6. Oksidatif zararlanma üzerine etkileri	27
2.3. Bitkilerde PGPB Uygulamalarının Kuraklık Stresi Üzerine Etkileri.....	28
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	34
3.1. Materyal.....	34

3.1.1. Bitki	34
3.1.2. Deneme alanı, iklim ve toprak özellikleri	35
3.1.3. Bakteri izolatları	38
3.1.4. Sıvı taşıyıcı	38
3.1.5. Bakteri formülasyonları	39
3.2. Yöntem	40
3.2.1. Bakteri kültürlerinin muhafazası	40
3.2.2. Taze bakteri kültürlerinin geliştirilmesi	40
3.2.3. Taze kültürlerinin fermentöre transfer edilmesi	40
3.2.4. Sıvı taşıyıcının biyoreaktörde buharla sterilizasyonu, soğutulması ve fermentör kültürlerinin biyoreaktörde sıvı taşıyıcıya transfer edilmesi	40
3.2.5. Solüsyonlarının uygulanması	41
3.2.6. Fide yetiştirme, dikim, bakım ve hasat	42
3.2.7. Sulama uygulamaları	46
3.3. Bitkide Yapılan Ölçüm ve Analizler	53
3.3.1. Toplam bitki ağırlığı	56
3.3.2. Baş ağırlığı	56
3.3.3. Baş yüksekliği	56
3.3.4. Baş çapı	56
3.3.5. Gövde çapı	56
3.3.6. Açık yaprak sayısı	56
3.3.7. Zarar görmüş dokuların oranı (Hasar indeksi)	57
3.3.8. Doku oransal su içeriği	57
3.3.9. Verim	58
3.3.10. Fotosentez hızı, terleme ve stoma iletkenliği	58
3.3.11. Prolin analizi	59
3.3.12. Hidrojen Peroksit (H ₂ O ₂) analizi	59
3.3.13. Malondialdehid (MDA) analizi	59
3.3.14. Toplam fenolik madde analizi (Folin-Ciocalteu Yöntemi)	60
3.3.15. Antioksidan enzim (APX, SOD ve POD) analizi	61
3.3.15.a. Askorbat Peroksidaz (APX - EC: 1.11.1.11) enzim aktivitesi	61

3.3.15.b. Süperoksit dismutaz (SOD – EC: 1.15.1.1) enzim aktivitesi	61
3.3.15.c. Peroksidaz (POD - EC: 1.11.1.7) enzim aktivitesi	62
3.3.16. Hormon (absisik asit, gibberellik asit, salisilik asit ve indol asetik asit) analizi	63
3.3.17. Organik asit (süksinik, fumarik, maleik sitrik, laktik, malik ve bütirik asit) analizi	64
3.3.18. Besin elementlerinin (N, P, K, Ca, Mg, Zn, Fe, Cu, Mn) analizi	65
3.4. Toprakta Yapılan Ölçüm ve Analizler	65
3.4.1. pH	66
3.4.2. Kireç (CaCO_3) miktarı	67
3.4.3. Organik madde miktarı	67
3.4.4. Fosfor miktarı	67
3.4.5. Değişebilir katyonlar	67
3.4.6. Bitki tarafından alınabilir mikro element (demir, mangan, çinko, bakır) miktarı	67
3.4.7. Tekstür	68
3.4.8. Hacim ağırlığı	68
3.4.9. Tarla kapasitesinde tutulan nem	68
3.4.10. Solma noktasında tutulan nem	68
3.4.11. Toprak bünyesi	68
3.4.12. Katyon değişim kapasitesi	69
3.3.13. Elektriksel iletkenlik (EC)	69
3.4.14. Bitkiye yararlı bor miktarı	69
3.4.15. Toplam azot miktarı	69
3.4.16. Amonyum-nitrat azotu	69
3.5. İstatiksel Analizler	70
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	71
4.1. Bitkide Yapılan Ölçüm ve Analiz Sonuçları	71
4.1.1. Toplam bitki ağırlığı	71
4.1.2. Baş ağırlığı	73
4.1.3. Baş yüksekliği	74
4.1.4. Baş çapı	76

4.1.5. Gövde çapı.....	77
4.1.6. Açık yaprak sayısı	79
4.1.7. Zarar görmüş dokuların oranı (Hasar indeksi)	80
4.1.8. Doku oransal su içeriği.....	82
4.1.9. Verim.....	84
4.1.10. Fotosentez hızı, stoma iletkenliği ve terleme	86
4.1.10.a. Fotosentez hızı.....	86
4.1.10.b. Stoma iletkenliği.....	88
4.1.10.c. Terleme	90
4.1.11. Prolin miktarı.....	92
4.1.12. Hidrojen Peroksit (H ₂ O ₂) miktarı	94
4.1.13. Malondialdehid (MDA) miktarı	96
4.1.14. Toplam antioksidan miktarı.....	97
4.1.15. Toplam fenolik madde.....	99
4.1.16. Antioksidan enzim (APX, POD ve SOD) aktivitesi.....	101
4.1.16.a. Askorbat Peroksidaz (APX) enzim aktivitesi	101
4.1.16.b. Süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesi	103
4.1.16.c. Peroksidaz (POD) enzim aktivitesi.....	105
4.1.17. Hormon (absisik asit, gibberellik asit, salisilik asit ve indol asetik asit) miktarı	107
4.1.17.a. Absisik asit miktarı.....	107
4.1.17.b. Gibberellik asit miktarı.....	109
4.1.17.c. Salisilik asit miktarı	111
4.1.17.d. İndol asetik asit miktarı	113
4.1.18. Organik asit (süksinik, fumarik, maleik sitrik, laktik, malik ve bütirik asit) miktarı.....	115
4.1.18.a. Süksinik asit miktarı	115
4.1.18.b. Fumarik asit miktarı	117
4.1.18.c. Maleik asit miktarı.....	118
4.1.18.d. Sitrik asit miktarı	120
4.1.18.e. Laktik asit miktarı.....	122
4.1.18.f. Malik asit miktarı	123

4.1.18.g. Bütirik asit miktarı.....	125
4.1.19. Besin elemanları (azot, fosfor, potasyum, magnezyum, kalsiyum, çinko, demir, bakır ve mangan) miktarı	127
4.1.19.a. Azot miktarı.....	127
4.1.19.b. Fosfor miktarı	129
4.1.19.c. Potasyum miktarı	130
4.1.19.d. Magnezyum miktarı	132
4.1.19.e. Kalsiyum miktarı	134
4.1.19.f. Çinko miktarı	136
4.1.19.g. Demir miktarı	138
4.1.19.h. Bakır miktarı.....	140
4.1.19.i. Mangan miktarı	142
4.2. Toprak Analiz Sonuçları	144
4.2.1. pH değeri	144
4.2.2. Kireç (CaCO_3) miktarı.....	146
4.2.3. Organik madde miktarı.....	148
4.2.4. Fosfor miktarı	150
4.2.5. Potasyum miktarı.....	152
4.2.6. Kalsiyum miktarı.....	153
4.2.7. Magnezyum miktarı	155
4.2.8. Demir miktarı	157
4.2.9. Bakır miktarı.....	158
4.2.10. Mangan miktarı	160
4.2.11. Çinko miktarı.....	162
4.3. Bitki Su Kullanımına İlişkin Sonuçlar	163
4.3.1. Sezonluk bitki su tüketimi (ET)	163
4.3.2. Su kullanım etkinliği (WUE).....	165
4.3.3. Sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE).....	167
4.3.4. Su-verim ilişkileri.....	169
5. TARTIŞMA	172
5.1. Kuraklık Stresinde PGPB Uygulamalarının Bitki Gelişimi ve Verim Üzerine Etkisi	172

5.2. Kuraklık Stresinde PGPB Uygulamalarının Bitki ve Toprakta Bazı Kimyasal Özellikler Üzerine Etkisi	178
5.3. Kuraklık Stresinde PGPB Uygulamalarının Lahanada Toplam Antioksidan ve Fenolik Madde Miktarı Üzerine Etkisi.....	180
5.4. Kuraklık Stresinde PGPB Uygulamalarının Fotosentez Hızı, Stoma İletkenliği ve Terleme Üzerine Etkisi	181
5.5. Kuraklık Stresinde PGPB Uygulamalarının Hormon Miktarı Üzerine Etkisi	185
5.6. Kuraklık Stresinde PGPB Uygulamalarının Doku Oransal Su İçeriği Üzerine Etkisi	187
5.7. ET, WUE, IWUE ve Su-Verim İlişkilerine Etkisi	189
5.8. Kuraklık Stresinde PGPB Uygulamalarının MDA ve H ₂ O ₂ Miktarı Üzerine Etkisi	191
5.9. Kuraklık Stresinde PGPB Uygulamalarının Organik Asit ve Prolin Miktarı Üzerine Etkisi	194
5.10. Kuraklık Stresinde PGPB Uygulamalarının Antioksidan Aktivitesi Üzerine Etkisi	196
5.11. Sonuç ve Öneriler	198
KAYNAKLAR	201
ÖZGEÇMİŞ	225

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzde
°C	Derece santigrad
μmol/g	Mikromol/gram
CaCO ₃	Kalsiyum karbonat
cm	Santimetre
da	Dekar
dH ₂ O	Distile su
dS/m	Desisimens/metre
Eu	Enzim ünitesi
h	Saat
H ₂ SO ₄	Sülfürik asit
ha	Hektar
KCl	Potasyum klorür
kg	Kilogram
kg/m ³	Kilogram metreküp
kg/cm ²	Kilogram/santimetre kare
kg/l	Kilogram/litre
KH ₂ PO ₄	Mono Potasyum Fosfat
kob	Koloni oluşturan birimi
m	Metre
M	Molar
m ²	Metre kare
mg	Miligram
mg/kg	miligram/kilogram
MgO	Magnezyum oksit
ml	Mililitre
mm	Milimetre
mM	Milimolar
mmol	Milimol

MPa	Megapaskal
NaCl	Sodyum klorür
ng/µl	Nanogram/mikrolitre
nM	Nanometre
P	Önemlilik
pH	Asitlik derecesi
ppm	Milyonda bir
RNA	Ribo Nükleik asit
t	Ton
µl	Mikrolitre
µmol	Mikromol

Kısaltmalar

ATP	Adenozin trifosfat
dak.	Dakika
EDTA	Etilendiamintetra asetikasit
NA	Nutrient Agar
rpm	Revolutions per minute
S.D.	Serbestlik derecesi
TBA	Thiobarbütrik asit
TCA	Trikloroasetik asit

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Türkiye’de 1981-2014 yılları arasında ölçülen yıllık yağış ortalamaları ..	2
Şekil 1.2. Türkiye’de 1975-2015 yılları arasındaki genel kuraklık analizi.....	2
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan baş lahana çeşidi (Sarma F1)	34
Şekil 3.2. Çalışmanın yapıldığı deneme alanı.....	35
Şekil 3.3. Fidelere bakteri solüsyonlarının uygulaması	42
Şekil 3.4. Ekimden sonra fide gelişimi	43
Şekil 3.5. Dikim büyüklüğüne gelmiş lahana fideleri.....	43
Şekil 3.6. Deneme alanının hazırlanması.....	44
Şekil 3.7. Yabancı otlarla mücadeleden bir görünüm.....	45
Şekil 3.8. Lahana yapraklarında yaprak biti	45
Şekil 3.9. Lahana yapraklarında lahana kelebeği.....	46
Şekil 3.10. Deneme alanının sulanmasında kullanılan havuz.....	47
Şekil 3.11. Deneme deseni ve damla sulama sisteminin şematik planı	48
Şekil 3.12. Bir deneme parselinin ayrıntısı ve ölçüleri.....	49
Şekil 3.13. Deneme parsellerinden toprak örneklerinin burgu ile alınması.....	50
Şekil 3.14. Kontrol parsellerine yerleştirilen tansiyometreler.	51
Şekil 3.15. Hasat döneminde sıkı baş oluşturmuş lahana bitkisi	54
Şekil 3.16. Hasadı yapılmış lahana bitkileri	54
Şekil 3.17. Analizlerin yapıldığı laboratuarlardan bir görünüm	55
Şekil 3.18. LI-6400XT portatif fotosentez ölçer cihazı ile yapılan ölçümler	58
Şekil 3.19. Deneme bitiminde bitki kök bölgesinden toprak örneklerinin alınması	66
Şekil 3.20. Toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal analizlerinin yapılması	66
Şekil 4.1. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen ve bakteri uygulanan lahanaların görünümü.....	81
Şekil 4.2. Deneme konularının su tüketimi (ET)-verim ile sulama suyu (I)-verim ilişkileri.....	170

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Denemenin yürütüldüğü 2013 ve 2014 yıllarında ve uzun yıllar ortalamasında vejetasyon periyoduna ait bazı iklim verileri.....	36
Çizelge 3.2. Deneme alanı topraklarının deneme öncesi bazı fiziksel özellikleri ...	37
Çizelge 3.3. Deneme alanı topraklarının deneme öncesi bazı kimyasal özellikleri.	37
Çizelge 3.4. Çalışmada kullanılan bakteri izolatları	38
Çizelge 3.5. Formülasyonlarda kullanılan bakteri izolatları.....	39
Çizelge 4.1. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toplam bitki ağırlığına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	72
Çizelge 4.2. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toplam bitki ağırlığına (g) etkisi	72
Çizelge 4.3. Bakteri uygulamalarının farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada baş ağırlığına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	73
Çizelge 4.4. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının baş ağırlığına (g) etkisi	74
Çizelge 4.5. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının bitki baş yüksekliğine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	75
Çizelge 4.6. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının bitki baş yüksekliğine (cm) etkisi	75
Çizelge 4.7. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının bitki baş çapına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	76
Çizelge 4.8. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının bitki baş çapına (cm) etkisi	77
Çizelge 4.9. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının gövde çapına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	78

Çizelge 4.10. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının gövde çapına (mm) etkisi	78
Çizelge 4.11. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının bitki açık yaprak sayısına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	79
Çizelge 4.12. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının bitki açık yaprak sayısına (adet) etkisi	80
Çizelge 4.13. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının hasar indeksine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	81
Çizelge 4.14. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının hasar indeksine (0-5) etkisi	82
Çizelge 4.15. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının doku oransal su içeriğine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	83
Çizelge 4.16. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının doku oransal su içeriğine (%) etkisi	84
Çizelge 4.17. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının verime etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	85
Çizelge 4.18. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının verime (kg/da) etkisi.....	86
Çizelge 4.19. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının fotosentez hızına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	87
Çizelge 4.20. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının fotosentez hızına ($\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$) etkisi.....	88
Çizelge 4.21. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının stoma iletkenliğine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	89
Çizelge 4.22. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının stoma iletkenliğine ($\mu\text{mol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}$) etkisi	90

Çizelge 4.23. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının terlemeye etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	91
Çizelge 4.24. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının terlemeye ($\text{mmol H}_2\text{O/m}^2\text{s}$) etkisi	92
Çizelge 4.25. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının prolin miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	93
Çizelge 4.26. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının prolin miktarına ($\text{pmol}/\mu\text{l}$) etkisi.....	94
Çizelge 4.27. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının H_2O_2 miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	95
Çizelge 4.28. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının H_2O_2 miktarına ($\mu\text{mol g}^{-1}$ yaş ağırlık) etkisi.....	95
Çizelge 4.29. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının MDA miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	96
Çizelge 4.30. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının MDA miktarına (nmol g^{-1} yaş ağırlık) etkisi.....	97
Çizelge 4.31. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toplam antioksidan miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	98
Çizelge 4.32. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toplam antioksidan miktarına ($\mu\text{ TE per g}^{-1}$ Yaş ağırlık) etkisi.....	99
Çizelge 4.33. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toplam fenolik madde miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	100
Çizelge 4.34. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toplam fenolik madde miktarına (mg GA per g-1 YA) etkisi	101

Çizelge 4.35. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının APX enzim aktivitesine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	102
Çizelge 4.36. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının APX enzim aktivitesine (EU g/bitki) etkisi	103
Çizelge 4.37. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının SOD enzim aktivitesine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	104
Çizelge 4.38. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının SOD enzim aktivitesine (EU g/bitki) etkisi	105
Çizelge 4.39. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının POD enzim aktivitesine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	106
Çizelge 4.40. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının POD enzim aktivitesine (EU g/bitki) etkisi	107
Çizelge 4.41. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının absisik asit miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	108
Çizelge 4.42. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının absisik asit miktarına (ng/μl) etkisi	109
Çizelge 4.43. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının gibberellik asit miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	110
Çizelge 4.44. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının gibberellik asit miktarına (ng/μl) etkisi	110
Çizelge 4.45. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının salisilik asit miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	112
Çizelge 4.46. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının salisilik asit miktarına (ng/μl) etkisi	112

Çizelge 4.47. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının indol asetik asit miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	114
Çizelge 4.48. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının indol asetik asit (ng/μl) miktarına etkisi.....	114
Çizelge 4.49. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının süksinik asit miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	116
Çizelge 4.50. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının süksinik asit miktarına (ng/μl) etkisi.....	116
Çizelge 4.51. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının fumarik asit miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	117
Çizelge 4.52. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının fumarik asit miktarına (ng/μl) etkisi	118
Çizelge 4.53. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının maleik asit miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	119
Çizelge 4.54. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının maleik asit miktarına (ng/μl) etkisi	120
Çizelge 4.55. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının sitrik asit miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	121
Çizelge 4.56. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının sitrik asit miktarına (ng/μl) etkisi.....	121
Çizelge 4.57. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının laktikasit miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	122
Çizelge 4.58. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının laktik asit miktarına (ng/μl) etkisi	123

Çizelge 4.59. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının malik asit miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	124
Çizelge 4.60. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının malik asit miktarına (ng/μl) etkisi	125
Çizelge 4.61. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının bütirik asit miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	126
Çizelge 4.62. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının bütirik asit miktarına (ng/μl) etkisi	126
Çizelge 4.63. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının azot miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	128
Çizelge 4.64. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının azot miktarına (%) etkisi	128
Çizelge 4.65. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının fosfor miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	129
Çizelge 4.66. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının fosfor miktarına (mg/kg) etkisi	130
Çizelge 4.67. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının potasyum miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	131
Çizelge 4.68. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının potasyum miktarına (mg/kg) etkisi	132
Çizelge 4.69. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının magnezyum miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	133
Çizelge 4.70. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının magnezyum miktarına (mg/kg) etkisi	134

Çizelge 4.71. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının kalsiyum miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	135
Çizelge 4.72. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının kalsiyum miktarına (mg/kg) etkisi	136
Çizelge 4.73. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının çinko miktarı etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	137
Çizelge 4.74. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının çinko miktarına (mg/kg) etkisi	138
Çizelge 4.75. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının demir miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları..	139
Çizelge 4.76. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının demir miktarına (mg/kg) etkisi.....	140
Çizelge 4.77. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının bakır miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	141
Çizelge 4.78. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının bakır miktarına (mg/kg) etkisi.....	142
Çizelge 4.79. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının mangan miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	143
Çizelge 4.80. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının mangan miktarına (mg/kg) etkisi	144
Çizelge 4.81. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının topraktaki pH değeri etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	145
Çizelge 4.82. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının topraktaki pH değeri üzerine etkisi	146
Çizelge 4.83. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının CaCO ₃ miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	147

Çizelge 4.84. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının topraktaki CaCO_3 miktarı (%) üzerine etkisi.....	148
Çizelge 4.85. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toprakta organik madde miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	149
Çizelge 4.86. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toprakta organik madde (%) miktarına etkisi.....	149
Çizelge 4.87. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toprakta fosfor miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	151
Çizelge 4.88. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toprakta fosfor miktarına (mg/kg) etkisi	151
Çizelge 4.89. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toprakta potasyum miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	152
Çizelge 4.90. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toprakta potasyum miktarına (mg/kg) etkisi	153
Çizelge 4.91. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının topraktaki kalsiyum miktarının etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	154
Çizelge 4.92. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toprakta kalsiyum miktarına (mg/kg) etkisi	155
Çizelge 4.93. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toprakta magnezyum miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	156
Çizelge 4.94. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toprakta magnezyum miktarına (mg/kg) etkisi	156
Çizelge 4.95. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toprakta demir miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	157
Çizelge 4.96. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının topraktaki demir miktarına etkisi	158

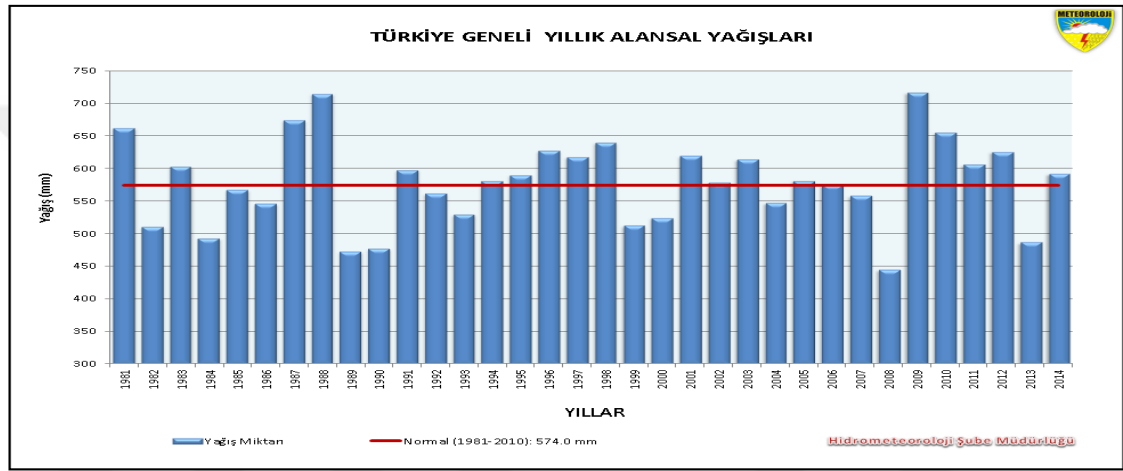
Çizelge 4.97. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının topraktaki bakır miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	159
Çizelge 4.98. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının topraktaki bakır miktarına (mg/kg) etkisi.....	160
Çizelge 4.99. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toprakta mangan miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	161
Çizelge 4.100. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının topraktaki mangan miktarına (mg/kg) etkisi	161
Çizelge 4.101. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toprakta çinko miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	162
Çizelge 4.102. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toprakta çinko miktarına (mg/kg) etkisi	163
Çizelge 4.103. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının sezonluk ET değerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	164
Çizelge 4.104. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının sezonluk ET (mm) değerine etkisi.....	165
Çizelge 4.105. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının WUE değerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	166
Çizelge 4.106. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının WUE değerine (kg/m ³) etkisi	167
Çizelge 4.107. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının IWUE değerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	168
Çizelge 4.108. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının IWUE değerine (kg/m ³) etkisi	169

1. GİRİŞ

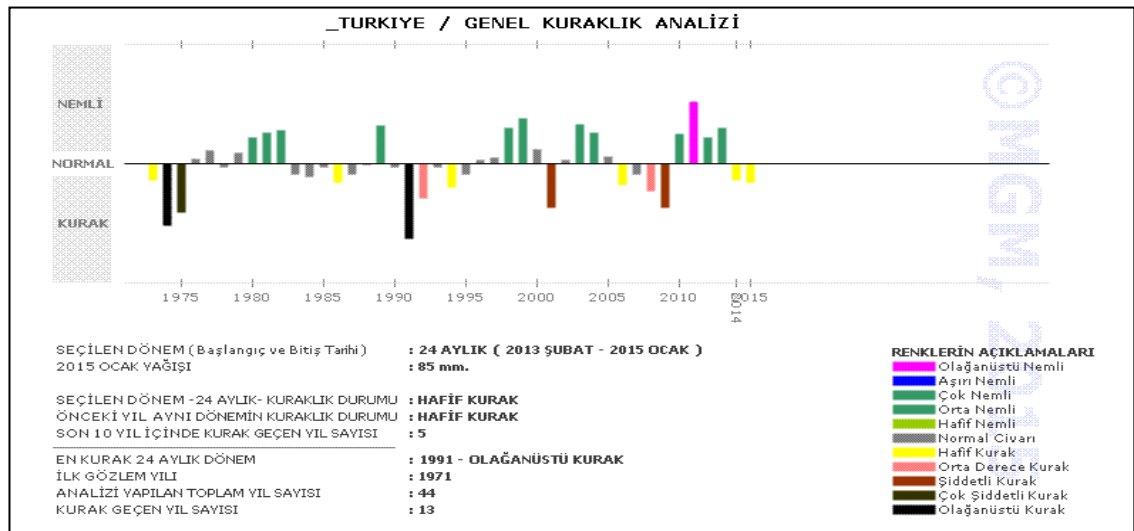
Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarından biri olan su kaynaklarının azalması, çevresel etki yanında sürdürülebilir yaşamı engelleyecek boyutlara taşınmıştır. Dünya nüfusunun ve buna bağlı olarak da gıda ihtiyacının hızlı bir şekilde artış göstermesi, en fazla su ihtiyacı olan tarım sektöründe ciddi sorunlar oluşturmaktadır. Mevcut iklim değişikliğinin giderek dikkat çekici boyutlara ulaşması ve bu etkinin 2100 yılına kadar dünya sıcaklığında 1-3,5°C artışa neden olacağı tahmin edilmektedir. Su kaynaklarına doğrudan ve dolaylı etkide bulunan küresel ısınma, su ve su kaynaklarının önemini daha da arttırmaktadır. Dünyadaki toplam su miktarı 1,4 milyar km³ olup; bu suyun % 97,5'i tuzlu su, geriye kalan %2,5'i tatlı su kaynaklarından oluşmakta ve tatlı suların da ancak %0,3'ü göllerde, akarsularda, barajlarda ve göletlerde bulunmakta ve bu suların %73'ü tarım topraklarının sulanmasında kullanılmaktadır (Anonim 2015).

Ülkemizdeki yıllık ortalama yağış yaklaşık 643 mm olup, bu yağış yılda 501 milyar m³ suya tekabül etmekle birlikte 112,7 milyar m³ olan yerüstü ve yeraltı su potansiyelinin sadece 44 milyar m³'ü kullanabilmektedir (Anonim 2015). Yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 1,000 m³ ten daha az olan ülkeler "su fakiri", 1000-2000 m³ arasında olan "su azlığı" yaşayan ve 8000-10000 m³ ten daha fazla olan ülkeler ise "su zengini" olarak sınıflandırmaktadır. Türkiye de 2015 yılı itibarıyla kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1450 m³ civarında olduğundan su sıkıntısı çeken bir ülke konumunda bulunmaktadır. 2030 yılı için nüfusumuzun 100 milyon olacağı bu durumda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının azalarak 1120 m³/yıl civarına ineceği bildirilmektedir (Anonim 2015). Dolayısıyla gelecek nesillere sağlıklı ve yeterli su bırakabilmek için kaynakların çok iyi korunup, akılcı bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Türkiye genelinde yükselen sıcaklıklar ve azalan yağış miktarlarına bağlı olarak giderek artan bir kuraklık etkisi bulunmaktadır. İklim Değerlendirme Raporu verilerine göre Türkiye geneli yağış miktarının 2009 yılından sonra azaldığı, özellikle 2013 yılında en az

yağışın olduğu görülmektedir (Şekil 1.1) (Anonim 2014a). Ayrıca Şekil 1.2'de 1975-2015 yılları arasındaki Türkiye geneli kuraklık analizi verilerinde son 10 yılın yarısı kurak geçmiştir (Anonim 2015). Kıtık ve açlığın beraberinde geldiği yirmi birinci yüzyılda, ülkemizi ciddi olarak tehdit eden kuraklık tarım topraklarının sulanmasında aksaklıklar yaşanmasına ve bitkilerde hissedilir bir stresin oluşmasına neden olarak gıda talebinin karşılanmasında problemler oluşturmaktadır.



Şekil 1.1. Türkiye’de 1981-2014 yılları arasında ölçülen yıllık yağış ortalamaları (Anonim 2014a)



Şekil 1.2. Türkiye’de 1975-2015 yılları arasındaki genel kuraklık analizi (Anonim 2015)

Kurak ve yarı kurak bölgeler başta olmak üzere dünyanın bir çok bölgesinde verimi etkileyen birçok süreç kuraklığa bağlı olarak kısıtlanmaktadır. Genel anlamda meteorolojik bir olgu olan kuraklık, toprağın su tutma kapasitesini ve bitkide evapotranspirasyon hızını olumsuz yönde etkilemektedir. Yağışsız geçen dönemin toprak su miktarında ve bitki gelişiminde gerilemelere neden olduğu bilinmektedir. Özellikle mineral elementler, serbest radikaller, iyonlar, hormonlar, lipidler, karbohidratlar, nükleik asitler gibi hemen hemen tüm bitki fonksiyonlarını etkilemektedir. Kuraklık stresinin, bitkilerde membranların lipid yapısında ve içeriğinde değişikliklere neden olarak serbest radikallerin olumsuz etkilerine maruz kalmaktadırlar (Quartacci *et al.* 1995). Bu zararlar özellikle hücre parçalanması, fotosentetik verim kaybı, yapraklarda senesensin hızlanması, diğer streslere karşı dayanıklılığın kaybolması ile büyümenin azalması olarak sıralanabilir (Alonso *et al.* 2001).

Kuraklık stresinin bitkilerde meydana getirdiği bu gibi değişimler stres koşullarının yaygın olarak görüldüğü gelişmekte olan yarı kurak bölge ya da kurak ülkelerde sebze üretimini sınırlandırmakta, dolayısıyla üretim ve tüketimde açığa çıkan yetersizlikler beslenme ve sağlık problemlerine yol açmaktadır (Dalal *et al.* 2006). Dünyada nüfustaki artış ve yaşanan göç olayları ile artan gıda ihtiyacının karşılanması için tarım alanlarının daha etkin ve verimli bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu durum özellikle besin ihtiyacının büyük bir bölümünü oluşturan sebzelere talebi fazla arttırmıştır. Azalan tarım alanları nedeniyle sebze üretimi baskı altına alınmış, dolayısıyla birim alan üzerinde üretilen sebzelerin nitelik ve niceliğinin artırılması ile önüne geçilebilecektir.

Kuraklık stresine karşı bitkiler stresin olumsuz etkilerinden en az hasar düzeyinde etkilenebilmek için bazı fizyolojik ve morfolojik mekanizmalar geliştirmektedirler (Farooq *et al.* 2009). Bitkinin stresle karşılaşmadan önce gelişimini tamamlaması, çevreyle temasta olan yüzeylerinde meydana gelen değişiklikler ve fenotipik yapı kuraklık stresine karşı bitkide gözlemlenen morfolojik mekanizmaları oluşturmaktadır. Bu mekanizmalarda bitkide kutikulanın fiziksel ve kimyasal

destek bölümlerinin gelişmesi, stomaların büyüklüğünün, dağılımının ve yerleşiminin değişimi, oransal su içeriğinin artışı, kuraklığa karşı vejetatif dokuların adaptasyonu, bitkide içsel hormon seviyesindeki artış, su ileten ksilemdeki trakeidlerin ligninleşmesi morfojik mekanizmada meydana gelen değişimleri göstermektedir (Jenks and Hasegawa 2005). Ayrıca kuraklığa bağlı gelişen yapraklar üzerindeki mumsu tabaka ve tüyler su potansiyelini koruyarak kuraklığın olumsuz etkilerini azaltmaktadır (Richard *et al.* 1986).

Kuraklık stresine maruz kalan bitkiler hücre ve dokulardaki suyun korunması, antioksidan savunma mekanizmaları, hücre mebran geçirgenliği, bitki gelişimini düzenleyici mekanizmalar ve ozmotik ayarlayıcılar ile kuraklığa karşı fizyolojik mekanizmalar geliştirilebilmektedirler. Bitkiler ozmotik ayarlayıcılar ile hücre duvarının elastikiyetini değiştirerek dokulardaki su durumunu koruyabilmektedir. Bu durumun oluşmasında absisik asit (ABA) hormonunun stomaların hareketini etkileme mekanizması ile ilişkisi önemli görülmektedir (Turner *et al.* 2001). Ayrıca bitkiler oksidatif zararın yıkıcı etkilerinden korunmak için antioksidat enzimler aracılığı ile stresin zararlı etkilerini azaltabilmektedir. Bu bileşenler tripeptid olan glutasyon, sistin, hidrokinonlar, askorbat, vitamin E, flavonidler, karotenoid pigmentler ve alkaloidler gibi enzimatik olmayan antioksidanlar olabileceği gibi (Larson 1988), kloroplastlardaki ve mitokondrideki H_2O_2 'yi temizleyen askorbat peroksidaz (APX) ve glutayon redüktaz (GR), H_2O_2 'yi etkili bir şekilde yok eden katalaz (CAT) ve süperoksit anyonlarını temizleyen süperoksit dismutazı (SOD) gibi enzimatik antioksidanlardan da oluşabilmektedir (Scandalios 1997). Kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde antioksidan enzimlerin aktivitesi ve enzimatik olmayan antioksidanların yüksek miktarları strese toleransta önemli etkiye sahiptir.

Ayrıca kuraklığa toleransta fitohormonlar önemli rol oynamakta ve düşük konsantrasyonlarda bitkinin fizyolojik süreçlerini etkilemektedirler (Morgan 1990). Özellikle stres bitkilerde stomaların kapanmasına, transpirasyonun azalmasına ve absisik asit hormonu biyosentezinin artmasına neden olmaktadır (Bray 2002).

Artan absisik asit hormonu bitki su alım kapasitesini arttırarak saçak kök oluşumunu teşvik etmektedir (De Smet *et al.* 2006).

Birçok abiyotik strese olduğu gibi kuraklık stresinde de stresin ilk belirtisi hücre membranlarında gözlenmekte (Farooq *et al.* 2009) ve özellikle stresin bitkide meydana getirdiği değişiklikleri değerlendirmede hücre membranlarının durumu önemli bir parametre olarak görülmektedir (Tripathy *et al.* 2000). Kuraklık stresi ile birlikte en büyük metabolik zararlanma lipid peroksidasyonunun artması ile sonuçlanan membran hasarıdır (Cohen *et al.* 2015). Bu durum, genellikle kuraklık stresi ile hücrede meydana gelen oksidatif stres reaktif oksijen türlerinin oluşmasına neden olarak lipid peroksidasyonu ve membran zararlanmalarına neden olmaktadır (Naveed *et al.* 2014).

Ülkemizde toplam sebze üretimi içinde *Brassicaceae* familyasına ait sebze türlerinin büyük bir payı vardır. Ancak bu üretime rağmen, sebzeciliğinin yoğun yapıldığı diğer ülkelerle karşılaştırdığımızda elde edilen ürünlerdeki verim ve kalite değerlerimiz gerekli standartları sağlayamamaktadır. Besleyici değeri yüksek olan ve değişik şekillerde değerlendirilebilen serin iklim sebzelerinden olan beyaz baş lahanası (*Brassicasica oleracea* var. *capitata* subvar. *alba*), sofralık (sarma, kapuska ve salata) ve turşu sanayi için üretimi yapılmaktadır. Lahana besin değeri ve antioksidan kapasitesi yüksek bitkilerdendir. İzotiyosiyanatlar ve benzeri bileşiklerin yüksek konsantrasyonuna sahip bitkiler arasında yer alan lahanası antikanserojen etkiye sahiptir (Chung *et al.* 1996; Hecht *et al.* 1996).

Türkiyede *Brassicaceae* familyasındaki sebzelerin 28 500 ha alanda 720 257 ton toplam üretimi yapılmakta olup Türkiye bu üretim ile dünyada 20. sırada yer almaktadır (Anonim 2013). *Brassicaceae* familyasındaki sebzelerden biri olan lahananın ülkemizde 164 069 tonu kırmızı lahanası, 73 643 tonu yaprak lahanası, 2 759 tonu brüksel lahanası ve en fazla üretim ile 492 610 tonu beyaz baş lahanadan oluşmaktadır (Anonim 2014b). Lahana üretim miktarı bakımından Türkiye, dünyada altıncı sırada yer alarak kişi başı 8 300 g tüketim kapasitesine sahiptir

(Anonim 2014b). Doğu Anadolu Bölgesinde üretim miktarı bakımından en önemli sebzeler arasında yer alan lahananın Erzurum'da yetiştiriciliği oldukça yaygındır. Kuzey-Doğu Anadolu Tarım Bölgesi'nde 9–10 bin ha alanda 250-260 bin ton, Erzurum'da ise yaklaşık 1600 ha alanda 24-25 bin ton sebze üretilmektedir. Bu verilere göre, ülkemizde sebze üretiminden elde edilen ortalama verim dekara yaklaşık 3,3-3,4 kg iken, Kuzey-Doğu Anadolu Tarım Bölgesi ve Erzurum'da ise sırasıyla 2,8-2,9 kg ve 1,6-1,7 kg civarındadır (Anonim 2014b).

Kış aylarının oldukça düşük sıcaklığa sahip olması ve uzun sürmesi; gece ve gündüz arasında sıcaklık farkının çok fazla olması ve vejetasyon süresinin kısa olması Erzurum'u da içine alan Kuzey-Doğu Anadolu Bölgesi'nde birçok sebze türünün yetiştiriciliğini sınırlamaktadır. Erzurum'da sebze tarımı, üretim miktarı ve verimliliğin düşük olması yanında, ürün desenince de zengin değildir. Lahana bölge sebze üretiminin %35-40'lık bölümünü oluşturarak 8 831 ton ticari bir üretim gerçekleştirilmektedir (Anonim 2014b).

Lahana, kuraklığa karşı orta derece hassas bir bitkidir (Osawa 1961). Lahanada kuraklığa bağlı olarak bitki su tüketimlerindeki değişim, dekara alınan verimde farklılıklara neden olmaktadır. Erzurumda lahananın bitki su tüketiminin 468,6 mm olduğu dönemde bitkiye verilecek mevsimlik sulama suyu gereksinimi kurak ve yağışlı yıllarda 223-387 mm arasında değişebilmektedir (Kızıloğlu *et al.* 2006). Bu yüzden kurak yıllarda yağışlardan karşılanamayan bitki su ihtiyacının verilen sulama suyunun arttırmasıyla karşılanması gerekmektedir.

Türkiye'de 1975-2015 yılları arasındaki genel kuraklık analizinde belirtildiği gibi artan kuraklığa bağlı olarak mevcut su kaynaklarının tükenmesinin bitki gelişimini azalttığı bu durumun lahanada ciddi verim kayıplarına neden olacağı tahmin edilmektedir. Kuraklık stresinin bitkiler üzerindeki olumsuz etkilerine karşı kısa zamanda ve kolay uygulanabilir, maliyeti düşük çözüm yollarının bulunması gerekli hale gelmektedir. Stres şartlarında sebze yetiştiriciliğinin yapılabilmesinin en etkin yollarından biri toleranslı çeşitlerin kullanılmasıdır. Ancak toleranslı

genotiplerin geliştirilmesi çok genle idare edilmesinden dolayı zor ve zaman alıcı olabilmektedir. Son yıllarda stres koşullarında olumlu sonuçlar veren bakteri uygulamaları ile de bitkilerde kuraklık gibi abiotik stres şartlarına toleranslık sağlanılabilmektedir. Bu bakteriler Kloepper and Schroth (1981) tarafından bitki gelişimini teşvik edici bakteriler (Plant Growth-Promoting Bacteria-PGPB) olarak isimlendirilmiştir. Bu bakteriler bitkilerde direkt ya da dolaylı olarak fosfat çözünürlüğünü, azot fiksasyonunu, su kullanım etkinliğini, bitkisel hormon üretimini (oksin, stokinin ve gibberellin) olumlu yönde etkileyerek (Grichko and Glick 2001) stres şartlarında bitki gelişimi ve verimini arttırmaktadır. Bu bakterilerin yapraktan, yetiştirme ortamına veya tohumdan uygulanması ile yüksek yada düşük sıcaklık (Egamberdiyeva and Höflich 2003), su baskını (Grichko and Glick 2001), kuraklık (Mayak *et al.* 2004a), tuzluluk ve besin noksanlığı gibi stres koşullarında bitki gelişimi ve verimi üzerine olumsuz etkileri azaltılabildikleri belirlenmiştir (Timmusk *et al.* 2005). Özellikle kuraklık stresi gibi çevresel stres etmenlerinin yıkıcı etkisinin fazla görüldüğü şartlarda, uygun bakteri ırklarının uygulanmasıyla bitkide kök büyümesi ve saçak kök oluşumunun teşvik edildiği, kompleks ekstraselüler polisakkaritler (EPS), prolin ve glisibetain gibi ozmolitlerin birikiminin arttığı gözlemlenmiştir. Aynı zamanda stresin olumsuz etkilerine karşı ACC diaminaz enzimi bulunduran bakterilerin etilen öncü maddesini azaltarak stresin olumsuz etkilerini azalttığı belirlenmiş, birçok PGPB sert çevre şartlarında direkt ya da dolaylı etki mekanizmaları ile bitki üzerinde olumlu etki gösterdiği bildirilmektedir (Sadeghi *et al.* 2012).

Bu çalışmada; Doğu Anadolu Bölgesi'nde yaygın olarak yetiştirilen lahanada kuraklık stresinin meydana getirdiği olumsuz etkileri gelişimsel ve biyokimyasal düzeyde belirlemek, ayrıca stresin olumsuz etkilerinin azaltılabilmesi amacıyla farklı PGPB uygulamalarının kullanım olanakları araştırılmıştır. Bu amaçla; daha önce kurak koşullarda yetişen farklı bitkilerin rizosferlerinden izole edilmiş ve bazı özellikleri belirlenmiş, 4 farklı bakteriyel biyoförmülasyon ile farklı 4 sulama seviyesinde yetiştirilen lahanada bitki performansı, kalite, bazı fizyolojik ve

biyokimyasal özellikler ile bitki su tüketimi, su kullanım etkinliği, sulama suyu kullanım etkinliği ve su-verim ilişkilerinin etkisi incelenmiştir.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Bitkilerde PGPB Uygulamalarının Etkileri

Günümüzde tarımsal üretimde girdi olarak kolay uygulanabilir, maliyeti düşük ve özellikle çevre ile dost çözüm önerilerinin önemi giderek artmaktadır. Son yıllarda yapılan araştırmalar sonucu bitkiler üzerinde olumlu etkileri saptanan PGPB'lerin biyogübre olarak kullanımı yaygınlık kazanmaktadır (Eşitken 2011).

Bitkilerin rizosfer bölgesinde birçok bakteri türünün mevcut olduğu ve bu bakterilerin bitkilerde vejetatif ve generatif büyümeyi artırıcı etki gösterdikleri belirlenmiştir. Toprakta serbest halde yaşayan ve kök bölgesinde kolonize olarak bitki gelişimini teşvit edici etkiler gösteren, genelde *Azotobacter*, *Agrobacterium*, *Bacillus*, *Beijerinckia*, *Burkholdria*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Rhodobacter*, *Rhodospirillum*, *Serratia*, *Serratia*, *Xanthomonas*, *Acinetobacter*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter* ve *Azospirillum* cinslerine ait olan bakterilerdir (Cleyet-Marcel *et al.* 2001).

Bitki-bakteri etkileşimi açısından PGPB'ler bitki sağlığını arttırıcı (PHPR, Plant Health Promoting Rhizobacteria) ve nodül arttırıcı bakteriler (NPR, Nodule Promoting Rhizobacteria) olarak sınıflandırılmaktadır (Burr and Caesar 1984). Bu sınıflandırmada PGPB'ler iki grup altında incelenmektedir. Bunlardan simbiyotik bakterileri oluşturan intraselüler bitki gelişimini arttırıcı bakteriler (iPGPB) bitki hücreleri içinde ve özelleşmiş yapılar içinde bulunmakta, diğer gurubu oluşturan ekstraselüler bitki gelişimini arttırıcı bakteriler (ePGPB) ise serbest halde bitki hücreleri dışında yaşayarak nodül üretmeden bitki gelişimini harekete geçirmektedirler (Gray and Smith 2005). En iyi bilinen iPGPB *Legüminase* familyası bitkilerinde nodül üreten *Rhizobia* bakterileridir (Hayat *et al.* 2010).

ePGPB ise *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus* ve *Klebsiella* cinslerine ait bitki gelişimini teşvik eden bakterilerdir (Lynch 1983).

Genel olarak PGPB'ler indol asetik asit, giberallik asit, sitokinin ve etilen gibi bitkisel hormonların üretimi veya bunların konsantrasyonlarının regüle edilmesi; topraktaki serbest azotun bağlanması; siderefor, β -1,3-glukanaz, kitinaz, antibiyotik ve siyanit üretimi ile patojenlerin gelişiminin engellenmesi ile fosfat çözünürlüğünü arttırarak fayda sağlamaktadır (Cattelan *et al.* 1999). Ayrıca tarımsal verimliliği arttırmada kullanılan PGPB'ler bitki gelişiminin arttırılmasında; bitkilerde bazı özel bileşenleri sentezleyerek (Zahir *et al.* 2008), topraktan mevcut besinlerin alımını kolaylaştırarak (Çakmakçi *et al.* 2006) ve hastalıklardan bitkileri koruyarak (Saravanakumar *et al.* 2008; Kotan *et al.* 2009) olumlu etki göstermektedirler.

2.1.1. PGPB uygulamalarının fosfat çözünebilirliği üzerine etkisi

Fosfor, DNA gibi moleküllerin yapısına katıldığı için yaşayan bütün canlı sistemler için önemli bir besin elementidir. Bunun yanında fosfor, bitki gelişimi ve toprak gübrelemesinde sınırlayıcı etkiye sahip olmasından dolayı bitki gelişimini direkt olarak etkilemektedir (Marinkovic *et al.* 2013).

Kurak ve yarı kurak koşullarda topraklarda strese bağlı nedenlerden dolayı besin maddelerinin çözünürlüğü azalmakta ve bitkiler tarafından bitki besin maddesi alımı güçleşmektedir. Özellikle kuraklık stresine bağlı olarak fosfataz aktivitesi azalmakta ve bu durum bitkide besin maddesi alımının azlığına bağlı bitki gelişiminde gerileme ve verim kayıplarına neden olmaktadır. Yapılan farklı çalışmalarda PGPB uygulamalarının fosfat çözebilme yeteneğinde olduğu ve bitki tarafından alınabilirliğinin arttığı tespit edilmiştir (Islam *et al.* 2013).

Toprakta fosfatın genelde çözünmez formda bulunmasından dolayı bitki gelişiminin sınırlandığı ve bitki için yetersiz olduğu, bu durumun ortadan kaldırılması için yapılan yoğun gübre kullanımının maliyeti arttırdığı ve çevre sorunlarına neden

olduğu bildirilmektedir (Çetinkaya Yıldız 2007). Özellikle kimyasal gübrelerin çevre sağlığı açısından önem arz ettiği günümüzde alternatif mikroorganizma uygulamaları ile fosfatın çözünürlüğü artırılarak bitkiler için alınabilir forma dönüştürülmesi ile fosfatın kullanım etkinliği artırılmıştır. Bu durum bitkilerin her zaman fosfatı kullanmadığını ve alınamayan formdaki fosfatı bitkilerin alabileceği forma dönüştürmek için PGPB'lerin etki mekanizmalarının faydalı sonuçlar doğurabileceğini göstermektedir (Çakmakçı 2005).

Fosfat çözebilme yeteneğinde olan mikroorganizmalar tarafından toprak tekstüründe bulunan fosfatın bitkiler tarafından alınabilir forma dönüştürülebilmesi ve alımının artırılması ile ilgili çalışmalar yoğun olarak araştırılmaktadır (Laheurte and Berthelin 1988). Bu konuda birçok bakterinin fosfat çözünürlüğünü arttırdığı bildirilmektedir (Rashid *et al.* 2004). Stressiz koşullarda *Streptomyces* izolatının fosfat çözünürlüğünün 92 mg/l olarak tespit edildiği bildirilmiş (Sadeghi *et al.* 2012). Ayrıca bazı bakteri gruplarının organik asitlerin üretilmesi ile birlikte inorganik fosfatı çözebilme yeteneğinde oldukları belirlenmiş durumdadır (Hoberg *et al.* 2005).

Kuraklığa toleranslı 5 *Pseudomonas* türünün kurak koşullarda fosfat çözebilme aktivitesi üzerine yapılan çalışmada stressiz koşullarda bakterilerin fosfat çözebilme aktivitesi 30-70 ppm aralığında bulunurken kurak koşullarda 30-55 ppm olarak belirlemişlerdir (Sandhya *et al.* 2010b).

Buğdayda yapılan bir çalışmada tek ve kombinasyonlar halinde uygulanan fosfatı çözebilen PGPB uygulaması ile verimin önemli bir şekilde arttığı, bu durumun bakterilerin bitki besin maddesi alımını iyileştirmesinden kaynaklandığı gösterilmiştir (Singh and Kapoor 1999). Fosfat çözücü bakterilerin domates bitkisinde kullanıldığı bir çalışmada *Bacillus megaterium'* un bitkilerde verim ile birlikte fosfor, demir, çinko ve bakır alımını arttırdığı bildirilmiştir (Turan *et al.* 2004). Hindistan sakız ağacı bitkisinin rizosferinde yaşayan ve laktik, süksinik, isovalerik, isobutirik ve asetik asit gibi farklı asitleri üretebilme yeteneğinde olan

PGPB'lerin toprakta kalsiyum fosfatın çözünürlüğünü arttırdıkları bildirilmiştir (Vazquez *et al.* 2000).

2.1.2. PGPB uygulamalarının azot fiksasyonu üzerine etkisi

Bitkiler tarafından kullanılamayan atmosferik azot (N_2), toprakta serbest olarak yaşayan *Azospirillum*, *Herbaspirillum*, *Acetobacter*, *Azotobacter* ve *Azoarcus* gibi rizobakteriler yardımıyla kullanılabilir forma dönüştürülmektedir. Kimyasal olarak azot gübrelemesi maliyeti doğal PGPB'ler aracılığı ile yapılan azot gübrelemesine göre oldukça pahalıdır. Bu durum uygun PGPB kullanımları ile kimyasal gübre sarfiyatının azaltılabileceğini, hatta PGPB'ler ile birlikte kullanımlarının bitki besin maddesi alımını daha fazla arttırdıklarını göstermiştir (Islam *et al.* 2013).

Novosphingobium ve *Pseudomonas* gibi azot fikse eden bakterilerin domates ve biberde bitki besin maddesi alımı üzeri etkileri incelenmiş, *Pseudomonas sp.* RFNB3 bakteri ırkının kontrol uygulamasına göre P miktarını %67, *Novosphingobium sp.* RFNB21 bakteri ırkının ise N miktarını %66 ve K miktarını %61 arttırdığı bildirilmiştir (Islam *et al.* 2013).

Besince fakir kireçli toprak ile besince zengin tınlı iki farklı toprak tipinde yetiştirilen mısır bitkisine uygulanan *Pseudomonas alcaligenes* PsA15, *Bacillus polymyxa* BcP26 ve *Mycobacterium phlei* MbP18 bakteri ırklarının N, P ve K alımını arttırdığı, bu artışın en fazla kireçli toprakta gözlemlendiği, ayrıca *M. phlei* MbP18 bakteri ırkının tınlı topraklardan ziyade kireçli topraklarda bitki besin maddesi alımını arttırdıkları belirlenmiştir (Egamberdiyeva 2007). Bitki gelişimini teşvik eden bazı PGPB'lerin P çözünürlüğünü artırarak bitki tarafından alımını kolaylaştırdığı (Gyaneshwar *et al.* 2002), ayrıca N alımını olumlu etkilediği bildirilmektedir (Mantelin and Touraine 2004; Adesemoye *et al.* 2008).

Sera şartlarında yürütülen bir çalışmada, domates bitkilerine uygulanan iki farklı PGPB ırkının bakteri uygulanmayan ve farklı oranlarda kimyasal gübreleme

yapılan bitkiler ile karşılaştırıldığında bitki kuru ağırlığını en fazla PGPB uygulamalarının arttırdığı, tarla şartlarına aktarıldığında bakteri uygulanmayan ve %100 gübreleme yapılan bitkilere göre %50 gübreleme + PGPB uygulamasının verimi daha fazla arttırdığı tespit edilmiştir (Herna'ndez and Chailloux 2004).

Marulda azotlu gübrelemenin yanında azot fikse eden bitki gelişimini teşvik edici rizobakteriden *Paenibacillus polymyxa*'un verim, bitki gelişimi ve besin elementi içeriğine olan etkisini arttığı gözlemlenmiştir (Akbay 2012).

Yapılan çalışmalar, azot fikse eden bakterilerin bitki tarafından azot alımını artırdığı ve bitkideki azot muhtevastaki artışın azot kullanım etkinliğindeki artıştan kaynaklandığı belirtilerek, söz konusu bakterilerin entegre besin yönetimi sistemlerinde kullanılabileceğini göstermektedir (Adesemoye *et al.* 2008).

2.1.3. PGPB uygulamalarının biyokontrol mekanizması üzerine etkisi

PGPB'lerin bitkilerdeki etki mekanizmaları doğrudan ve dolaylı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu bakteriler bitki gelişimini teşvik edici hormonların sentezlenmesi, biyolojik azot fiksasyonu, fosfat çözünürlüğünün artırılması ve siderofor üretimi gibi farklı mekanizmalarla bitki gelişimini doğrudan teşvik edebildiği gibi hastalık gelişimini dolaylı olarak azaltmaktadır (Glick *et al.* 2007a). Ayrıca sistemik dayanıklılığın uyarılması (Bakker *et al.* 2007) ve engelleyici maddelerin salgılanması gibi mekanizmalar ile hastalık şiddetini önemli ölçüde azaltarak biyokontrol etkinliği fayda sağlamaktadırlar (Kumar *et al.* 2011). PGPB'ler bitki patojenlerinin neden olduğu hastalıkları ve bitki gelişimini olumsuz yönde etkileyen zararlı toprak mikroorganizmalarını engelleyen biyokontrol mekanizması ile dolaylı olarak etkide bulunmaktadır (Figueiredo *et al.* 2010).

Özellikle rizosfer çevresinde bulunan toprak kökenli patojenlere karşı direnç sağlayabilmek için PGPB uygulamalarının faydalı etkilerinden yararlanılmaktadır. Strese maruz kalan bitkiler tarafından organik madde kaybını engellemek için

köklerden toprağa doğru salgı, lizat ve gaz salımları ile kök bölgesi etrafındaki bakteri popülasyonun içeriği korunmaktadır (Cappellari *et al.* 2015).

PGPB'ler bitkilerde biyokontrol ajanları olarak hastalıkları azaltan antibiyotikler ile farklı organik bileşiklerle bulaşık olan toprakları ve bitki gelişimini engelleyici bazı ksenobiyotikleri parçalayarak koruma sağlamaktadırlar (Rodriguez and Fraga 1999). Bitki gelişimini teşvik eden bakterilerin biyokontrol mekanizmasında bakteriler tarafından salgılanan Phenazine-1-carboxylic acid, 2,4-diacetyl phloroglucinol (DAPG), Oomycin, Pyuloteorin, Pyrrolnitrin, Kanosamine, Zwittermycin-A ve Pantocin gibi antibiyotiklerin önemli görevleri olduğu bilinmektedir (Fernando *et al.* 2006).

Domateste toprak kaynaklı patojenlere karşı *Bacillus subtilis* bakteri izolatının biyolojik savaşta etkili oldukları bilinmektedir (Parmar and Dadarwal 2000). Toprak kökenli patojenlerin biyolojik kontrolünde cyanogenic *Pseudomonas fluorescens* ırklarının kullanılabileceği bildirilmekte, özellikle *Pseudomonas*'ların toprak kökenli hastalıkların engellenmesinde etkili rizosfer bakterileri oldukları ileri sürülmektedir (Clemente *et al.* 2000).

Pseudomonas benzeri bazı bakterilerin hidrojen siyanit sentezlemeleri ve bu yolla mantar gelişimini engellemesi, *Rhizoctonia*, *Sclerotium* ve *Pythium* patojenlerinin zararını azaltması, PGPB kök yüzeyinde bitki besin maddesi alımında rekabete girerek bitkileri patojenlerden koruması ve hastalıklara neden olan funguslara karşı etkili bir sistemik dayanıklılık sağlaması gibi etkileri bulunmaktadır (Çakmakçı 2005). Bu gibi sistemik dayanıklılığı teşvik edebilme yetenekleri patojen saldırılarına karşı antibiyotik üretimi ile ilişkilendirilmiştir (Rasche *et al.* 2006).

2.1.4. PGPB uygulamalarının bitki besin maddesi alımına etkisi

Azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) ve kükürt (S) gibi makro ve demir (Fe), çinko (Zn), bakır (Cu), bor (B), molibden (Mo) ve klor

(Cl) gibi mikro besin elementleri olarakda adlandırılan mineral maddeler, bitkilerde yapısal olarak veya metabolizmalarında direkt olarak işlev gören, eksikliğinde vejetatif ve generatif büyümenin yavaşladığı hatta durduğu birçok fizyolojik ve biyokimyasal olayda rol oynayan elementlerdir. Yapılan birçok çalışmada bazı PGPB uygulamalarının azot ve diğer bazı elementlerin alımını kolaylaştırarak verimi arttırdıkları saptanmıştır (Glick *et al.* 2007a).

PGPB'lerin indol asetik asit (IAA) gibi oksinlerle kök oluşumunu ve büyümesini artırarak normal veya stres koşullarda azot, fosfor ve potasyum gibi besin maddelerinin alımını artırmada faydalı etkileri bildirilmektedir (Mayak *et al.* 2004b).

Ekosistemin işleyişinde topraktaki mikrobial aktivite önemli rol oynamaktadır. Bu durum, mikroorganizmalar tarafından birçok bitki besin maddelerinin biyokimyasal döngüde rol almalarından kaynaklanmaktadır. Toprak ekosisteminde yaşayan faydalı mikroorganizmaların azotun alımını kolaylaştırdığı gibi kompleks organik maddelerin mineralizasyonunda ve bitki büyümesi ile verimliliğinde de etkili oldukları görülmektedir (Barea *et al.* 2002).

Abiyotik streslerle karşılaşan bitkilerde bitki büyümesi ve verimliliğini etkileyen en önemli problemlerinden biri bitki besin maddesi alımında yaşanan sıkıntılardır. Bu yüzden üreticiler tarafından tarım topraklarında dışarıdan yapılan gübreleme ile bu problem önlenilemeye çalışılmaktadır. Fakat bu durum çevresel streslerin etkisi ile bitki için bitki besin maddelerinin karşılıklı etkileşimi ile istenmeyen durumlar oluşturabilmektedir. Çevresel streslere maruz kalınan bir ortamda fosfor, demir, alüminyum ve kalsiyum ile reaksiyona girmesi neticesinde ortamdaki fosfor içeriği %90 azaldığı belirlenmiştir (Gyaneshwar *et al.* 2002).

Yapılan bir çalışmada buğdayda biyogübre olarak rizobakteri ve siyanobakteri uygulamasının bitkilerde besin maddesi üzerine etkisi incelenmiş, yalnız azot, fosfor ve potasyum gübrelemesi yapılmış kontrol bitkileri ile karşılaştırıldığında

bakteri uygulamasının protein miktarını %18,6 arttırdığı belirlenmiştir (Rana *et al.* 2012).

Lin *et al.* (1983) PGPB uygulamalarının bitkiler üzerine olumlu etkilerden birinin bitki ortamından besin maddesi alımının arttırılması olduğunu bildirmişlerdir. Vermikulit ortamında 6-8 hafta süresince herhangi bir besin maddesi uygulanmadan yetiştirilen domates, biber ve fasulyeye *Enterobacter cloacae* CAL3 uygulaması ile bitki gelişimi ve besin maddesi alımındaki değişimler incelenmiş, bakteri uygulanan bitkilerde bitki büyümesinin kontrol bitkilerine göre daha fazla olduğu bu durumun bitki besin maddesi alımında yaşanan artıştan kaynaklandığı bildirilmiştir (Mayak *et al.* 2001).

PGPB'lerin, IAA üretiminin artmasını sağlayarak bitkinin kök gelişimini teşvik ettiği (Kloepper *et al.* 2004), aynı zamanda ATP-az proton pompasının uyarılmasına yardımcı olarak mineral iyonlar yoluyla bitkinin bitki besin maddesi alımını kolaylaştırdığı tespit edilmiştir (Mantelin *et al.* 2004). Yıldırım *et al.* (2006) *Bacillus* ve *Paenibacillus* cinslerine ait bakteri ve *Trichoderma* cinsine ait fungusların stres altında yetiştirilen kabakta potasyum ve kalsiyum alımını arttırdığını bildirmişlerdir. Mayak *et al.* (2004b), stres altında yetiştirilen domates bitkilerinde PGPB uygulamalarının fosfat alımını arttırdığı tespit edilmiştir.

Günümüzde bilinçsiz ve aşırı dozda gübreleme neticesinde zarar gören tarım topraklarında oluşabilecek sorunlar uygun PGPB kullanımları ile önlenilebilmektedir. Hatta bitki için önerilen dozların altında gübre kullanımı PGPB ile kombine edilerek uygulandığında bitki besin alımını daha fazla arttırılabilmektedir. Domateste PGPB kullanımının alternatif biyogübre kullanımı olarak tercih edilebileceği bildirilmiştir (Herna'ndez *et al.* 2004).

2.1.5. PGPB uygulamalarının bitkide ekstraselüler polimerik maddelerin üretimi üzerine etkisi

Bitkiler, abiyotik stres etmenlerine karşı bitkiye zarar vermeyen fakat onları stres faktörlerine karşı koruyan bazı organik madde veya bileşikler fazla miktarlarda üretmektedirler. Bu maddeler, düşük molekül ağırlığında ve yüksek oranda çözünürlüğe sahip olmasına rağmen hücre içerisinde yüksek miktarları toksik etki göstermemektedir (Serraj and Sinclair 2002). Stres sonucu dokularda ozmotik ayarlamaya yardımcı olup membranların bütünlüğünü koruyarak ve enzimlerin bozulmasını önlemede serbest radikalleri etkisiz hale getirerek koruma sağlamaktadırlar (Bohnert and Jensen 1996).

PGPB'ler, bitkilerde kök büyümesi ve saçak kök oluşumunu teşvik edip, prolin, glisibetain gibi ozmolitlerin birikimini arttırmaktadır (Yuwona *et al.* 2005). Bu gibi toksik etki yapmayan ozmolitler hücreleri veya dokuları su kaybına (dessikasyon) karşı koruduğundan dolayı ozmotik koruyucu (osmoprotektan) olarak isimlendirilmekte (Ashraf and Foolad 2007) ve bunu hücre turgorunu azaltıp su potansiyelini düşürerek gerçekleştirmektedirler (Sandhya *et al.* 2010b). Bazı bakteri ırkları kompleks ekstraselüler polisakkaritler (EPS) üreterek bakterial hücrelerde biyofilm oluşumunu sağlamışlardır (Potts 1994). Benzer bir çalışmada *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas* sp. ve *B. megaterium* bakteri ırklarının IAA ile prolin miktarını arttırdığı bildirilmiş, bu şekilde bakterilerde üretilen veya biriken aminoasitlerin strese karşı toleransı arttırmada önemli rol aldıkları belirlenmiştir (Marulanda *et al.* 2009). Yapılan çalışmada *B. subtilis* GB03, *P. fluorescens* WCS417r, *P. putida* SJ04, ve WCS417r+ SJ04 bakteri izolatu uygulamalarının nanede monoterpen içeriğini arttırdığı gözlemlenmiştir (Cappellari *et al.* 2015).

2.1.6. PGPB uygulamalarının hormon aktivitesi üzerine etkisi

Bitkiler, vejetatif ve generatif büyüme için suya gereksinim duyarlar. Kısa süreli su stresine maruz kalan sebzelerde içsel hormon seviyesi artarak bitkinin bazı

fizyolojik mekanizmalarında değişiklikler meydana gelmekte ve böylece strese karşı tolerans mekanizmalarını geliştirmektedirler. Bitkiler PGPB ile inokule edildiklerinde kuraklık stresini de içeren birçok abiyotik strese karşı sahip oldukları sistemik etki eden tolerans mekanizması ile birtakım fiziksel ve kimyasal değişiklikler gerçekleştirmektedirler (Yang *et al.* 2009). Bu değişimlerde özellikle kuraklık stresıyla artan fitohormon aktivitesi büyük önem oluşturmaktadır (Glick 1995).

Özellikle gelişimin birçok evresinde önemli paya sahip olduğu bilinen etilen hormonun kuraklık stresinde içeren birçok abiyotik stres şartlarında stresin gerçekleşmesi ile artmakta ve böylece bitki gelişiminde gerilemeler görülmektedir. Etilen hormonun artışı bitkinin kök uzunluğunda azalmalara ve oksin taşınmasında problemler yaşanmasına neden olarak, bitkilerde yaprakların yaşlanması ve dökülmesinde neden olmaktadır. Ayrıca oksin ile birlikte etilen lateral kök başlangıcını düzenlenmekte ve reçine ile zamsı maddelerin dışarı sızmasına neden olmaktadır (Prayitno *et al.* 2006). Bu durum etilenin farklı hormonlarla etkileşime girerek farklı etkiler oluşturabildiğini göstermektedir.

Stresin bitkide etilen düzeyini arttırdığı ve yapılan çalışmalar artan bu etilenin "stres etileni" olarak isimlendirildiğini göstermektedir. Bitkilerde özellikle artan kuraklık stresini ile birlikte stres etileni miktarı artmakta ve böylece bitki gelişim hızı azalmaktadır. Bu etilen seviyesinin azaltılmasında etilenin öncü maddesi olan 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC)'nin farklı enzim mekanizmaları ile uyarılması etkili olmaktadır. Bu enzimler S-adenozilmetionin enzimi veya ACC deaminaz enzimleridir (John 1991). Bu enzimleri içeren bakteriler bitkilere uygulandıklarında bitkilerin kök ve tohumlarına yapışmakta ve bakteriler IAA sentezlemektedir. Sentezlenen bu IAA ile birlikte içsel IAA, ACC'nin oluşumunu katalizleyen ACC sentaz'ın transkripsiyonunu sağlamaktadır (Kende 1993; Kende and Zeevaart 1997). Yapılan araştırmalara rağmen etilenin kuraklık stresinde IAA taşınmasını ve sinyal iletimini sağlaması konusu netlik kazanmamıştır (Morgan and Drew 1997; Prayitno *et al.* 2006). Ayrıca PGPB uygulamalarında artan ABA

hormon seviyesi ile birlikte bitkide içsel sitokinin azalmakta, bu durum sitokinin ile ABA arasında var olan antogonist ilişkiden kaynaklanmaktadır. Özellikle bu durumda stokininlerin metabolik etkileşimdeki payları ve kısmende ABA ile ortak biyosentetik orjine sahip olması neden olmaktadır (Cowan *et al.* 1999).

2.1.7. PGPB uygulamalarının bitkide ACC deaminaz enzim aktivitesi üzerine etkisi

Bitkilerde strese bağlı olarak artan etilenin oluşturabileceği zararın azaltılmasında öncelikle etilenin öncü maddesinin azaltılmasını sağlayacak sinyal yollarının aktifleşmesi gerekmektedir. Bu sinyal yollarının sağlanmasında ACC deaminaz enzimi görev almaktadır.

ACC deaminaz enzimi stoplazmada lokalleşmiştir (Jacobson *et al.* 1994). Bazı PGPB'ler arasında ACC deaminaz enzimi üreten bakteriler bulunmaktadır. Özellikle *Enterobacter* spp., *Rhizobium* spp., *Pseudomonas* spp., *Variovorax* spp., *Alcaligenes* spp. ve *Bacillus* spp. türlerinde ACC deaminaze aktivitesi yaygın olmakla birlikte; yapılan başka araştırmalarda, gram negatif bakteriler (Wang *et al.* 2000; Babalola *et al.* 2003), gram pozitif bakteriler (Ghosh *et al.* 2003), endofitik bakteriler (Sessitsch *et al.* 2005), *Rhizobium*'lar (Uchiumi *et al.* 2004) gibi bir çok mikrobiyal türde ACC deaminaze aktivitesi olduğu belirlenmiştir. ACC deaminaz içeren PGPB'ler bitkinin kök yada tohum yüzeyine bağlanarak etki etmektedirler. Bu bakteriler uygulandıklarında bitkide etilenin öncü maddesi olan ACC deaminaz enzim seviyesi artmakta ve böylece bitkide etilen seviyesi azalmaktadır. Bitkide ACC deaminaz enziminin sentezlenmesi ile IAA hormonunu uyarılarak bitki hücrelerinin çoğalması ve genişlemesi sağlanmaktadır.

Bitki gelişimini teşvik eden ve ACC deaminaz enzim aktivitesi fazla olan bakteriler, kuraklık stresini içeren birçok abiyotik stres şartlarında artan etilen aktivitesini azaltmaktadır. Bu durum etilenin öncü maddesi olan ACC'nin IAA vasıtasıyla ACC deaminaz enziminin artmasını sağlayarak gerçekleştirmektedir.

Etilen üretimini kontrol edebilmek için ACC deaminaz, köklerdeki ACC'yi α -ketobütrat ve amonyuma dönüştürmektedir (Honma and Shimomura 1978). Amonyum bitki için N, α -ketobütrat ise C kanağıdır. Daha önce yapılan araştırmalarda (Madhaiyan *et al.* 2006; Blaha *et al.* 2006) ACC deaminaz enzimi içeren PGPB'ler bu enzim vasıtasıyla etilenin öncüsü olan ACC'ye bağlanarak stres sırasında etilenin seviyesini azalttığı saptanmıştır.

ACC deaminaz içeren *Achromobacter piechaduii* ARV8 bakteri ırkının yetiştirme ortamına ilavesinin domates (*Solanum lycopersicum* L.) ve biberde (*Capsicum annuum* L.) kuraklığın bitki büyümesine olan olumsuz etkisini bitki taze ve kuru ağırlıklarının kontrole göre arttığını sağlayarak katkıda bulunduğu tespit edilmiştir (Mayak *et al.* 2004a).

ACC diaminaz aktivitesine sahip *Variovorax paradoxus* bakterisinin inokulasyonunun sulanmış ve kurak şartlarda yetiştirilen bezelyede (*Pisum sativum* L.) bitki gelişimini olumlu etkilediği belirlenmiştir (Dodd *et al.* 2005). Stres koşullarında ACC diaminaz aktivitesi bulunan bakteriler uygulandıkları bitkiler üzerinde düşük etilenden dolayı oransal olarak daha fazla kök geliştirmekte ve daha dayanıklı olmaktadır (Burd *et al.* 2000; Safronova *et al.* 2006).

2.1.8. PGPB uygulamalarının stres sırasında aktif genler üzerine etkisi

Farklı sinyal yollarının antogonist ve sinerjik etkilerinin strese karşı oluşturduğu yanıtlarda genlerle ilişkili bazı proteinler görev almaktadır (Glick *et al.* 2007b). Kuraklık stresine karşı özellikle DRE bağlayan protein (DREP, DRE-Binding Protein) ailesi ve etileni indükleyen yollardaki genler strese yanıt oluşturmada rol oynamaktadır. Aynı zamanda stresin çeşidine göre etileni indükleyen elementleri bağlayan proteinler (DREP, Ethylene-Responsive Element Binding Proteins) değişim göstermektedir (Broekaert *et al.* 2006). Arabidopsis de yapılan bir çalışmada mitogen activated protein-kinaz (MAP) sinyal proteinlerinin kuraklık stresine karşı iyileştirici etkileri olduğu ve aynı zamanda bu enzimin fosforilat ACC

sentezini stabilize eden mekanizma sayesinde etilen biyosentezini dengede tuttuğu bildirilmektedir (Liu and Zhang 2004).

Bitkilerde strese karşı oluşturulan cevapla ilişkili bazı proteinlerin etkili sinyal yolları vasıtasıyla kuraklık stresine karşı olumlu etkileri olduğu bildirilmiştir. Abiyotik stres genlerinin promotörleri içerisinde kuraklık stresine karşı yanıt veren elementlere bağlanması; bazı parmak-çinko proteinleri vasıtasıyla kuraklık stresine karşı bZIP proteinleri ile interaksiyon; DEAD-box helikazlar vasıtasıyla enerjik olarak duran çift katlı DNA yada RNA'nın çözülmesi yoluyla kuraklık stresine karşı aktif proteinlerin toleransı arttırmada etkili oldukları belirlenmiştir (Fujita *et al.* 2006).

Timmusk and Wanger (1999); kuraklığa toleranslı olduğu bilinen *P. polomyxa*'nın *Arabidopsis thaliana* ile inokülasyonu sonucu kuraklığa yanıt veren genin *ERD15* (*ERD15*, Early response to dehydration 15) olduğunu bildirmişlerdir. Kuraklık stresi altında *Azospirillum brasilense* Sp245 bakteri ırkının buğday (*Triticum aestivum*) ile inokülasyonu sonucu bitkide mineral nitelik (magnezyum, potasyum ve kalsiyum) artmış ve elastik ayarlama ile bitkinin su durumunu koruması sağlanmıştır (Creus *et al.* 2004).

2.2. Bitkilerde Kuraklık Stresinin Etkileri

2.2.1. Verim ve gelişim üzerine etkileri

Bitkilerde gelişimin ifade edilmesinde genetik, fizyolojik, ekolojik ve morfolojik olayların hücre genişlemesi, farklılaşması ve bölünmesindeki etkileşimleri önemli görülmüş, bitki gelişiminin nitelik ve niceliğinin bu bileşenlerin kuraklık stresi ile ilişkisine bağlı olarak değişim gösterdiği bildirilmiştir (Taiz and Zeiger 2006). Kuraklık stresinin bitki gelişiminde neden olduğu en belirgin fizyolojik süreç turgor basıncında yaşanan azalmalardır. Özellikle kuraklığın yoğun olarak yaşandığı bölgelerdeki bitkilerde hücre büyümesinin sekteye uğraması ve turgor kaybının

artması ksilemdeki su akışında yaşanan problemlerden kaynaklanmaktadır. Bu gibi hücre uzaması ve genişlemesinde meydana gelen aksaklıklardan dolayı toplam bitki ağırlığında, yaprak alanı, verim ve ürün gelişiminde azalmalar yaşanmaktadır (Nonami 1998; Kaya *et al.* 2003; Hussain *et al.* 2008).

Strese karşı geliştirilen toleransın artırılmasında ve bitkinin strese tepkisinde stresin zamanı, süresi ve şiddeti önemli görülmüş, aynı zamanda stresin diğer faktörler arasındaki ilişkisi dikkate değer bulunmuştur (Plaut 2003). Kısıntılı sulama seviyelerinin (%100 ve 50) lahanada bitki gelişimi ve verimi azalttığı bildirilmiştir (Sturm *et al.* 2010; Marsic *et al.* 2012). Benzer şekilde lahanada kuraklık stresinin baş ağırlığı, yaprak sayısı, ortalama yaprak alanını azalttığı belirlenmiştir (Maggio *et al.* 2005). Buğdayda yapılan bir çalışmada, çiçeklenme öncesi kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde çiçeklenmenin azaldığı, çiçeklenme sonrasında maruz kaldığında ise dane dolum süresinin kısaldığı gözlemlenmiştir (Estrada-Campuzano *et al.* 2008). Bitkilerde kuraklık stresinin çiçeklenme ve dane olumuna önemli zararlar vererek bitkide asimilatların parçalanmasına, karbonhidrat aktivitesinin ve karbonhidrat sentez enzimlerinin azalmasına neden olarak bitki veriminde ve ürün gelişiminde azalmalara neden olduğu ifade edilmiştir (Farooq *et al.* 2009).

Orta ve şiddetli su kısıtlarında yetiştirilen fasulyede; bitki boy uzunluğu, yaprak sayısı, yaprak alanı, yaprak, gövde ve köklerin yaş-kuru ağırlıklarının stresin artması ile azaldığı bu azalışın bitkide toplam verimi düşürdüğü görülmüştür (Doğan 2006). Brokolide damla sulama yöntemi kullanılarak 4 farklı seviyede (%125, 100, 75 ve 50) sulanan bitkilerin, ilkbahar ve sonbahar dönemlerindeki sulamalar ile verim ve kalite parametrelerinin etkisi değerlendirilmiş, araştırmada %125 sulama seviyesinde ilkbahar döneminde en yüksek verimin 11,02 ton/ha, sonbahar periyodunda 4,55 ton/ha olduğu belirlenmiştir (Erdem *et al.* 2010). Brokolide yapılan başka bir çalışmada ise; farklı sulama seviyelerinde (%80, 100 ve 150) brokoli verimini ilk yıl %150 sulama seviyesinde 3,8 ton/ha, ikinci yıl 17,9

ton/ha ve son deneme yılında ise 23,6 ton/ha olarak belirlenmiştir (Pacakdee *et al.* 2006).

Mısır bitkisinde farklı oluşum dönemlerinde uygulanan su stresinin verim ve verim bileşenleri üzerine olan etkilerinin araştırıldığı çalışmada; A sınıfı buharlaşma kabından oluşan birikimli buharlaşmanın %60, %80 ve %100'ünün uygulandığı çalışmada, verimin kısıntıların artması ile azaldığı görülmüştür. Sulama suyunun sınırlı olduğu bölgelerde oluşabilecek kuraklık stresi ile mısırdaki verim kaybının daha da fazla artabileceği, özellikle vejetatif tepe püskülü ve koçan oluşumu dönemlerinde bu etkinin daha şiddetli gözlemlenebileceği belirtilmiştir (Dağdelen 2010). Kıvırcık marulda ve şeker pancarında su kısıntılarının (%100, 80, 60, 40 ve 20) verimi azalttığı (Kızıloglu *et al.* 2006; Kuslu *et al.* 2008), ayrıca kabakta sulama suyundaki kısıtlamaların (%100, 85 ve 75) bitki gelişimini azaltarak verimi düşürdüğü bildirilmiştir (Kuslu *et al.* 2014).

2.2.2. Bitki su ilişkileri üzerine etkileri

Bitkiler bünyelerinde bulundurdıkları suyu muhafaza etmek için çeşitli mekanizmalar geliştirmektedirler. Bu mekanizmalar bitkinin yapraklarındaki stoma direnci, terleme oranı, yaprak sıcaklığı ve yaprak alanı ile direkt olarak ilişkilendirilmektedir. Özellikle kuraklık stresinin bitkilerin yaprak su potansiyelini, oransal nem içeriğini ve transpirasyon oranını azalttığı, ayrıca yaprak sıcaklığını arttırdığı bildirilmektedir (Farooq *et al.* 2009). Bu durum havayla yaprak arasında buhar basıncı farkına sebep olmakta ve bitkinin toplam su kullanımının azalması ile transpirasyon oranının düşmesine ve yaprak alan indeksinin azalmasına neden olmaktadır (Craufurad *et al.* 2000).

Bitki su tüketimi ve verim arasındaki ilişki bitkinin su kullanma etkinliğini ifade etmekte ve stres ile birlikte azalan transpirasyon bitkinin su kullanma etkinliğini arttırmaktadır (Monclus *et al.* 2005). Yapılan bir çalışmada kuraklık stresine maruz kalan yonca (*Trifolium alexandrinum*) bitkilerinde transpirasyon oranı ile yaprak

alanının azaldığı ve böylece bitkinin su kaybındaki azalışına bağlı olarak veriminin düştüğü bildirilmiştir (Lazaridou and Koutroubas 2004).

Karpuzda yapılan farklı sulama seviyelerinde (%100, %80, %60 %40, %20 ve %0) bitkinin çiçeklenme, meyve oluşumu, olgunlaşma ve hasat dönemlerindeki yaprak oransal su içeriğinin %100 konusundan %0 konusuna doğru azaldığı ve yaprak oransal su içeriğinin çiçeklenme ve meyve oluşum döneminin başlangıcında en hassas olduğu bildirilmiştir (Demirel vd 2010).

Farklı 6 fasulye çeşidi üzerinde yapılan bir çalışmada, farklı sulama kısıntılarının bitkide büyüme, yaprak oransal su içeriği, osmotik potansiyel ve klorofil içeriğini azalttığı, kontrol konularına göre en yüksek osmotik potansiyel ile yaprak oransal su içeriğinin Contender çeşidinde; en düşük ise IIHR-909 ve Sel-2 çeşitlerinde oldukları tespit edilmiştir (Upreti *et al.* 1998).

Tatlı mısırdada (*Zea mays saccharata* Sturt) su stresinin bitki su tüketimi ile bitkideki fizyolojik ve morfolojik parametreleri üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada, damla sulama sistemi ile sulanan bitkilere uygulanan altı farklı sulama konusunun (%100, %80, %60, %40, %20 ve %0) mevsimlik su tüketimleri hesaplanmıştır. Tam sulama konusunu oluşturan %100 konusunun mevsimlik bitki su tüketimi 453 mm ve uygulanan toplam sulama suyu miktarı ise 381 mm olarak belirlenmiş, strese bağlı olarak bitki su tüketimi ve yaprak su içeriği değerlerinin stresin bitkide oluşturduğu hasarının belirlenmesinde önemli parametreler olduğu ifade edilmiştir (Çamoğlu vd 2011).

2.2.3. Besin maddesi alımı üzerine etkileri

Kuraklık stresi ile birlikte bitkilerde su alınabilirliğinin azalması bitki için gerekli olan besinlerin alınmasını engellemektedir. Sucul koşullarda yetiştirilen bitkilerin oluşturduğu toprak yüzeyine yakın kök yapısı, kuraklık stresine maruz kalan

bitkilerde derinlere doğru inme ve besin arayışına girme şeklinde değişim göstermektedir.

Bitkiler için alınan bazı elementler ancak yararışlı forma dönüştüğünde bitki için faydalı etkiler oluşturabilmektedir. Kuraklık stresi; bitki için gerekli olan bileşenlerin ($\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$, PO_4^{3-} ve SO_4^{2-}) bitkiye yararışlı forma dönüşümünde sorun oluşturmaktadır (Grossman and Takahashi 2001). Yapılan çalışmalar her bitkinin strese karşı bitki besin maddesi alım mekanizmasının farklı olabileceğini fakat genellikle su stresine maruz kalan bitkilerin azot alımı üzerinde arttırıcı, fosfor da belli ölçüde azaltıcı ve potasyum üzerine etkisinin olmadığını göstermiştir (Garg 2003). Kuraklık stresinde yetiştirilen pamukta özellikle azot ve potasyum alımının kısıtlandığı görülmüştür (McWilliams 2003). Aynı şekilde düşük nem kapasitesine sahip toprakta hareketli formdaki PO_4^{3-} alınabilirliği azaldığından dolayı bitki dokularında fosfor ve PO_4^{3-} eksikliği görülmektedir (Peuke and Rennenberg 2004). Kuraklık stresine maruz bırakılan ayçiçeği bitkisinde potasyum uygulaması ile stoma açıklığını hızlı bir şekilde azalttığı görülmüştür (Lindhauer *et al.* 2007).

2.2.4. Fotosentez üzerine etkileri

Kuraklık stresi bitkilerde belirgin olarak fotosentezde aksamalara neden olmakta bu durum yaprak genişliğinin azalmasına, fotosentetik mekanizmanın zarar görmesine ve besin üretiminin azalmasına neden olan fizyolojik aksaklıklar olarak bildirilmektedir (Farooq *et al.* 2009). Ayrıca bitkilerde stoma açıklığında azalmalara ve bunun yanında karbondioksit alınabilirliğinin kısıtlanmasına neden olarak fotosentezdeki zararlanmayı arttırmaktadır (Cornic and Massacci 1996). Kuraklık stresıyla birlikte fotosentetik pigmentler (Anjum *et al.* 2011) ve fotosentetik bileşenlerin olumsuz etkisi (Fu and Huang 2001), Kelvin döngüsü enzimlerinin aktivitelerini azaltarak ürün verimini azaltmaktadır (Monakhova and Chernyadev 2002).

Stres sırasında reaktif oksijen türleri ve antioksidan savunma sistemlerinin üretimi arasındaki dengenin bozulmasıyla bitkide fotosentetik kabiliyet ve bitki gelişimi kısıtlanmaktadır (Fu and Huang 2001; Reddy *et al.* 2004). Bunun sonucunda reaktif oksijen türlerinin birikimi artmakta ve hücre membranlarında ve diğer hücresel bileşenlerde oksidatif stres meydana gelmektedir. Şiddetli kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde rubisko enzim aktivitesi azaldığından dolayı fotosentez azalmaktadır (Bota *et al.* 2004).

Fotosentetik elektron taşıma zincirinin aktivitesi kloroplastta karbondioksidin alınabilirliği ve fotosistem II içindeki değişime bağlıdır (Loreto *et al.* 1995). Bitkide su kaybı sonucunda hücre küçülmesi ve bunun sonucunda da hücre hacminin azalması meydana gelmektedir. Stoplazmanın vizkozitesinin artması fotosentetik mekanizmadaki enzimlerin fonksiyonlarına zarar vermekte ve toksik olabilmektedir (Hoekstra *et al.* 2001).

Kuraklık stresine bağlı olarak fotosentezin fotosistem I safhasında elektron taşıma sisteminde meydana gelen bozulmalar, tilakoid membranlarına zarar vererek kloroplastın zarar görmesine ve bunun sonucunda da fotosistem II' de azalmalara neden olduğu bildirilmektedir (Shikanai *et al.* 2003). Fotosentezdeki bu azalma klorofil pigmentlerinin azalmasına neden olmakta meydana gelen bu azalmanın doymamış yağ asiti içeriği ve plastokinin sentezinin azalması ile bağlantılı olduğu bildirmektedirler (Baron *et al.* 1992).

Kuraklık stresi bitkilerde fotosentetik mekanizmayı farklı şekillerde etkilemekte ve bu etki bitkinin stresten etkilenme deresine görede değişim göstermektedir. Sera koşullarında su stresine maruz bırakılan börülcede vejetatif büyüme evresinde ve çiçeklenme evresi boyunca fizyolojik ve biyokimyasal değişimler incelenmiş, stres altındaki bitkilerde yaprak su potansiyeli, fotosentetik gaz değişimi, maksimum fotosentetik kuantum verimi, stoma iletkenliği ve transpirasyonun azaldığı görülmüş bu durumun özellikle çiçeklenme aşamasında fotosentetik kısımların zarar görmesine neden olduğu bildirilmiştir (Hamidou *et al.* 2007).

2.2.5. Solunum üzerine etkileri

Bitkilerde solunum bitki gelişimi ve büyümesinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Toprakta su alımı azaldığında bitkide fotosentez azalmakta ve bitki gelişimi zayıflamaktadır (Huang and Fu 2000). Bitkilerin solunumla kaybettikleri kaybolan karbonhidrat bitkinin metabolik etkinliği için önemli görülmektedir (Davidson *et al.* 2000). Bitkiler fikse edilen karbondioksiti kuru madde yapımı için kullanmaktadırlar (Lambers *et al.* 1996). Şiddetli kuraklık fotosentez, solunum ve kök-gövde biyokütlesinde azalmalara neden olmaktadır. Bu amaçla yarı kurak bölgelerde toleranslı çeşitler kullanılarak azalan kök biyokütlesi ve kök solunumu arttırılabilmektedir (Liu and Li 2005).

2.2.6. Oksidatif zararlanma üzerine etkileri

Kuraklık bitkilerde yaprak kloroplastlarının fotokimyasal yapısında değişime neden olarak fotosistem II'de elektron üretimi ve akışında aksamalar meydana getirmektedir (Foyer *et al.* 1974). Bu durum stresin zarar verdiği bitkilerde reaktif oksijen türlerinin oluşmasına ve fotosentetik elektron taşınmasındaki yapının engellenmesine neden olmaktadır.

Kuraklık stresi ayrıca bitkilerde stoma kapanmasına neden olmakta ve bu durum CO₂ fiksasyonunu sınırlandırarak Kelvin döngüsü tarafından üretilen NADP⁺'yi azaltmaktadır (Benabdellah *et al.* 2011). Strese bağlı yaşanan bu olumsuz durum elektronların moleküler oksijene aktarımını hızlandırarak hidrojen peroksit (H₂O₂), süperoksit (O₂⁻), tek değerlikli oksijen (¹/₂O₂) ve hidroksil (OH) radikalleri gibi reaktif oksijen türlerinin aktivitelerini arttırıp ve lipidlerin, proteinlerin ve nükleik asitlerin oksidatif hasarına neden olarak hücre dokularında nekrozlara hatta bitki ölümlerine sebebiyet vermektedir (Rivero *et al.* 2007; Kim *et al.* 2008).

Bitkiler reaktif oksijen türlerinin zararlı etkisini enzimatik ve enzimatik olmayan mekanizmalar tarafından tolere ederek ortadan kaldırmaktadırlar (Reddy *et al.*

2004). Bu mekanizmalar β -karoten, α -tokoferol, askorbat, glutatyon ile süperoksit dismutaz (SOD), peroksidaz (POX), askorbat peroksidaz (APX), katalaz (CAT) ve glutatyon reduktaz (GR) enzimlerini içermektedir (Mittler 2002). Bu gibi antioksidan enzimlerle kuraklık stresi altında bitkilerde oluşan serbest radikallerin olumsuz etkisi azalmaktadır (Simova-Stoilova *et al.* 2009).

Kuraklık stresine maruz bırakılan domates bitkilerinde stresin bitki dokularında MDA birikimini arttırdığı belirlenmiş olup strese karşı artan antioksidan mekanizma ile tolerans sağlanmıştır (Sanchez-Rodriguez *et al.* 2010). Benzer durum buğday bitkilerinde artan oksidatif zararlanmalara karşı antioksidan enzim aktivitesinin toleransı arttırdığı bildirilmiştir (Nikolaeva *et al.* 2010).

2.3. Bitkilerde PGPB Uygulamalarının Kuraklık Stresi Üzerine Etkileri

Küresel ısınma ile dünya genelinde bitkisel üretimde verim kayıpları yaşanmakta bu verim kayıplarının %20 ile %50'sini kuraklık ve tuzluluk stresinin olumsuz etkileri oluşturmaktadır. Bu gibi stresler ile başa çıkmada maliyeti düşük ve çevre dostu stratejiler ile stresin olumsuz etkilerinin hafifletilebileceği bildirilmiştir. Bu amaçla çözülmüş şekerlerin sentezi, biyokontrol potansiyeli, bitki gelişimini teşvik eden hormonların üretimi, genetik çeşitlilik gibi özelliklere sahip olan PGPB uygulamalarının abiyotik strese toleransı arttırmada önemli rolü bulunmaktadır (Shrivastava and Kumar 2015).

Birçok bitki tarafından üretilen etilen hormonunun çeşitli abiyotik stress mekanizmalarında ve bitkilerdeki birçok fizyolojik değişimde önemli olduğu bildirilmektedir. Kuraklık şartlarda bitkide içsel etilen üretiminin hızla arttığı ve kök gelişiminin olumsuz etkilendiği görülmektedir. Stresin olumsuz etkilerini azaltmaya yönelik yapılan çalışmalarda kullanılan PGPB uygulamalarının ACC diaminaz enzimi aracılığı ile etilen üretimini düzenlediği ve stres şartları altında bu enzimi içeren PGPB uygulamalarının bitki büyümesi ve gelişimine etilen üretimi azaltarak yardımcı olduğu görülmüştür. Bu mekanizmanın nasıl bir etki oluşturduğu

ACC diaminaz enzimini aktive eden genlerin detaylı araştırılması ile açıklanabileceği bildirilmektedir (Saleem *et al.* 2015).

Kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde PGPB uygulamalarının faydalı etkilerinden biri de fitohormonların üretimidir. Özellikle bakteriler tarafından üretilen ABA hormonunun kuraklık stresi ile ilişkisi yapılan yeni araştırmalarla detaylı inceleme konusu olmuştur. Yapılan bir araştırmada, *Arabidopsis thaliana* bitkilerine *Azospirillum brasilense* Sp 245 izolatı uygulandığında bitkide lateral kök sayısının artarak toplam kök biyokütlesinin geliştiği ayrıca bitkilerde su kaybında meydana gelen azalışın ABA seviyesindeki artış ile korelasyon halinde olduğu, prolin ve yaprak oransal su içeriğinin arttığı, malondialdehit ve stoma iletkenliğinde azalmalar olduğu gözlemlenmiştir (Cohen *et al.* 2015).

Abiyotik ve biyotik streslere karşı toleransın artırılmasında PGPB uygulamalarının farklı bakteri gurupları ile kombinasyon halinde yada tekli olarak uygulanması ile sebzelerde olumlu etkiler oluşturduğu çeşitli araştırmalarda bildirilmektedir. Domateste kuraklık stresine karşı uygulanan PGPB kombinasyonlarının kontrol bitkileri ile karşılaştırıldığında toplam biyokütlede ve fide gelişiminde önemli derecede artış sağladığı, bu durumun bitkilerde su kullanım etkinliğinin arttırmasından kaynaklandığı ileri sürülmüştür (Candido *et al.* 2015).

Kuraklığa maruz kalan mısır bitkilerine uygulanan PGPB ile yapraklardaki mineral besin miktarı, toplam biyokütle, karbondioksit alımı, su kullanım etkinliği, stoma iletkenliği ve tranpirasyon oranını arttığı gözlenmiş ve PGPB uygulamalarının bitki gelişim parametrelerini iyileştirdiği bildirilmiştir (Zoppellari *et al.* 2014). Yine mısırdaki yapılan bir başka çalışmada kuraklık stresine maruz kalan bitkilere ACC diaminaz içeren PGPB uygulamaları ile bitkide azot miktarının arttığı ve bitki köklerinde belirgin biyokütle artışı gözlemlendiği bildirilmiştir (Zheng *et al.* 2014). Tarla şartlarında kuraklık stresine maruz bırakılan mısır bitkilerine PGPB uygulaması ile bitkide verim ve bitki besin maddesi alımı artmıştır (Zafar-ul-Hye *et al.* 2014).

Asidik toprak yapısına sahip kurak tarla ve serada şartlarında yetiştirilen maş fasulyesine uygulanan *Pseudomonas aeruginosa* GGRJ21 bakteri ırkı ile kök, gövde uzunluğu, kuru ağırlık, antioksidan enzim ve oransal su içeriğinin kontrol bitkilerine göre arttığı görülmüş, ayrıca DREB2A, CAT1, DHN gibi kuraklık stresi sırasında aktiviteleri artan genlerin strese tolerans mekanizmasındaki olumlu etkileri bildirilmiştir (Sarma and Saikia 2014).

Buğdayda kuraklık stresinin olumsuz etkilerine karşı uygulanan *Burkholderia phytofirmans* PsJN bakteri ırkı ile fotosentetik oran, su kullanım etkinliği, klorofil değeri artarak bitkide oransal su içeriği ve karbondioksit asimilasyon oranı önemli ölçüde artmış, ayrıca çiçeklenme ve kardeşlenme safhasında uygulanan stresin bitkilerde dane verimini azalttığı fakat PGPB uygulaması ile bu değer %18 ile 20 oranında arttığı gözlemlenmiştir. Kurak şartlardaki buğday bitkilerinde dane verimi ve gelişimini artırmada *B. phytofirmans* PsJN bakterisinin etkili olduğu bildirilmiştir (Naveed *et al.* 2014). Kuraklık stresinde yetiştirilen ayçiçeği bitkisinin toplam tohum verimindeki azalma, PGPB uygulama metodları ile olumlu etkilendiği görülmüştür (Frederick *et al.* 2001).

Serada iki farklı su stresi şartlarında PGPB ile inoküle edilmiş sorgum fidelerinde bitki gelişim parametreleri incelemiş, fidelerde yüksek klorofil miktarından dolayı yapraklarda koyu yeşil görünüm ile kök ve gövde ağırlığının kontrol bitkilerine göre arttığı bildirilmiştir (Grover *et al.* 2014). Yapılan başka bir çalışmada kuraklık stresine maruz kalan *Lavandula dentata* ve *Salvia officinalis* bitkilerine uygulanan *Bacillus megaterium*, *Enterobacter*, *Bacillus thuringiensis* bakterilerinin bitkide stoma iletkenliği, bitki besin maddesi alımı, antioksidan enzim aktivitesi, hormon içeriği ve prolin miktarını arttırdığı belirlenmiştir (Armada *et al.* 2014).

Kurak şartlarda yetiştirilen *Platycladus orientalis* (top mazı) bitkisine *B. subtilis* bakteri uygulaması ile bitkide aminoasitler, organik asitler, şekerler ile yaprak su potansiyeli ve oransal su içeriğinin arttığı bildirilmiştir (Liu *et al.* 2013). Yapılan başka bir çalışmada kırmızı biber ve domates bitkilerine uygulanan PGPB'ler ile

bitkilerde makro ve mikro element miktarı ve klorofil değeri bakteri uygulanmamış bitkilere göre arttığı belirlenmiştir (Islam *et al.* 2013).

Farklı su kısıtlamaları altında yetiştirilen *Hyoscyamus niger* bitkisine uygulanan *P. putida*, *P. fluorescens* bakterilerin bitkilerde klorofil değeri, prolin ve yaprak oransal su içeriği ile antioksidan enzim aktivitesini arttırdığı bildirilmiştir. Uygulamalar arasında en fazla prolin miktarının *P. fluorescens* uygulanmış %90 su kısıtı konusunda, kök ve gövdede alkaloid veriminin *P. putida* uygulanmış %30 su kısıtı konusunda belirlenmiştir (Ghorbanpour *et al.* 2013).

Kuraklık stresine maruz bırakılan hıyar fidelerine uygulanan *B. cereus* AR156, *B. subtilis* SM21 ve *Serratia* bakterilerinin bitkilerde MDA miktarını %40, EC değerini ise 15 azalttığı, ayrıca prolin birikiminin de kontrol bitkilerine göre arttığı belirlenmiştir (Wang *et al.* 2012).

Fesleğen bitkilerine uygulanan *Pseudomonades* sp., *Bacillus lentus*, *Azospirillum brasilens* ve bu üç bakterinin kombinasyonunun %80, 60 ve 40 seviyelerinde yapılan sulama kısıtlamalarında CAT, GPX ve APX enzim aktivitelerini arttırdığı saptanmıştır (Heidari and Golpayegani, 2012). Kuraklık stresinde bitkide glutamat, glutamin, prolin, alanin gibi aminoasitler ve sükroz, trihaloz, poliglukosil granulleri ve glisinbetain gibi dördü aminleri içeren osmolitler birikerek koruma sağlamaktadırlar (Crowe and Crowe 1992). Strese karşı tolerans sağlamada *B. subtilis* GB03'ün üretmiş olduğu bazı uçucu bileşiklerin strese karşı toleransı arttırmada önemli role sahip oldukları tespit edilmiştir (Ryu *et al.* 2004). *Paenibacillus polymyxa*'nın Arabidopsiste uygulanması ile kuraklık stresinin neden olduğu solgunluğu önemli derecede azalttığı rapor edilmiştir (Timmusk and Wagner 1999).

Yapılan bir çalışmada, domates bitkisinde kuraklık stresine karşı toleranslı olduğu bilinen 5 *Pseudomonas* spp. türünün kurak ve yarı kurak çevre şartlarındaki etkisi incelenmiş, araştırma sonunda stresli şartlarda bakteri uygulamasının prolin, serbest

aminoasitler, şekerler ve ekstraselüler polimerik maddelerin birikimini stressiz şartlara göre arttırmıştır (Sandhya *et al.* 2010a).

İyi sulanmış, orta derece kuraklık stresi ve şiddetli kuraklık stresine maruz bırakılan marulda PGPB uygulamaları ile çözünmüş madde birikimindeki değişimler incelenmiş, köklerde fosfataz aktivitesi ve yapraklarda prolin seviyesinin arttığı görülmüştür. Bu durumun şiddetli kuraklık stresine maruz kalan marulda oksidatif zararlanmalara karşı PGPB uygulamalarının olumlu etki gösterdiğini belirlemiştir (Kohler *et al.* 2008). Benzer şekilde kurak ve normal koşullarda yetiştirilen marul bitkisine uygulanan bu bakterilerin glomalin bağlı toprak proteinini (GRSP, Glomalin-Related Soil Protein) şiddetli kuraklık stresinde arttığı bildirilmiştir (Kohler *et al.* 2009b).

Mısır fidelerinde bitkisel hormon miktarı ve prolin birikiminin *Pseudomonas fluorescent* bakteri uygulamaları ile değişimlerinin incelendiği bir çalışmada, %40, 60 ve 75 seviyelerinde yapılan su kısıtlamaları ile prolin birikimi ve absisik asit miktarının arttığı, oksin, gibberellin ve sitokinin miktarının ise azaldığı görülmüştür (Ansary *et al.* 2012). Kuraklık stresinin bitkilerdeki etkilerinin incelendiği başka bir çalışmada, maş fasulyesi tohumlarına uygulanan PGPB ile yaş-kuru ağırlık, vigor indeksi, CAT, POX enzim aktivitesi ile prolin miktarının bakteri uygulanmayan kontrol fidelerine göre arttığı gözlemlenmiş, stresin bitkide oluşturduğu zararın azaltılmasında PGPB uygulamaları ile artan enzim aktivitesinin etkisi olduğu belirlenmiştir (Saravanakumar *et al.* 2011).

Kuraklık stresine maruz kalan ak üçgül bitkilerine uygulanan PGPB'lerin bitkilerde CAT, SOD, APX enzimlerini arttırdığı görülmektedir (Benabdellah *et al.* 2011). Benzer şekilde buğdayda kuraklık stresinin başlangıç aşamasında antioksidan enzim aktivitelerinin azaldığı fakat PGPB uygulamaları ile bu seviyenin arttığı belirlenmiştir (Chakraborty *et al.* 2013).

Farklı kısıntılı sulamaların (%30, %60 ve %90) yapıldığı *Hyoscyamus niger* *Linnaeus* bitkisinde *P. putida* ve *P. fluorescens* bakteri uygulamalarının yaprak ve köklerde SOD, CAT ve POX aktivitelerini arttırdığı özellikle stresin en fazla uygulandığı bitkilerde bu değerlerin daha fazla artış gösterdiği belirlenmiştir (Armada *et al.* 2014). Kuraklık stresine maruz kalmış marul bitkilerine *Pseudomonas mendocina* ve *Glomus intraradices* uygulanması ile bitkide antioksidan enzim aktivitesinin arttığı (Kohler *et al.* 2009c), benzer şekilde ayçiçeği bitkilerinde de kuraklık stresinin olumsuz etkilerinin antioksidan enzim mekanizmasındaki artış ile tolere edildiği gözlemlenmiştir (Sandhya *et al.* 2009). Kurak şartlarda yetiştirilen maş fasulyesi (*Vigna radiata* L.) bitkilerinde stresinin ilerleyen günlerinde bitkilerde CAT, POX ve SOD aktivitelerinde artış görüldüğü en fazla artışın PGPB uygulamasının yapıldığı strese maruz kalan bitkilerde olduğu gözlemlenmiştir (Sarma and Saikia 2014). Buğdayda kuraklık stresinin olumsuz etkilerine karşı bitkide su durumunun muhafaza edilmesini sağlayarak bitki gelişiminin artmasına katkıda bulunan PGPB uygulamalarının %50 ve 25 su kısıtı seviyelerinde verimi %43 arttırdığı bildirilmiştir (Arzanesh *et al.* 2011).

3. MATERİYAL ve YÖNTEM

Bu çalışma; Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri, Tarımsal Yapılar ve Sulama ve Bitki Koruma Bölümleri ile Yeditepe Üniversitesi Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi Genetik ve Biyomühendislik Bölümü'ne ait sera, deneme alanı ve laboratuvarlarda 2012-2014 yılları arasında yürütülmüştür.

3.1. Materyal

3.1.1. Bitki

Çalışmada bitki materyali olarak baş lahana (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *alba* cv. Sarma F1) kullanılmıştır (Şekil 3.1). Farklı toprak ve iklim koşullarına yüksek adaptasyon kabiliyeti olan Sarma F1 çeşidinde iç yapraklar ince ve beyaz renkte olup, baş yapısı çok sıkı ve basıkgörünümdedir. Sofralık bir çeşit olan Sarma F1, özellikle sarmalık olarak kullanılmaktadır.



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan baş lahana çeşidi (Sarma F1) (Orijinal resim)

3.1.2. Deneme alanı, iklim ve toprak özellikleri

Arazi çalışmaları, Erzurum’da Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Araştırma ve Yayım Merkezine ait deneme alanında 2013 yılında 19 Haziran-3 Ekim ve 2014 yılında 15 Haziran-6 Ekim tarihleri arasında yürütülmüştür (Şekil 3.2). Araştırmanın yürütüldüğü deneme alanı 39°56,015' kuzey enlem, 41°14,18' doğu boylam ve 1787 m yükseklikte yer almaktadır. Kış mevsimi oldukça uzun ve soğuk, yaz mevsimi ise serin ve kurak geçmektedir. Gece ile gündüz ve mevsimler arasındaki sıcaklık farkı oldukça fazladır. Deneme yılları ve uzun yıllara ait bazı önemli iklim verileri Çizelge 3.1’de verilmiştir. Tarla denemelerinin yürütüldüğü 2013 ve 2014 yıllarındaki vejetasyon döneminde deneme yağış verileri deneme alanına yerleştirilmiş pülviyometre kullanılarak doğrudan ölçülmüştür. Diğer iklim verileri ise deneme alanına yaklaşık 5 km uzaklıktaki Erzurum meteoroloji istasyonundan temin edilmiştir (Anonim 2016).



Şekil 3.2. Çalışmanın yapıldığı deneme alanı (Orijinal resim)

Çizelge 3.1. Denemenin yürütüldüğü 2013 ve 2014 yıllarında ve uzun yıllar ortalamasında vejetasyon periyoduna ait bazı iklim verileri (Anonim 2016)

Meteorolojik Paraetreler (2013)	Haziran (19-30)	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim (1-3)
Ortalama Sıcaklık (°C)	17	19,4	19,5	13,6	12,9
Ortalama Nispi Nem (%)	51	50,4	45,7	49,8	53,7
Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	1,5	2	1,9	1,6	1,8
Toplam Güneşlenme Süresi (h)	11,4	11,5	10,9	9,1	8,3
Toplam Yağış (mm)	10	7	5	11	4
Buharlaşma (mm)	77,8	238	235,6	157,5	14,3
2014	Haziran (15-30)	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim (1-6)
Ortalama Sıcaklık (°C)	17,2	20,6	21,4	14,7	10,6
Ortalama Nispi Nem (%)	49,9	46,9	39,6	52	66,9
Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	1,7	1,8	1,8	1,4	1,6
Toplam Güneşlenme Süresi (h)	11,2	11,1	9,5	8,1	7
Toplam Yağış (mm)	12	8	13	7	7
Buharlaşma (mm)	105,2	269,3	255	203,2	30,7
1985-2014	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
Ortalama Sıcaklık (°C)	14,9	19,3	19,4	14,6	8
Ortalama Nispi Nem (%)	66,3	58,3	52,1	50,1	51,9
Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	2,1	1,8	1,7	1,4	1,4
Toplam Güneşlenme Süresi (h)	10,4	11	10,5	7,5	7
Toplam Yağış (mm)	46,7	25,8	16,5	22,5	46,8
Buharlaşma (mm)	5,62	7,78	7,48	5,93	4,70

Araştırmanın yürütüldüğü, Atatürk Üniversitesi Tarım İşletme alanı tamamen allüviyal karakterde olup, Karasu nehri civarındaki topraklar hariç, arazinin büyük kısmının toprağı Halosen genç allüviyonlardan oluşmaktadır. Allüviyal materyal bileşimi olarak aglomera, bazalt, volkanik tuf, konglomera ve kireç taşının parçalanma ayrışma ürünlerini içermektedir (Atalay 1978).

Deneme alanı topraklarının deneme öncesi bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla farklı toprak katmanlarından örnekler alınmış, yapılan analizler sonucu belirlenen değerler Çizelge 3.2 ve 3.3'de verilmiştir. Killi tın bünyeli toprakların su tutma kapasiteleri 86,9 mm/60 cm, pH'sı hafif alkali,

elektiriksel iletkenliđi, kireç ve organik madde, yarayıřlı azot ve bor miktarı dűřűk, potasyum, kalsiyum, magnezyum miktarı yeterli ve fazla, fosfor ve demir miktarı orta, bakır, mangan ve çinko yeterli olarak belirlenmiřtir (TOVEP 1991; Kacar 2009).

Çizelge 3.2. Deneme alanı topraklarının deneme öncesi bazı fiziksel özellikleri

Fiziksel Özellikleri	0-30 (cm)	30-60 (cm)
Kil (%)	27,35	25,28
Silt (%)	26,24	28,52
Kum (%)	46,41	46,20
Bünye	Killi Tınlı	Killi Tınlı
Hacim Ağırlığı (g/cm^3)	1,29	1,35
Tarla Kapasitesi (%)	27,27	27,17
Solma Noktası (%)	16,42	16,08

Çizelge 3.3. Deneme alanı topraklarının deneme öncesi bazı kimyasal özellikleri

Kimyasal Özellikler	
pH	7,50
EC (dS/m)	0,47
CaCO_3 (%)	0,66
Organik Madde (%)	1,77
Toplam Azot (%)	0,0091
$\text{NH}_4\text{-N}$ (mg /kg)	39,09
$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg /kg)	78,01
KDK (cmol_c/kg)	23,45
P (cmol_c/kg)	5,83
Ca(cmol_c/kg)	14,13
Mg (cmol_c/kg)	2,39
Na(cmol_c/kg)	0,79
P (mg /kg)	16,56
Fe (mg/kg)	4,01
Cu (mg/kg)	7,86
Mn (mg/kg)	4,86
Zn (mg/kg)	2,71
B (mg/kg)	0,50

3.1.3. Bakteri izolatları

Yapılan bu çalışmada; daha önce yürütülen çeşitli çalışmalarda yabani ve kültür bitkilerinin toprak altı ve toprak üstü kısımlarından izole edilerek yağ asidi metil esterleri göre "Microbial Identification System (MIS)" kullanılarak tanımlanan ve Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümünde Mikroorganizma Kültür Koleksiyonunda muhafaza edilen bakteri izolatları kullanılmıştır. Bu izolatların bir çoğu daha önce yürütülen çalışmalarda fungal ve bakteriyel bitki patojenlerine karşı antagonistik aktiviteleri açısından test edilmiş ve etkili bulunmuşlardır (Kotan 2002; Kotan *et al.* 2004; Kotan and Sahin 2006; Kotan *et al.* 2009; Erman vd 2010; Gökçe 2013; Gökçe ve Kotan 2014). Ayrıca bu izolatların fosfat çözme, azot fiksasyonu (Erman vd 2010; Ekinci *et al.* 2014; Ekinci vd 2015; Esrüngü vd 2015; Sahin *et al.* 2015; Erman vd 2010), hormon ve amino asit üretimi bakımından (Turan *et al.* 2014) enkinlikleri de test edilmiştir. Çok sayıdaki izolatın içerisinde birçok özellikleri dikkate alınarak seçilen toplam 6 bakteri izolatı bu çalışmada kullanılmıştır (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Çalışmada kullanılan bakteri izolatları

İzolat no	Bakteri türü	SIM	Nereden izole edildiği	Azot	Fos fat	Kaynak
TV-6D	<i>Bacillus megaterium</i>	0,750	Buğdaygil	+	+	Erman vd 2010
TV-12H	<i>Bacillus subtilis</i>	0,744	Buğdaygil	K+	-	Erman vd 2010
TV-20E	<i>Bacillus megaterium</i>	0,519	Buğdaygil	+	-	Erman vd 2010
TV-53D	<i>Brevibacillus choshinensis</i>	0,689	Taraxacum	K+	K+	Erman vd 2010
TV-67C	<i>Bacillus pumilus</i>	0,630	Ahududu	-	-	Erman vd 2010
RK-92	<i>Pantoea agglomerans</i>	0,889	Armut	+	K+	Kotan 2002

SIM: Yağ asidi metil esterlerine göre yapılan tanılamadaki benzerlik indeksi, +: Pozitif; -: negatif, K+: Kuvvetli

3.1.4. Sıvı taşıyıcı

Daha önce yürütülen çalışmalar sonucunda; Biomarket Tarımsal Bioteknolojik Ürünler Pazarlama Sanayi ve Ticaret Limitet Şirketi adına, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'dan 02.01.2013 tarih ve 5943 Tescil Numarası ile BM-

MegaFlu isimli bir karışım mikrobiyal gübre tescili almıştır. Bu ürün için sıvı taşıyıcı oluşturulurken Prof. Dr. Recep Kotan tarafından yürütülen çalışmalar sonucunda bakterilerin raf ömrü ve taşıyıcının bitkiye toksik etkisinin olmaması gibi özellikler de dikkate alınarak bazı organik maddeler (deniz yosunu, peynir altı suyu ve bitkisel özütler), su, koruyucu ve homojenizasyonunu sağlayıcı çeşitli maddelerden (carboxymethylcellülose, kalsiyum karbonat, glyserin ve magnezyum sülfat) oluşan bir sıvı taşıyıcı geliştirilmiştir. Bu taşıyıcının pek çok bakteri için raf ömrü açısından uygun bir sıvı taşıyıcı olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmada da bahsedilen ticari ürün için geliştirilen sıvı taşıyıcı kullanılmış olup; taşıyıcıda kullanılan maddelerin oranları ürünün içeriğinin gizliliği açısından verilmemiştir (Kotan 2014).

3.1.5. Bakteri formülasyonları

Çizelge 3.4’de verilen bakteri izolatlarının daha önceki çalışmalarda bitki gelişim parametreleri açısından elde edilen sonuçları ve her bir izolata ait azot fiksasyonu, amino asit, organik asit ve/veya hormon üretim değerleri dikkate alınarak yapılan değerlendirmede farklı bakteri izolatlarından oluşan 4 farklı forülasyon oluşturulmuştur. Bu çalışmada kullanılan bakteri formülasyonlarının içerikleri ve kontrol uygulamaları Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Formülasyonlarda kullanılan bakteri izolatları

Formülasyonlar	Formülasyonda kullanılan bakteri izolatları		
B0 (sıvı taşıyıcı)	-	-	-
B1 (sıvı taşıyıcı + 1 bakteri)	TV-6D		
B2 (sıvı taşıyıcı + 1 bakteri)	TV-12H		
B3 (sıvı taşıyıcı + 3 bakteri)	TV-6D	RK-92	TV-53D
B4 (sıvı taşıyıcı + 3 bakteri)	RK-92	TV-67C	TV-20E

3.2. Yöntem

3.2.1. Bakteri kültürlerinin muhafazası

Her bakterinin 24 saat'lik saf kültüründen bir öze dolusu alınarak, içerisinde 500 µl %30'luk glycerol ve 500 µl LB Broth (1 L dH₂O'ya 10 g tryptone, 10 g NaCl ve 5 g maya ekstraktı extract ilave edilerek hazırlanmıştır) bulunan ağzı vidalı kapaklı 2 ml'lik plastik steril tüplere aktarılarak etiketlenmiş ve karıştırıcıda karıştırılarak daha sonraki çalışmalarda kullanılmak üzere -80°C'de muhafaza edilmiştir.

3.2.2. Taze bakteri kültürlerinin geliştirilmesi

Dondurulmuş bakteri kültürleri Nutrient Agar (NA) besi ortamı içeren petrilere 4 fazlı çizgi ekimle ekilerek herhangi bir kontaminasyonun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Tek bir saf koloniden alınarak yeniden NA besi ortamına ekilerek ve 27°C'de inkübasyona bırakılarak 24 saatlik taze kültürleri elde edilmiştir.

3.2.3. Taze kültürlerinin fermentöre transfer edilmesi

Gelişen taze kültürlerden bir öze dolusu bakteri kültürü agar ortamı yüzeyinden alınarak fermentörde hazırlanan ve daha önce otoklavda 121°C'de 20 dak steril edilmiş Nutrient Broth (NB) içeren sıvı besi ortamına aşılanmıştır. Bu kültürler 26°C'de 24 saat geliştirilmiştir.

3.2.4. Sıvı taşıyıcının biyoreaktörde buharla sterilizasyonu, soğutulması ve fermentör kültürlerinin biyoreaktörde sıvı taşıyıcıya transfer edilmesi

Sıvı besi ortamında geliştirilen bakteriler her bir formülasyonu içeren izolatlardan eşit hacimlerde karıştırılarak oluşturulan bakteri kültürü tamamen organik maddelerden oluşan ve buharla sterilizasyonu yapılan taşıyıcı sıvıya 1:10 oranında

karıştırılarak aşılama yapılmıştır. Bakteri aşılması yapılan organik sıvı taşıyıcılar yatay çalkalayıcı inkübatörde 26°C’de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. Hazırlanan bu biyoformülasyonların bir kısmı denemede kullanılmış bir kısmı ise daha sonra yapılacak analizlerde (raf ömrü ve toplam bakteri sayısı) kullanılmıştır.

3.2.5. Solüsyonlarının uygulanması

Hazırlanan bakteri içerikli biyoformülasyonlar klorsuz kuyu suyu ile 100 kat seyreltilerek hazırlanan bakteri süspansiyonu içerisine 1/40 oranında (kg/L) yapıştırıcı olarak toz şeker ilave edilmiş ve iyice karıştırılarak 1 gece bekletilmiştir. Ertesi gün fideler dikilmeden önce her bir uygulamanın içerisine viyoller daldırılarak 30 dakika bekletildikten sonra dikim yapılmıştır (Şekil 3.3). Geri kalan solüsyon ise 30 kat seyreltilerek fide dikiminden sonra bitkiye can suyu olarak verilmiştir. Kontrol olarak bakteri inokule edilmemiş sıvı taşıyıcı kullanılmıştır.





Şekil 3.3. Fidelere bakteri solüsyonlarının uygulaması (Orijinal resim)

3.2.6. Fide yetiştirme, dikim, bakım ve hasat

Lahana tohumları 1:1 (v:v) oranında torf:perlite karışımı doldurulmuş 216 gözlü (20,48 cm³) strafor fide tepsilerine 2013 yılında 7 Mayıs, 2014 yılında ise 3 Mayıs tarihlerinde yaklaşık 1 cm derinliğe, bir göze 2 tohum gelecek şekilde ekilmişlerdir. Ekimi yapılan fide tepsileri Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümüne ait serada bulunan tezgâhların üzerine yerleştirilmiştir. Ekimden yaklaşık bir hafta sonra çıkış gözlenmiş ve birkaç gün içerisinde her gözde 1 fide kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Ekimden sonra fide gelişimi (Orijinal resim)

Dikim büyüklüğüne gelmiş 5-6 yapraklı fideler (Şekil 3.5) 19.06.2013 ve 15.06.2014 tarihlerinde sıra arası x sıra üzeri 60x50 cm olacak şekilde hazırlanan parsellere dikilmişlerdir. Bakteri uygulaması yapılan viyollerdeki fideler dikimden önce bakteri solüsyonlarında yaklaşık 30 dakika bekletilmişlerdir. Denemenin yürütüldüğü arazi sonbaharda derin işlenmiş ilkbaharda ise yüzeysel işlenerek freze ile kesekler kırılıp tesviye işleminden sonra 3,0×2,5 m ebatlarında 60 parsel hazırlanmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.5. Dikim büyüklüğüne gelmiş lahana fideleri (Orijinal resim).



Şekil 3.6. Deneme alanının hazırlanması (Orijinal resim)

Denemede fide dikiminden önce yapılan toprak analizlerine göre, azot ve fosfor gübrelemesi yapılmıştır. Azotlu gübreler analiz sonucunda topraktaki miktar dikkate alınarak, dekara 16 kg gelecek şekilde üre (%44), yarısı dikimden önce kalan yarısı ise dikimden 30 gün sonra tüm parsellere uygulanarak toprağa karıştırılmıştır. Fosforlu gübreler dekara 10 kg gelecek şekilde triple süper fosfat (%46 P_2O_5) formunda dikimden önce parsellere uygulanmıştır (Şalk *et al.* 2008).

Deneme tesadüf parselleri faktöriyel deneme desenine göre 4 sulama düzeyi (S1, S2, S3 ve S4), kontrol (bakteri uygulaması yok) ile birlikte toplam 6 bakteri ırkından oluşan 4 farklı bakteriyel biyoformülasyon ve 3 tekerrür olmak üzere toplam 60 parselde ve her tekerrürde 25 bitki olacak şekilde yürütülmüştür. Yetiştirme dönemi içerisinde yabancı ot, yaprak biti ve lahana kelebeğine karşı düzenli olarak mücadele edilmiştir (Şekil 3.7, Şekil 3.8, Şekil 3.9).



Şekil 3.7. Yabancı otlarla mücadeleden bir görünüm (Orijinal resim)



Şekil 3.8. Lahana yapraklarında yaprak biti (Orijinal resim)



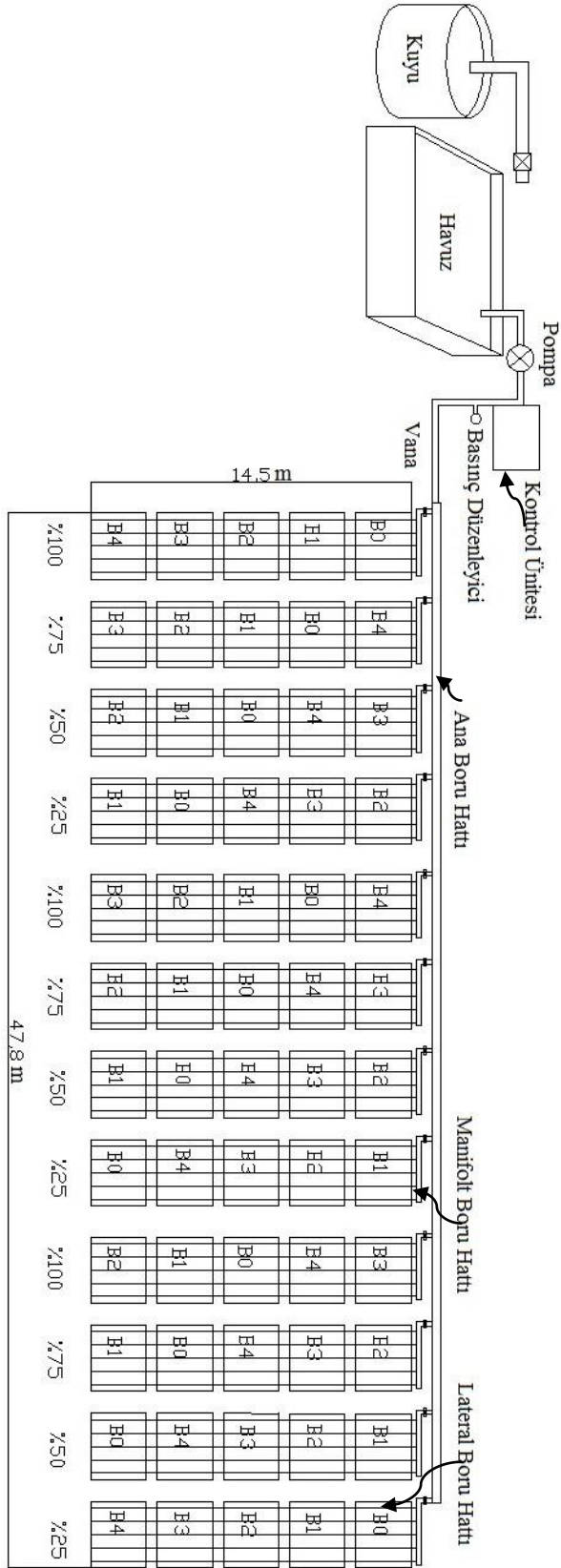
Şekil 3.9. Lahana yapraklarında lahana keleşi (Orijinal resim)

3.2.7. Sulama uygulamaları

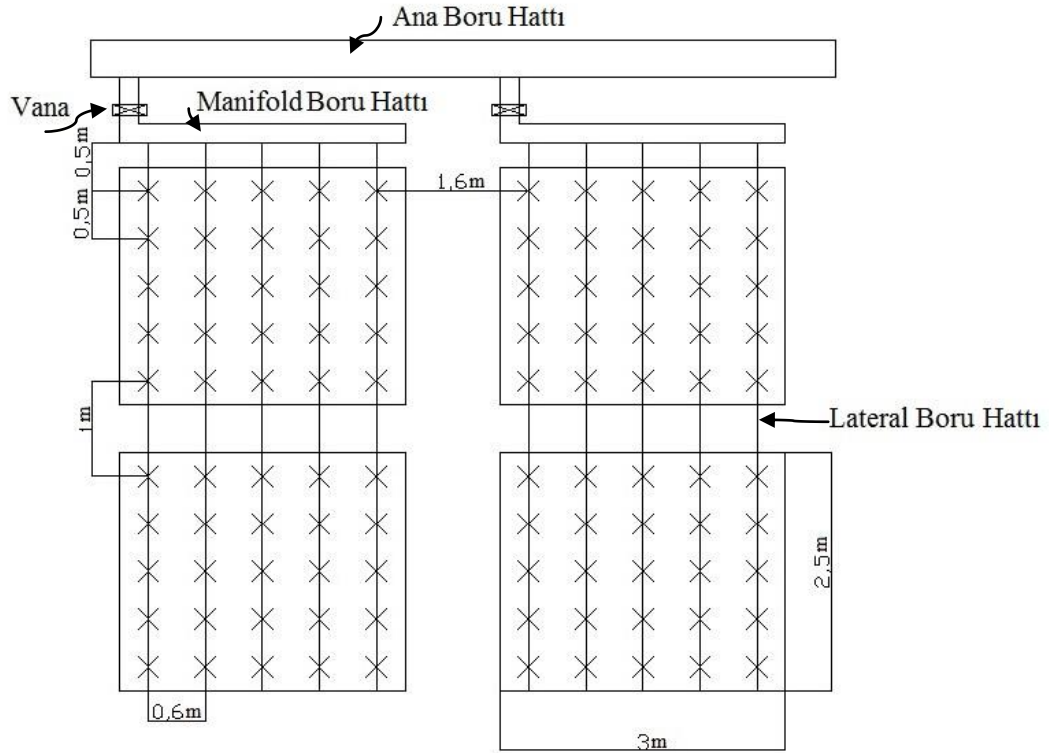
Tuzluluk ve sodyumluluk problemi olmayan yeraltı suyu ($\text{pH} = 7,40$, elektriksel iletkenlik = $0,29 \text{ dS/m}$ ve sodyum absorpsiyon oranı = $0,44$), dinlendirme havuzundan (Şekil 3.10) bir pompa ile alınarak deneme parsellerine damla sulama sistemiyle uygulanmıştır. Damla sulama sistemi kontrol ünitesi (elek filtre, vanalar ve basınç düzenleyici) ve boru hatlarından (ana, manifold ve lateraller) oluşturulmuştur (Şekil 3.11 ve 3.12). 16 mm çaplı lateral borular 5 sıra halinde olacak şekilde parsellere yerleştirilmiştir. Laterallerdeki damlatıcılar in-line tipte, 50 cm aralıklı ve $0,1 \text{ MPa}$ işletme basıncında debileri 4L/h 'dir. Lateral borulara su girişi laterallerin bağlandığı manifold borular üzerindeki vanalarla kontrol edilmiştir.



Şekil 3.10. Deneme alanının sulanmasında kullanılan havuz (Orijinal resim)



Şekil 3.11. Deneme deseni ve damla sulama sisteminin şematik planı



Şekil 3.12. Bir deneme parselinin ayrıntısı ve ölçüleri

2013 yılında 24 Temmuz, 2014 yılda ise 20 Temmuz tarihine kadar su kısıtı uygulanmamış, söz konusu tarihlerden itibaren kısıtların uygulandığı planlı sulamalara geçilmiştir. Her yıl dikimden planlı sulamalara kadar dikimle birlikte haftada bir sulamalar yapılmıştır, kontrol (bakteri uygulanmamış) parsellerde burgu ile 60 cm derinlik dikkate alınarak 0-30 ve 30-60 cm katmanlarından alınan toprak örneklerinin mevcut nemleri gravimetrik yöntemle belirlenmiş ve mevcut nemi tarla kapasitesine getirecek kadar su dikkate alınarak tüm parseller eşit düzeyde sulanmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Deneme parsellerinden toprak örneklerinin burgu ile alınması (Orijinal resim).

Planlı sulama döneminde ise yine kontrol parsellerinde 60 cm etkili kök derinliğindeki 0-30 ve 30-60 cm toprak katmanlarındaki nemler ölçülerek toprakta yarayışlı suyun %45'i tüketildiğinde sulamalar yapılmıştır. Bu sulamalarda kısıt konularına %100 (S1) sulanan parsellere uygulanan suyunun %75 (S2), 50 (S3) ve 25 (S4)'i seviyelerinde sulama suyu uygulanmıştır. Sulamalar sezon sonuna kadar bu şekilde sürdürülmüştür.

Sulama zamanının yaklaşık belirlenmesi amacıyla kontrol parsellerinde anlık toprak nemi sıra aralarına denk gelecek şekilde 25 cm derinliğe yerleştirilen ve deneme alanına kalibre edilmiş manometreli tansiyometreler aracılığıyla sürekli olarak izlenmiştir (Şekil 3.14). Manometre değeri yarayışlı suyun %45'inin tüketildiği seviyeye karşılık gelen yaklaşık değere ulaştığında sulamalar yapılmıştır. Ayrıca tüm parsellerde toprakta nem ölçümleri sezon başı, sezon sonu ile her sulamadan önce etkili kök derinliği dikkate alınarak 0-30 ve 30-60 cm derinlikteki tabakalardan alınan toprak örnekleri kullanılarak gravimetrik yöntemle belirlenmiştir.



Şekil 3.14. Kontrol parsellerine yerleştirilen tansiyometreler (Orijinal resim).

Gravimetrik yöntemle belirlenen toprak nemi değerleri göz önüne alınarak su bütçesi esasına göre (Allen 1998) aşağıdaki eşitlik yardımıyla her uygulama için sezonluk su tüketimleri ayrı ayrı hesaplanmıştır.

$$ET = I + R + Cp - Dp - Rf \pm \Delta S$$

Eşitlikte;

ET	=Bitki su tüketimi (mm)
I	=Uygulanan sulama suyu miktarı (mm)
R	=Yağış (mm)
Cp	=Kök bölgesi altından kapılar yükselme (mm)
Dp	=Kök bölgesi altına derine sızma kayıpları (mm)
Rf	=Yüzey akış kayıpları (mm)
ΔS	=Toprak profilindeki nem miktarı değişimi (mm)

Eşitlikteki I değeri, uygulanan sulama suyu verilerinden, R değeri deneme alanındaki pülviyometreden ölçülen verilerden ve ΔS toprak nemi ölçüm verilerinden belirlenmiştir. Deneme alanında deneme sürecinde yeraltı suyu derinde olduğundan kapılar yükselme söz konusu olmamış, sulamalar damla sulama yöntemiyle kontrollü yapıldığından yüzey akış gözlenmemiştir. Yağış ve sulama suyunun tarla kapasitesini aşan kısmı olmadığından derine sızma da sıfır alınmıştır.

Konulara uygulanan sulama suyu miktarının hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır.

$$I = (TK-MN) \times Y_s \times D \times P \times SS/10$$

I	=Uygulanan sulama suyu miktarı (mm)
TK	=Tarla kapasitesinde tutulan nem (%)
MN	=Kontrol parsellerinde ölçülen mevcut nem (%)
Y _s	=Toprağın hacim ağırlığı (g/cm ³)
D	=Etkili kök derinliği (cm)
P	=Örtü oranı
SS	=Sulama seviyesi

Örtü oranı planlı sulama döneminde bitki ortalama taç genişliğinin bitki sıra aralığına bölümüyle belirlenmiş, damla sulamanın doğası gereği su tasarrufunu teşvik amacıyla 0,70'de sabitlenmiştir. Bu dönemde örtü oranı 0,30'un altına düşmemiştir. Planlı sulama dönemi öncesinde alanın tamamı ıslatılacak şekilde sulamalar gerçekleştirilmiştir. Sulama seviyesi olarak planlı sulama dönemi öncesi 1 katsayısı dikkate alınmış, planlı sulama döneminde ise sulama seviyeleri %100, %75, %50 ve %25 sulama konuları için sırasıyla 1, 0,75, 0,50 ve 0,25 olarak alınmıştır. Planlı sulama dönemi öncesinde tüm konulara 2013 yılında 118,4 mm, 2014 yılında 68,3 mm sulama suyu uygulanmıştır. Planlı sulama döneminde konulara uygulanan toplam sulama suyu miktarları da %100, 75, 50 ve 25 konuları için sırasıyla 2013 yılında 369,6 mm, 277,2 mm, 184,8 mm ve 92,4 mm, 2014 yılında 418,4 mm, 313,8 mm, 209,2 mm ve 104,6 mm olmuştur.

Su verimliliğini değerlendirmek için sezonluk ET ve I ile verim değerleri kullanılarak su kullanım etkinliği ve sulama suyu kullanım etkinliği aşağıdaki eşitlikler kullanılarak belirlenmiştir (Howell 2001);

$$WUE = Y/ET$$

$$IWUE = Y/I$$

Eşitliklerde;

WUE =Su kullanım etkinliği (kg/m³)

IWUE =Sulama suyu kullanma etkinliği (kg/m³)

Y =Pazarlanabilir verim (kg/da)

ET =Sezonluk bitki su tüketimi (mm)

I =Sezonluk sulama suyu miktarı (mm)

Ayrıca iki yıllık sonuçlar lineer regrasyon yaklaşımı ile değerlendirilerek su verim ilişkileride analiz edilmiştir.

3.3. Bitkide Yapılan Ölçüm ve Analizler

Pazarlanabilir ebada gelmiş sıkı baş oluşturmuş lahana bitkileri (Şekil 3.15) bütün parsellerde kenar tesiri bırakıldıktan sonra ortada kalan bitkilerden tesadüfen seçilen 5 bitki alınarak (Şekil 3.16) Bahçe Bitkileri Bölümüne ait laboratuvarlara getirilmiştir. Hasat öncesi ve hasat sonrası yapılan ölçüm, tartım ve gözlemler aşağıda belirtildiği şekliyle gerçekleştirilmiş, elde edilen örneklerin biyokimyasal analizleri Şekil 3.17'deki labaratuvarlarda incelenmiştir.



Şekil 3.15. Hasat döneminde sıkı baş oluşturmuş lahana bitkisi (Orijinal resim)



Şekil 3.16. Hasadı yapılmış lahana bitkileri (Orijinal resim)



Şekil 3.17. Analizlerin yapıldığı laboratuarlardan bir görünüm (Orijinal resim)

3.3.1. Toplam bitki ağırlığı

Toprak yüzeyinden sökülen bitkiler bütün olarak tartılarak beş bitkinin ortalama ağırlığı g olarak belirlenmiştir.

3.3.2. Baş ağırlığı

Pazarlanabilir başlar tartılarak beş bitkinin ortalama ağırlığı g olarak belirlenmiştir.

3.3.3. Baş yüksekliği

Dış yapraklardan temizlenen başın alt ve üst kısmı arasındaki mesafe kumpas ile ölçülüp cm olarak belirlenmiştir.

3.3.4. Baş çapı

Dış yapraklardan temizlenen başın en geniş kısmı kumpas ile ölçülüp cm olarak tespit edilmiştir.

3.3.5. Gövde çapı

Gövdenin ortasından kumpas ile ölçülüp mm olarak belirlenmiştir.

3.3.6. Açık yaprak sayısı

Hasat edilen bitkilerde baş sarmayan yapraklar adet olarak sayılıp ortalaması alınmıştır.

3.3.7. Zarar görmüş dokuların oranı (Hasar indeksi)

Tüm bitkiler kuraklık stresi sonrası aşağıdaki skalaya göre (Kuşvuran 2010) sınıflandırılmışlardır;

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

3.3.8. Doku oransal su içeriği

Her bir uygulamada hayatta kalan bitkiler arasında tesadüfen seçilen 2 bitkiden alınan yaprak diskleri (1 cm çapında) hemen tartılmış ve böylece taze ağırlıkları tespit edilmiştir (TA). Tartıldıktan sonra diskler içerisinde bir miktar saf su bulunan petri kaplarının içerisinde konularak 5 saat boyunca bekletilmiş ve sonra disklerin üzerindeki fazla su kurutma kâğıdı yardımıyla silinerek tekrar tartılmış ve turgorlu ağırlıkları tespit edilmiştir (TU). Daha sonra bu diskler, petrilerin içerisinde konularak 72°C'ye ayarlanmış olan etüvde 48 saat boyunca kurutularak yeniden tartılmış ve kuru ağırlıkları tespit edilmiştir (KA). Doku oransal su içeriği Kaya *et al.* (2003)'de belirtilen aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{Doku Oransal Su İçeriği} = [(TA - KA) / (TU - KA)] \times 100$$

3.3.9. Verim

Hasat döneminde her bir parseldeki bitkilerin kenar tesiri dikkate alınarak ortada kalan bitkiler hasat edilip, pazarlanabilir başlar hassas terazi ile tartıldıktan sonra dekar (kg/da) üzerinden hesaplanmıştır.

3.3.10. Fotosentez hızı, terleme ve stoma iletkenliği

Her bir parseldeki 5 bitkinin pazarlanabilir baş oluşumuna katılmayan en son gelişmiş 3 yaprağı üzerinde LI-6400XT (LI-COR, USA) portatif fotosentez ölçer kullanılarak fotosentez hızı, terleme ve stoma iletkenliği ölçümleri yapılmıştır (Şekil 3.18). Ölçüm sırasında küvette yaprak sıcaklığı 20°C, nispi nem %55, ışık şiddeti 1000 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ve CO₂ konsantrasyonu 400 ppm olarak ayarlanmıştır.



Şekil 3.18. LI-6400XT portatif fotosentez ölçer cihazı ile yapılan ölçümler (Orijinal resim).

3.3.11. Prolin analizi

Bitki örneklerin prolin miktarının belirlenmesinde Aristoy and Toldra (1991), Antoine *et al.* (1999)'da verilen yöntemler (HPLC yöntemi) esas alınmıştır. Örneklerin prolin miktarının belirlenmesinde tek dedektörlü (UV) ve Zorbax Eclipse-AAA 4.6 x 150 mm, 3,5 μ mol (Agilent PN 963400-902) kolonlu Agilent 1200 model HPLC kullanılmıştır. Prolin için türevlendirme solüsyonu olarak OPA (ortho-phthalaldehyde) ile FMOG (9-fluorenylmethyl chloroformate), tampon çözelti olarak ise 0,4 N Borate (Agilent PN 5061-3339) (pH'sı 10,2) kullanılmış, UV dedektörde prolin miktarları belirlenmiştir.

3.3.12. Hidrojen Peroksit (H₂O₂) analizi

Özden vd (2009)'da verilen yöntem esas alınarak yapılan H₂O₂ analizinde her bir tekerrürden tesadüfi olarak seçilen bitkilerden alınan toplam 0,25 g yaş yaprak örneği buz üzerinde soğutulmuş porselen havan içerisinde 3 ml %0,1'lik TCA ile ekstrakt edilmiştir. Daha sonra ekstraktlar 2 ml'lik ependorf tüplere konulmuştur ve soğutuculu santrifüj de 4°C'de 10.000 g'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Daha sonra 15 ml hacimli tüplere sırası ile 100 μ L supernatant, 100 μ L K-P tampon çözeltisi ve 1,5 ml KI (Potasyum Iodide) konulmuştur. Örneklerin absorbansı karıştırıcıda 30 sn çalkalandıktan sonra spektrofotometrede 390 nM'de okunmuştur. Kör numune olarak supernatant yerine saf su kullanılmıştır ve diğer işlemler aynı şekilde tekrarlanmıştır. Değişik yoğunlukta H₂O₂ içeren çözeltilerin yardımıyla standart eğri oluşturulmuş ve örneklerin H₂O₂ miktarı hesaplanmıştır.

3.3.13. Malondialdehid (MDA) analizi

Hayatta kalan bitkiler arasından tesadüfen seçilen 2 bitkiden 0,25 g yaş yaprak örneği alınarak buz üzerindeki porselen havan içerisinde 5 ml %0,1'lik TCA ile ekstrakt edilmiştir. Ekstraktlar tüplere yerleştirilerek 25°C'de 6000 g'de 5 dakika santrifüj edilmiştir. Daha sonra 1 ml supernatantdan alınıp üzerine 4 ml %20'lik

TCA içeren %0,5'lik TBA eklenmiştir. Test tüpleri 95-100°C'deki su banyosunda 30 sn bekletildikten sonra 5-10 dak. boyunca buz içerisine konulmuştur. Daha sonra 30 saniye boyunca karıştırıcıda çalkalanmış ve oda sıcaklığına gelmesi beklenmiştir. Karışımdan alınan örneğin absorbansı spektrofotometrede 450, 532 ve 600 nM'lerde okunmuştur. Kör numune olarak supernatant yerine 1 ml saf su konulmuştur ve diğer işlemler aynı şekilde tekrarlanmıştır. Örneklerin MDA verileri aşağıda belirtilen formüle göre (Zhang *et al.*2005) hesaplanmıştır.

$$\text{MDA } (\mu\text{mol g}^{-1} \text{ taze ağırlık}) = 6,45 \times (A_{532} - A_{600}) - 0,56 \times A_{450}$$

3.3.14. Toplam fenolik madde analizi (Folin-Ciocalteu Yöntemi)

Bu yöntem antioksidanların toplam fenolik miktarını ölçmek için geliştirilmiştir (Singleton ve Rossi 1965; Singleton *et al.* 1999). Yöntemde kullanılan CuSO_4 (Bakır (II) sülfat) alkali ortamda protein veya antioksidan ile kompleks yapar. Folin fenol reaktifi (fosfo molibdik fosfotungstik asit) eklendiğinde, folin reaktifi proteine bağlanır. Protein veya antioksidanla Cu (II)'nin reaksiyonundan açığa çıkan Cu (I) olasılıkla molibdatotungstat ayıracını heteropoli mavisine indirger ve rengi sarıdan maviye dönüşür. Reaksiyon tamamlanınca 750 nm'de örnek absorbansları ölçülür. Bitki örneklerinin toplam fenolik miktarları gallik asit eşdeğeri olarak hesaplanır. Gallik asit için doğru denklemi (kalibrasyon denklemi) aşağıdaki gibidir.

$$y = \varepsilon_{\text{Folin-Ciocalteu}} - 0,0545 (R^2 = 0,9979)$$

Tüm hesaplamalarda Gallik asit için $\varepsilon_{\text{Folin-Ciocalteu}}$ (molar absorblama katsayısı) değeri $3,25 \times 10^3$ kullanılmıştır.

3.3.15. Antioksidan enzim (APX, SOD ve POD) analizi

Enzimlerin ekstraksiyonu için, taze bitki yapraklarından 0,5 g alınarak havan içine konulup üzerine sıvı azot ilave edilerek toz haline gelinceye kadar öğütülmüştür. Sonra üzerine 5 ml soğuk homojenat tamponu (%1 PVP ve 1 mM EDTA ihtiva eden 0,1 M KH_2PO_4 pH: 7,0) ilave edilmiş ve karışım bir santrifüj tüpüne aktarılarak 15000g ve +4°C'de 15 dak. santrifüj edilmiştir. Santrifüj işlemi sonucunda elde edilen süpernatant antioksidan enzimlerin aktivite ölçümleri için kaynak olarak kullanılmıştır (Angelini and Federico 1989; Angelini *et al.* 1990).

3.3.15.a. Askorbat Peroksidaz (APX - EC: 1.11.1.11) enzim aktivitesi

Askorbat peroksidaz (APX) enzim aktivitesi Wang *et al.* (1991)'nin metoduna göre belirlenmiştir. Kontrol ve stres grubuna ait bitkilerden alınan taze yapraklar (0,5 g) sıvı azotta havanda ezildikten sonra 50 mM Tris-HCl (pH 7,2), %2 PVP, 1mM Na_2EDTA ve 2mM askorbat içeren 1,5 ml'lik süspansiyon çözeltisine eklenmiştir. Bu karışım +4°C'de 12000 rpm'de 20 dakika santrifüjlendikten sonra 75 µg protein içeren enzime 50 mM potasyum fosfat tamponu (pH 6,6), 2,5 mM askorbat ve 10 mM H_2O_2 ile son hacim 1 ml olacak şekilde ilave edilmiştir. H_2O_2 'nin eklenmesi ile reaksiyon başlatılmıştır. Askorbatın okside olması nedeniyle askorbat konsantrasyonunda azalma görülmektedir. Bu azalma spektrofotometrik olarak 290 nm dalga boyundaki absorbans değerlerinin enzim özütü içermeyen reaksiyon çözeltisine karşılık kaydedilmesiyle değerlendirilmiştir. Toplam APX enzim aktivitesi, askorbatın ekstinksiyon katsayısı ($2,8 \text{ mMcm}^{-1}$) kullanılarak başlangıç hızından ($\text{nmol askorbat dak.}^{-1}\text{mg protein}^{-1}$) hesaplanmıştır.

3.3.15.b. Süperoksid dismutaz (SOD – EC: 1.15.1.1) enzim aktivitesi

SOD aktivitesi, nitro blue tetrazoliumun (NBT) fotokimyasal indirgenmesinin inhibisyonunu, spektrofotometrik olarak belirleme esasına dayanmaktadır (Agarwal and Pandey 2004; Yordanova *et al.* 2004).

Reaksiyon karışımı (3ml); 50 mM KH₂PO₄ (pH:7,8), 13 mM metiyonin, 75 µM NBT ve 0,1 mM EDTA içermektedir. Aktivite ölçümü için 3 ml spektrofotometre küvetine yukarıdaki reaksiyon karışımından 2,84 ml alınıp ve üzerine 100 µl enzim ekstraktı pipetlenmiştir. Reaksiyon, tüp üzerine 2 µM'lık riboflavin çözeltisinden 60 µl pipetlenip karıştırıldıktan hemen sonra, beyaz bir ışık kaynağı önüne yerleştirmek suretiyle başlatılmıştır. Tüp, ışık kaynağının karşısında 15 dk tutularak, NBT'nin renk açılma yoğunluğu 560 nm'de köre karşı okunmuştur. SOD aktivitesinin 1 ünitesi, 560 nm'de gözlenen NBT indirgenmesinin %50 inhibisyonuna neden olan enzim miktarı, 1 enzim ünitesi olarak kabul edilip değerler EU/g yaprak olarak hesaplanmıştır.

$$\text{SOD (EU/g yaprak)} = ((5\text{ml homejanat} / 0,5\text{g yaprak}) / 100\mu\text{l alınan homejanat}) \times 2 \\ \times (\text{Örnek Abs. değeri} / \text{Kör Absorbans değeri}) \times 2$$

$$\text{SOD (EU/g yaprak)} = 200 \times (\text{Örnek Absorbans Değeri} / \text{Kör Absorbans Değeri})$$

3.3.15.c. Peroksidaz (POD - EC: 1.11.1.7) enzim aktivitesi

Peroksidaz (POD) aktivite tayini, guaikol H₂O₂'nin substrat olduğu reaksiyonun ürünü olan renkli bileşiğin meydana getirdiği absorbans artışının 470 nm'de izlenmesi esasına dayanmaktadır (Angelini *et al.* 1990).

Aktivite ölçümü için spektrofotometre küvetine; 100 ml 0.1 M, NaH₂PO₄ (pH;5,5) ve 5 mM guajikol içeren substrat çözeltisinden 3 ml konulduktan sonra, üzerine 10 µl enzim ekstraktı ilave edilmiştir. 470 nm'de 5 dakika boyunca absorbans artışı 1 dakika aralıklarla kaydedilip absorbansın doğrusal olarak arttığı kısımdaki absorbans artışı 1 dakikaya oranlanmıştır. 25°C'de 1 dakikada, absorbansı 0,01 artıran enzim miktarı 1 enzim ünitesi olarak kabul edilip sonuçlar g yaprak başına düşen enzim ünitesi (EU/g yaprak) olarak ifade edilmiştir (Yee *et al.* 2002).

$$\text{POD (EU/g yaprak)} = ((5 \text{ ml homejanat} / 0,5\text{g yaprak}) / 10\mu\text{l alınan homejanat}) \times 2 \\ \times (1 / 0,01) \times \text{Abs. değeri} = 1000 \times 100 \times \text{Absorbans değeri}$$

3.3.16. Hormon (absisik asit, gibberellik asit, salisilik asit ve indol asetik asit) analizi

Ekstraksiyon ve saflaştırma işlemleri; Kuraishi *et al.* (1991) ve Battal ve Tileklioğlu (2001), metotlarına göre ve üç tekrarlı olarak yapılmıştır. Derin dondurucudan çıkarılan küçük parçalar halindeki örnekler sıvı azot içerisinde bir havan yardımıyla toz haline getirilmektedir. Toz haline getirilen örnekler üzerine -40°C’de bekletilen %80’lik metanol ilave edilerek (Davies 1995) ve 10 dk. ultra doku parçalayıcıda (Ultrasonic Processor, Jencons LTD.) homojenize edildikten sonra, +4°C’de ve karanlıkta 24 saat homojenize yapılmıştır. Örnekler Whatman No:1 filtre kâğıdından süzülüp supernatant alındıktan sonra kalan parçalar tekrar aynı işlemlere tabii tutularak ve sonra her iki supernatant birleştirilmiştir. Birleştirilen supernatantlar tekrar 0,45 µml’lik PTFE filtrelerinden (Cutting 1991) geçirilip bir evaporator pompası yardımıyla 35°C’de kurutulmuştur. Kurutulan ekstraktlar 0.1 molarlık KH₂PO₄ (pH 8) tamponunda tekrar çözülmeye tabi tutulmuştur. Çözünen ekstraktlarda bulunan yağ asitlerini ayırmak için örnekler 1 saat 4°C’de 5000 rpm’de sanrifüj (Hermle Z 320 K) edilmiştir (Palni *et al.* 1983). Supernatant otomatik pipetle tüplerden alınarak bir beher içerisine bırakılmıştır. Fenolik bileşikleri ve renk maddelerini ayırmak için (Qamaruddin 1996; Chen 1991; Kovac and Zel 1994), her örneğe ait 1 gramlık çözünmeyen Polivinilpolipirilidon (PVPP, Sigma) hazırlanarak süpernatantın bulunduğu beher içerisine bırakılıp, iyice karıştırılmıştır (Money and Staden 1984; Hernandez-Miana 1991).

PVPP’nin hazırlanması; 1 gram çözünmeyen PVPP bir beher içerisine bırakılıp üzerine 30 mM asetik asit konarak süspansiyon şeklinde iyice karıştırıldıktan sonra süzölmüştür. Tekrar üç kat hacimdeki asetik asitle yıkanıp süzöldükten sonra kullanılmıştır.

PVPP ile karıştırılan süpernatant Whatman No:1 filtre kâğıdından süzülerek PVPP'den ayrılması sağlanmıştır. Ekstrakt alınarak ya hemen ya da daha sonra kullanılmak üzere -40°C 'de saklanmıştır (Cheikh and Jones 1994). Daha spesifik ayırma yapabilmek için Sep-Pak C18 (Waters) kartüjleri kullanılır (Machackova *et al.* 1993). Kartüjler kullanılmadan önce aşağıdaki açıklandığı şekilde şartlandırma işlemi yapılmıştır.

Şartlandırma işlemi: Kartüjler önce 5 ml %80'lik metanolden geçirildikten sonra, 5 ml saf suyla yıkanmak suretiyle hazırlanmıştır. Süpernatantlar (dondurulmuşsa çözünmesi beklendikten sonra) 5 ml şırıngalarla şartlandırılmış Sep-Pak C18 kartüjlerinden (1 ml/dak) geçirilmiştir.

Kartüjler tarafından adsorbe edilen hormonlar %80'lik metanolde (1 g taze örnek için 3 ml) çözmek suretiyle küçük şişelere alınmıştır. Küçük şişelere alınan numuneler HPLC analizleri için kullanılmıştır (Qamaruddin *et al.* 1996).

Yapılan bu çalışmada; indol asetik asit, gibberellik asit, salisilik asit ve absisik asit analizlerinde HPLC kullanılmıştır (Horgan and Kramers 1979; Koshimizo and Iwamura 1986; Morris *et al.* 1990).

3.3.17. Organik asit (süksinik, fumarik, maleik sitrik, laktik, malik ve bütirik asit) analizi

Organik asitlerin analitik ölçümünde 0,5 g bitki alınarak homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekler 0,45 µml'lik filtrelerden geçirilerek hacimli cam şişelere aktarılmıştır. Viallere aktarılan örnekler, mobil faz olarak 1ml/dk akış hızında HPLC'de yürütülmesi ile süksinik, fumarik, maleik sitrik, laktik, malik ve bütirik asit değerleri belirlenmiştir.

3.3.18. Besin elementlerinin (N, P, K, Ca, Mg, Zn, Fe, Cu, Mn) analizi

Bitki örneklerinin N, P, K, Ca, Mg, Zn, Fe, Cu ve Mn miktarları nitrik asit-hidrojen peroksit (2:3) asit ile 3 farklı adımda (1. adım; 145°C'de %75 mikrodalga gücün de 5 dakika, 2. adım; 180°C'de %90 mikrodalga gücün de 10 dakika ve 3. adım 100°C'de %40 mikrodalga gücün de 10 dakika) 40 bar basınca dayanıklı mikrowave yaş yakma ünitesinde (speedwave MWS-2 Berghof productts + Instruments Harresstr.1. 72800 Enien Gernmany) yakmaya tabi tutulduktan (Mertens 2005a) sonra ICP OES spektrofotometresinde (Inductively Couple Plasma spectrophotometer) (Perkin-Elmer, Optima 2100 DV, ICP/OES, Shelton, CT 06484-4794, USA) okunmak suretiyle belirlenmiştir (Mertens 2005b).

3.4. Toprakta Yapılan Ölçüm ve Analizler

Araştırma alanı topraklarının bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesi için, denemeye başlanmadan önce deneme alanındaki profilde 0-30 ve 30-60 cm'lik toprak katmanlarından bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örneklerinde hacim ağırlığı, tarla kapasitesi ve solma noktasında tutulan nemler ve bünye sınıfı belirlenmiştir (Çizelge 3.2) Ayrıca deneme başlangıcında, denemenin yürütüleceği alandan alınan toprak örneklerinde pH, EC (dS/m), CaCO₃ (%), organik madde (%), toplam azot (%), NH₄-N (mg/kg), NO₃-N (mg/kg), KDK (cmol_c/kg), K (cmol_c/kg), Ca (cmol_c/kg), Mg (cmol_c/kg), Na (cmol_c/kg), P (mg/kg), Fe (mg/kg), Cu (mg/kg), Mn (mg/kg), Zn (mg/kg) ve B (mg/kg) parametrelerine bakılmıştır (Çizelge 3.3).

İlave olarak, hasat döneminde tüm parsellerin kök bölgesinden bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır (Şekil 3.19). Topraklar 2 mm'lik elekten geçirildikten sonra kimyasal analizleriyapılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.19. Deneme bitiminde bitki kök bölgesinden toprak örneklerinin alınması (Orijinal resim)



Şekil 3.20. Toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal analizlerinin yapılması (Orijinal resim)

3.4.1. pH

Toprak pH'sı 1:2.5'luk toprak-su süspansiyonunda Potansiyometrik olarak "Cam Elektrotlu" pH metre ile ölçülmüştür (McLean 1982).

3.4.2. Kireç (CaCO_3) miktarı

Toprakların kireç miktarları Scheibler Klasimetresi ile volümetrik olarak saptanmıştır (Nelson 1982).

3.4.3. Organik madde miktarı

Toprakların organik madde miktarları Smith-Weldon yöntemiyle belirlenmiştir (Nelson and Sommer 1982).

3.4.4. Fosfor miktarı

Sodyum bikarbonatla ekstrakte edilen süzüklerde ICP-OES Inductively Couple Plasma spectrophometer (Perkin-Elmer, Optima 2100 DV, ICP/OES, Shelton, CT 06484-4794, USA) ile okunmak suretiyle belirlenmiştir (Olsen and Summer 1982).

3.4.5. Değişebilir katyonlar

Toprakların değişebilir katyonları Amonyum Asetatla (1 N, pH=7.0) çalkalanıp ekstrakte edildikten sonra K, Ca ve Mg ICP-OES Couple Plasma spectrophometer (Perkin-Elmer, Optima 2100 DV, ICP/OES, Shelton, CT 06484-4794, USA) ile okunmak suretiyle belirlenmiştir (Rhoadas 1982b).

3.4.6. Bitki tarafından alınabilir mikro element (demir, mangan, çinko, bakır) miktarı

Elverişli demir, mangan, çinko ve bakır miktarları DTPA yöntemine göre ekstrakte edilen ICP-OES Couple Plasma spectrophometer (Perkin-Elmer, Optima 2100 DV, ICP/OES, Shelton, CT 06484-4794, USA) ile okunmak suretiyle belirlenmiştir (Lindsay and Norvell 1978).

3.4.7. Tekstür

Toprakların tekstürleri Bouyoucus Hidrometre yöntemiyle belirlenmiştir (Gee and Hortage 1986).

3.4.8. Hacim ağırlığı

100 cm³ hacime sahip silindirlerle alınan bozulmamış toprak örneği, ağırlığı sabitleşinceye kadar 105°C’de kurutulduktan sonra soğutulup tartılmış, dara dikkate alınarak toprak ağırlığı silindirin iç hacmine bölünerek hesaplanmıştır (Kara 2005).

3.4.9. Tarla kapasitesinde tutulan nem

Basınç tablası kullanılarak 1/3 atmosferlik basınç altında, toprak örneğinde tutulan su miktarı olarak bozulmamış toprak örneklerinde tayin edilmiştir (U. S. Salinity La. Staff. 1954).

3.4.10. Solma noktasında tutulan nem

Basınç tablası kullanılarak 15 atmosferlik basınç altında, toprakta tutulan su miktarı olarak bozulmuş toprak örneklerinde saptanmıştır (U.S. salinity La. Staff. 1954).

3.4.11. Toprak bünyesi

Kum, silt ve kil fraksiyonlarının yüzde oranları belirlenmiş, bu fraksiyonların yüzdelere göre toprak örneklerinin sınıflandırılmasında bünye üçgeninden yararlanılmıştır (Bouyoucos 1951; Millar *et al.*1966).

3.4.12. Katyon değişim kapasitesi

Toprakların katyon değişim kapasiteleri, örneklerde sodyum asetatla (1 N, pH=8,2) sodyum adsorbsiyonu sağlandıktan sonra, amonyum asetatla (1 N, pH=7,0) ekstrakstrakte edilen solüsyonlarda ICP-OES Inductively Couple Plasma spectrophometer (Perkin-Elmer, Optima 2100 DV, ICP/OES, Shelton, CT 06484-4794, USA) ile okuması yapılarak saptanmıştır (Rhoades 1982a).

3.3.13. Elektriksel iletkenlik (EC)

Hazırlanan saturasyon macunlarından elde edilen ekstraksiyon çözeltilerinde elektriki kondüktivite aleti ile dS/m olarak belirlenmiştir (Demiralay 1993).

3.4.14. Bitkiye yarayışlı bor miktarı

0,01M Mannitol+0,01M CaCl₂ çözeltisi ile ekstrakte edilen süzüklerde ICP-OES Couple Plasma spectrophometer (Perkin-Elmer, Optima 2100 DV, ICP/OES, Shelton, CT 06484-4794, USA) ile okunmak suretiyle belirlenmiştir (AOAC 2005).

3.4.15. Toplam azot miktarı

Toprak örneklerinin azot miktarı salisilik asit+tuz karışımı ile yaş yakmaya tabi tutulduktan sonra mikrokjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir (Bremner and Mulvaney 1982).

3.4.16. Amonyum-nitrat azotu

Değişebilir amonyum ve nitrat miktarları buhar damıtma (Kjeldahl) yöntemi ile belirlenmiştir. Buna göre, inkübasyona tabi tutulan toprak örneği etüvden alınmış ve kapların üzerindeki streç film çıkarıldıktan sonra her bir gram toprak örneği için

üzerine 10 ml 2 N KCl ilave edilmiştir. Daha sonra bu kap, kendi özel kapağı ile sıkıca kapatılmış ve bir saat süre ile mekanik karıştırıcıda çalkalanmıştır. Toprak-kum karışımı çökünceye ve üstteki sıvı berraklaşınca kadar deneme kabı yaklaşık 30 dakika bekletilmiştir. Geniş ağızlı pipet kullanılarak üstteki berrak sıvıdan 20 ml çekilmiş ve 500 ml'lik damıtma balonuna konulmuştur. Daha sonra, damıtma balonuna önce 0,2 g MgO ilavesiyle amonyum azotu miktarı, sonra da 0,2 g Devardo Alloy ilave edilerek nitrat azotu miktarı 0,005 N H₂SO₄ ile titrasyona tabi tutularak saptanmıştır (Mulvaney 1996).

3.5. İstatiksel Analizler

Çalışmada tesadüf parselleri faktöriyel deneme deseni kullanılmış, elde edilen veriler SAS istatistik paket programı (SAS Inst., 1997) kullanılarak analiz edilmiştir. Veriler varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuş ve uygulamalar arasındaki farklılıkların belirlenmesinde asgari önemli fark (Least significant difference, LSD) testi kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Bitkide Yapılan Ölçüm ve Analiz Sonuçları

4.1.1. Toplam bitki ağırlığı

Araştırma konularından elde edilen toplam bitki ağırlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çizelge 4.1’de görüleceği gibi 2013 ve 2014 yılları ile 2013-2014 yılları ortalamasında sulama seviyeleri istatistiksel olarak önemli ($p<0,001$) bulunmuştur. Bakteri uygulamaları incelendiğinde, 2013 yılı ortalama değerlerine göre önemli ($p<0,01$) bulunduğu gibi, 2014 ve 2013-2014 yılları ortalama değerlerine göre de istatistiksel olarak önemli ($p<0,001$) bulunmuştur. Ayrıca her iki yıl içinde $S \times B$ interaksyonu ile yıllara bağlı olarak $S \times B \times Y$, $S \times Y$ ve $B \times Y$ interaksyonlarının istatistiksel olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğu yıl faktörünün ise önemli ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir.

Farklı sulama seviyeleri ve bakteri uygulamalarına ait toplam bitki ağırlığı ile ilgili veriler Çizelge 4.2’de sunulmuştur. Çizelge 4.2 incelendiğinde 2013 ve 2014 yıllarında ait toplam bitki ağırlığının su kısıntılarına bağlı olarak azaldığı, en düşük ağırlığın S4 sulama konusunda olduğu belirlenmiştir. 2013-2014 yılları ortalama değerleri incelendiğinde tüm sulama uygulamaları arasında en yüksek toplam bitki ağırlığının S1 seviyesinde olduğu, artan su kısıntıları ile bu miktarın %37 azalış ile S4 seviyesinde olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.2). Kontrol bitkilerine göre bakteri uygulamalarında en yüksek toplam bitki ağırlığı 2013 yılında %27 ve %32, 2014 yılında ise %34 ve %22 artış ile B1 ve B3 konularında bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toplam bitki ağırlığına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	3730187,09	14,56	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	1212020,96	4,73	0,003**
	S×B	12	108572,75	0,42	0,944 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	3578051,01	37,15	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	1236540,55	12,84	<,000***
	S×B	12	65373,09	0,68	0,761 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	7248968,78	41,13	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	2316832,56	13,14	<,000***
	Yıllar (Y)	1	823964,98	4,67	0,033*
	S×B×Y	12	46790,60	0,27	0,992 ^{NS}
	S×Y	3	59269,32	0,34	0,799 ^{NS}
	B×Y	4	131728,96	0,75	0,562 ^{NS}
	S×B	12	127155,24	0,72	0,726 ^{NS}

NS: p>0,05 de önemsiz. * p<0,05, **p<0,01 ve ***p<0,001 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

Çizelge 4.2. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toplam bitki ağırlığına (g) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	2505	2348	2260	1729	2211B**
	B1	3562	3144	2446	2348	2875A
	B2	3278	2329	2403	1814	2456B
	B3	3633	3071	2836	2221	2940A
	B4	2881	2563	2379	1745	2392B
Ortalama		3172A***	2691B	2465B	1972C	2575A
2014	Kontrol	2516	2310	2099	1599	2131C***
	B1	3501	3248	2564	2157	2867A
	B2	2675	2234	2087	1563	2140C
	B3	3259	2867	2140	2170	2609B
	B4	2865	2479	2111	1740	2299C
Ortalama		2963A***	2628B	2200C	1846D	2409B
2013-2014	Kontrol	2510	2329	2179	1664	2171B***
	B1	3531	3196	2505	2253	2871A
	B2	2976	2282	2245	1688	2298B
	B3	3446	2969	2488	2196	2775A
	B4	2873	2521	2245	1742	2345B
Ortalama		3067A***	2659B	2332C	1909D	2492*

* p<0,05, **p<0,01ve ***p<0,001 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur.

4.1.2. Baş ağırlığı

Araştırmada kullanılan farklı bakteri uygulamaları ve sulama seviyelerinin lahanada baş ağırlığı üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir. Çizelge 4.3’de görüleceği gibi 2013 ve 2014 yılları ile 2013-2014 yılları ortalamasında sulama seviyeleri ve bakteri uygulamaları istatistiksel olarak önemli ($p < 0,001$) bulunmuştur. Ayrıca her iki yıl içinde S×B interaksyonu ile yıllara bağlı olarak S×B×Y, S×Y ve B×Y interaksyonlarının istatistiksel olarak önemsiz ($p > 0,05$) olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde deneme konularından elde edilen yıl faktörü de istatistiksel olarak önemsiz ($p > 0,05$) bulunmuştur.

Deneme konularından elde edilen baş ağırlığı değerleri Çizelge 4.4’de verilmiştir. Sulama konuları incelendiğinde iki yıla ait baş ağırlıklarının en yüksek S1 seviyesinde olduğu belirlenmiş, artan su kısıntılarına bağlı olarak 2013 yılında %39, 2014 yılında ise %38 azalış ile en düşük değer S4 seviyesinden elde edilmiştir. Bakteri uygulamaları incelendiğinde kontrol konularına göre 2013 yılında %50, 2014 yılında ise %38 artış ile en yüksek baş ağırlığının B1 konusunda elde edilmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.3. Bakteri uygulamalarının farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada baş ağırlığına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	1359305,18	17,34	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	657270,95	8,38	<,000***
	S×B	12	46693,586	0,60	0,832 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	1177011,33	11,72	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	622953,65	6,20	0,000***
	S×B	12	117324,48	1,17	0,337 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	2527623,34	28,27	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	1232847,69	13,79	<,000***
	Yıllar (Y)	1	36370,538	0,41	0,525 ^{NS}
	S×B×Y	12	19791,33	0,22	0,996 ^{NS}
	S×Y	3	8693,17	0,10	0,961 ^{NS}
	B×Y	4	47376,91	0,53	0,714 ^{NS}
	S×B	12	144226,74	1,61	0,104 ^{NS}

NS: $p > 0,05$ de önemsiz ve *** $p < 0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

Çizelge 4.4. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının baş ağırlığına (g) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	1395	1218	1052	922	1147C***
	B1	2200	2053	1496	1166	1729A
	B2	1721	1476	1080	955	1308BC
	B3	1582	1567	1293	1093	1384B
	B4	1482	1254	1023	933	1173CB
Ortalama		1676A***	1514A	1189B	1014B	1348
2014	Kontrol	1498	1297	1129	1033	1239B***
	B1	2216	2091	1422	1124	1713A
	B2	1857	1165	1091	875	1247B
	B3	1316	1332	1193	1076	1229B
	B4	1331	1271	1001	949	1138B
Ortalama		1643A***	1431A	1167B	1011C	1313,7
2013-2014	Kontrol	1446	1257	1090	977	1193B***
	B1	2208	2072	1459	1145	1721A
	B2	1789	1321	1086	916	1278B
	B3	1449	1450	1243	1084	1306B
	B4	1406	1263	1012	941	1155B
Ortalama		1660A***	1472B	1178C	1013D	1331^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur.

4.1.3. Baş yüksekliği

Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının baş yüksekliği üzerine etkisini gösteren varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5’de, ortalamalara ait veriler ise Çizelge 4.6’da sunulmuştur. Çizelge 4.5 incelendiğinde araştırmanın yürütüldüğü 2013, 2014 ve 2013-2014 yılları ortalamasında sulama seviyeleri ve bakteri uygulamalarının baş yüksekliği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli, S×B interaksiyonunun önemsiz ($p>0,05$) olduğu görülmektedir. Deneme konularına ait yıl faktörünün etkisi önemli ($p<0,01$), S×B×Y, S×Y ve B×Y interaksiyonları ise istatistiksel olarak önemsiz ($p>0,05$) bulunmuştur.

Baş yüksekliği değerinin 2013, 2014 ve 2013-2014 yılları ortalama değerlerinde en fazla B1 ve B3 bakteri uygulaması ile arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.6). B1 bakteri uygulaması kontrole göre baş yüksekliğini 2013 yılında %9, 2014 yılında %10

arttırmıştır. En düşükbaş yüksekliğinin elde edildiği S4 konusunda S1'e göre 2013 yılında %29, 2014 yılında ise %20 azalma saptanmıştır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.5. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının bitki baş yüksekliğine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	24,49	21,99	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	6,15	5,53	0,001***
	S×B	12	0,85	0,76	0,681 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	10,25	6,95	0,007**
	Bakteri uygulamaları (B)	4	9,385	6,36	0,005**
	S×B	12	0,648	0,44	0,937 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	32,06	24,76	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	15,35	11,86	<,000***
	Yıllar (Y)	1	10,04	7,76	0,006**
	S×B×Y	12	0,62	0,48	0,921 ^{NS}
	S×Y	3	2,69	2,08	0,109 ^{NS}
	B×Y	4	0,19	0,15	0,963 ^{NS}
	S×B	12	0,88	0,68	0,765 ^{NS}

NS: p>0,05 de önemsiz. **p<0,01 ve ***p<0,001 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

Çizelge 4.6. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının bitki baş yüksekliğine (cm) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	9,94	8,50	7,84	6,98	8,31AB***
	B1	10,00	10,55	8,27	7,60	9,10A
	B2	9,00	8,86	6,75	5,87	7,62BC
	B3	10,38	9,40	7,44	6,94	8,54A
	B4	8,38	7,26	7,36	6,27	7,32C
Ortalama		9,54A***	8,91A	7,53B	6,73C	8,17B
2014	Kontrol	10,35	9,23	8,44	7,58	8,90AB**
	B1	10,33	10,50	9,83	8,72	9,84A
	B2	8,93	7,77	8,75	6,65	8,03BC
	B3	10,15	9,44	8,83	8,82	9,31A
	B4	8,38	7,93	8,10	6,44	7,71C
Ortalama		9,63A**	8,97A	8,79A	7,64B	8,76A
2013-2014	Kontrol	10,14	8,86	8,14	7,28	8,61B***
	B1	10,16	10,52	9,05	8,16	9,47A
	B2	8,96	8,31	7,75	6,26	7,82C
	B3	10,26	9,42	8,13	7,88	8,92AB
	B4	8,38	7,59	7,73	6,35	7,52C
Ortalama		9,585A***	8,94B	8,16C	7,185D	8,46**

NS: p>0,05 de önemsiz. **p<0,01 ve ***p<0,001 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur.

4.1.4. Baş çapı

Farklı sulama seviyeleri ve bakteri uygulamalarının lahanada baş çapı değerleri üzerine etkisini gösteren varyans analiz sonuçları Çizelge 4.7'de gösterilmiş, ortalamalara ait veriler Çizelge 4.8'de sunulmuştur. Çizelge 4.7 incelendiğinde her iki yıl değerleri ile 2013-2014 yılları ortalama sulama seviyeleri ve bakteri uygulamalarının önemli olduğu, S×B interaksiyonlarının ise istatistiksel olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğu saptanmıştır. İki yıla ait uygulama konularının etkisinin incelendiği S×B×Y ve S×Y interaksiyonlarının önemsiz olduğu, fakat yıl faktörünün istatistiksel olarak önemli ($p<0,01$) olduğu görülmüştür.

Her iki yıla ait ortalama değerler incelendiğinde S1 sulama seviyesinde en yüksek baş çapı değerlerinin elde edildiği, S1 sulama konusuna verilen suyun %25'inin verildiği S4 sulama seviyesinde ise bu değerler en düşük bulunmuştur. 2013 ve 2014 yılları ortalama değerlerine göre bakteri uygulamaları incelendiğinde en yüksek baş çapı değerleri B1 ve B3 bakteri uygulamasında, 2013-2014 yılı ortalamadeğerlerinde ise B1 uygulamasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.7. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının bitki baş çapına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	95,84	12,65	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	21,38	2,82	0,037*
	S×B	12	6,016	0,79	0,653 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	87,81	30,79	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	86,71	30,41	<,000***
	S×B	12	2,124	0,74	0,771 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	12	4,146	34,85	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	91,13	17,48	<,000***
	Yıllar (Y)	1	39,01	7,48	0,007**
	S×B×Y	12	3,99	0,77	0,682 ^{NS}
	S×Y	3	1,90	0,36	0,778 ^{NS}
	B×Y	4	16,96	3,25	0,015*
	S×B	12	4,14	0,80	0,654 ^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz. * $p<0,05$, ** $p<0,01$ ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

Çizelge 4.8. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının bitki baş çapına (cm) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	22,08	21,75	23,00	16,50	20,83B*
	B1	26,33	24,72	23,44	20,72	23,80A
	B2	25,95	21,95	18,62	17,41	20,98B
	B3	24,10	22,94	19,97	19,54	21,64AB
	B4	22,16	21,83	20,97	16,83	20,45B
Ortalama		24,13A***	22,64AB	21,2B	18,2C	21,54A**
2014	Kontrol	21,00	19,71	19	16,50	19,05B***
	B1	25,33	24,72	23,5	20,72	23,56A
	B2	22,29	18,83	18,62	16,25	19,00B
	B3	26,65	24,00	21,88	19,20	22,93A
	B4	21,50	17,33	16,00	15,00	17,45C
Ortalama		23,35A***	20,92B	19,8B	17,53C	20,39B
2013-2014	Kontrol	21,54	20,73	21,00	16,50	19,94C***
	B1	25,83	24,72	23,47	20,72	23,68A
	B2	24,12	20,39	18,62	16,83	19,99C
	B3	25,37	23,47	20,92	19,37	22,28B
	B4	21,83	19,58	18,48	15,91	18,95C
Ortalama		23,74A***	21,78B	20,10C	17,86D	20,96**

* p<0,05, ** P<0,01 ve ***p<0,001 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur.

4.1.5. Gövde çapı

Denemelerinin yürütüldüğü 2013 ve 2014 yıllarında farklı sulama ve bakteri uygulama konularından elde edilen lahanada gövde çapı değerlerinin etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.9'da, ortalamalara ait veriler ise Çizelge 4.10 'da sunulmuştur. Denemenin yürütüldüğü her iki yıl göz önüne alındığında sulama seviyeleri ve bakteri uygulamalarının istatistiki olarak önemli, S×B interaksyonlarının ise istatistiksel olarak önemsiz (p>0,05) olduğu saptanmıştır. 2013-2014 yılı ortalamalarına göre S×B×Y, S×Y ve S×Y interaksyonları ile yıl faktörü önemsiz (p>0,05) bulunmuştur (Çizelge 4.9). Araştırmada farklı sulama seviyeleri ve bakteri uygulamalarının lahanada 2013 ve 2014 yıllarında gövde çapını istatistiksel anlamda etkilediği tespit edilmiştir. Her iki yıl değerlerinde sulama seviyelerindeki azalmaya paralel olarak gövde çapı da azalmıştır. Bununla birlikte 2013 yılında bakteri uygulamalarının gövde çapını arttırdığı tespit edilmiştir. 2014 yılında ise B4 uygulaması hariç bakteri uygulamalarının gövde

çapını kontrole göre arttırmış, en yüksek değerler B1 ve B3 uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.9. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının gövde çapına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	102,31	5,56	0,002**
	Bakteri uygulamaları (B)	4	93,33	5,07	0,002**
	S×B	12	8,96	0,49	0,910 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	201,52	21,44	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	163,60	17,41	<,000***
	S×B	12	19,93	2,12	0,037*
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	291,60	20,98	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	238,25	17,14	<,000***
	Yıllar (Y)	1	12,40	0,89	0,347 ^{NS}
	S×B×Y	12	8,648	0,62	0,817 ^{NS}
	S×Y	3	12,20	0,88	0,455 ^{NS}
	B×Y	4	18,68	1,34	0,260 ^{NS}
	S×B	12	20,24	1,46	0,158 ^{NS}

NS: p>0,05 de önemsiz. ** P<0,01 ve ***p<0,001 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

Çizelge 4.10. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının gövde çapına (mm) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	32,96	30,33	28,44	25,00	29,18B**
	B1	40,83	38,16	33,75	32,91	36,41A
	B2	39,10	35,33	32,08	31,13	34,41A
	B3	36,16	37,16	35,41	32,91	35,41A
	B4	34,30	34,08	36,11	30,96	33,86A
Ortalama		3172A***	36,67A**	35,01AB	33,16BC	30,58C
2014	Kontrol	32,00	29,00	28,00	25,33	28,58C***
	B1	41,00	41,66	33,33	31,66	36,91A
	B2	34,00	38,66	28,00	29,33	32,50B
	B3	41,00	39,00	36,33	31,66	37,00A
	B4	33,33	31,66	34,66	24,66	31,08BC
Ortalama		2963A***	36,26A***	36,00A	32,06B	28,53C
2013-2014	Kontrol	32,48	29,66	28,22	25,33	28,92C***
	B1	40,91	39,91	33,54	32,28	36,66A
	B2	36,55	36,99	30,04	30,23	33,45B
	B3	38,58	38,08	35,87	32,28	36,20A
	B4	33,81	32,87	35,38	27,81	32,47B
Ortalama		3067A***	36,46A***	35,50A	32,61B	29,58C

NS: p>0,05 de önemsiz. ** P<0,01 ve ***p<0,001 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur.

4.1.6. Açık yaprak sayısı

Araştırmada kullanılan sulama seviyeleri ve bakteri uygulamalarının lahanada açık yaprak sayısı üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.11'de, uygulamalara ait ortalamalar ise Çizelge 4.12'de verilmiştir. Sulama seviyeleri ve bakteri uygulamalarının 2013 yılında önemli ($p<0,01$) olduğu ve 2014 yılında ise önem seviyesinin arttığı ($p<0,001$) görülmüştür. 2013, 2014 ve 2013-2014 yılı ortalama varyans analiz sonuçlarına bakıldığında $S \times B$ interaksiyonunun önemsiz ($p>0,05$) olduğu bulunmuştur. Yıllara göre bakteri ve sulama uygulamalarının arasındaki değişimin önemli görüldüğü çalışmada, $B \times Y$ ve $S \times Y$ interaksiyonları istatistiksel olarak önemli ($p<0,001$) bulunmuştur. Her iki yıl karşılaştırıldığında 2013-2014 yılı $S \times B \times Y$ interaksiyonu ile yıl faktörünün önemsiz ($p>0,05$) olduğu belirlenmiştir.

Lahanada açık yaprak sayısının 2013, 2014 ve 2013-2014 yılı ortalama değerlerinde S3 ve S4 konularının açık yaprak sayısını S1 ve S2 konularına göre önemli düzeyde azalttığı görülmektedir (Çizelge 4.12). Bakteri uygulamaları arasında ise kontrol uygulamalarına göre 2013 yılında B2 ve B4, 2014 yılında ise B1 ve B3 bakteri uygulamalarının daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.11. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının bitki açık yaprak sayısına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	15,68	4,62	0,007**
	Bakteri uygulamaları (B)	4	12,77	3,76	0,010**
	$S \times B$	12	1,04	0,31	0,984 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	117,14	28,52	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	32,41	7,89	<,000***
	$S \times B$	12	9,59	2,34	0,022*
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	108,25	28,85	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	23,12	6,16	0,000***
	Yıllar (Y)	1	0,06	0,02	0,895 ^{NS}
	$S \times B \times Y$	12	3,87	1,03	0,427 ^{NS}
	$S \times Y$	3	24,57	6,55	0,000***
	$B \times Y$	4	22,06	5,88	0,000***
	$S \times B$	12	6,75	1,80	0,061 ^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz. ** $P<0,01$ ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

Çizelge 4.12. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının bitki açık yaprak sayısına (adet) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	19,80	17,72	18,52	17,16	18,30C**
	B1	20,30	19,05	18,69	17,83	18,97B
	B2	21,41	22,10	19,83	18,76	20,52A
	B3	20,91	20,77	20,25	18,65	20,14B
	B4	21,80	21,02	19,91	19,83	20,64A
Ortalama		20,84A**	20,13AB	19,44BC	18,45C	19,71
2014	Kontrol	19,57	19,71	18,33	16,33	18,48B***
	B1	23,66	19,66	19,88	19,00	20,55A
	B2	21,75	22,11	16,00	14,66	18,63B
	B3	24,44	23,55	22,00	18,66	22,16A
	B4	23,22	22,20	14,66	14,00	18,52B
Ortalama		22,53A	21,44A	18,17B	16,53C	19,66
2013-2014	Kontrol	19,68	18,71	18,40	16,74	18,39C***
	B1	21,98	19,35	19,28	18,41	19,76B
	B2	21,58	22,10	17,91	16,71	19,58B
	B3	22,67	22,16	21,12	18,65	21,15A
	B4	22,51	21,61	17,28	16,91	19,58B
Ortalama		21,68A***	20,78A	18,80B	17,48C	19,69^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz. ** $p<0,01$ ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur.

4.1.7. Zarar görmüş dokuların oranı (Hasar indeksi)

Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının hasar indeksi değeri etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.13'de, ortalamalara ait veriler Çizelge 4.14'de gösterilmiştir. Çizelge 4.13'de görüleceği üzere 2013, 2014 ve 2013-2014 yılı sulama uygulamalarının istatistiki açıdan önemli ($p<0,001$) olduğu, bakteri uygulamaları arasındaki farkın ise önemsiz olduğu belirlenmiştir. Uygulama konularına ait tüm interaksiyonlarının önemsiz ($p<0,05$) olduğu görülmüştür. Çizelge 4.14'de sulama seviyelerinin 2013, 2014 ve 2013-2014 ortalama verileri ile Şekil 4.1'de lahanaların görsel durumlarına bakıldığında hasar indeksinin en fazla en küçük baş oluşturan S4 sulama seviyesinde olduğu görülmüştür. Bakteri uygulamalarında ise kontrol konusu ile karşılaştırıldığında B1 ve B3 bakteri uygulamalarının en az hasar indeksine sahip

olduğu belirlenmiş olup, en iri baş oluşturan uygulamalar olduğu görülmüş, ancak uygulamalar arasında istatistiksel anlamda farklılık tespit edilmemiştir.



Şekil 4.1. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen ve bakteri uygulanan lahanaların görünümü (Orijinal resim)

Çizelge 4.13. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının hasar indeksine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	21,61	44,72	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,58	1,21	0,322 ^{NS}
	S×B	12	0,22	0,47	0,919 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	20,28	36,88	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,85	1,56	0,203 ^{NS}
	S×B	12	0,15	0,29	0,988 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	41,84	80,99	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	1,26	2,44	0,053 ^{NS}
	Yıllar (Y)	1	0,03	0,06	0,801 ^{NS}
	S×B×Y	12	0,09	0,17	0,999 ^{NS}
	S×Y	3	0,05	0,11	0,955 ^{NS}
	B×Y	4	0,17	0,35	0,845 ^{NS}
	S×B	12	0,29	0,57	0,857 ^{NS}

NS: $p > 0,05$ de önemsiz. *** $p < 0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

Çizelge 4.14. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının hasar indeksine (0-5) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	0,00	1,33	2,33	3,00	1,66 ^{NS}
	B1	0,33	1,00	1,66	2,66	1,41
	B2	0,33	1,33	2,33	3,33	1,83
	B3	0,33	1,66	2,66	2,66	1,83
	B4	0,33	1,66	2,33	3,66	2,10
Ortalama		0,26D***	1,40C	2,26B	3,06A	1,74
2014	Kontrol	0,33	1,33	2,33	3,00	1,75 ^{NS}
	B1	0,33	1,00	1,66	2,66	1,41
	B2	0,33	1,33	2,33	3,33	1,83
	B3	0,33	1,33	1,66	2,66	1,51
	B4	0,33	1,66	2,66	3,66	2,08
Ortalama		0,33D***	1,33C	2,13B	3,06A	1,71
2013-2014	Kontrol	0,16	1,33	2,33	3,00	1,70 ^{NS}
	B1	0,33	1,00	1,66	2,66	1,41
	B2	0,33	1,33	2,33	3,33	1,83
	B3	0,33	1,49	2,16	2,66	1,66
	B4	0,33	1,66	2,49	3,66	2,04
Ortalama		0,29D***	1,36C	2,19B	3,06A	1,72 ^{NS}

NS: $p > 0,05$ de önemsiz ve *** $p < 0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur.

4.1.8. Doku oransal su içeriği

Araştırmada kısıntılı sulama yapılan ve tam sulanan bitkilere uygulanan bakterilerin bitkilerdeki doku oransal su içeriğine ait değişimlerin gözlemlendiği varyans analiz sonuçları Çizelge 4.15’de verilmiş, ortalamaların doku oransal su içeriği üzerine etkileri Çizelge 4.16’da sunulmuştur. Çizelge 4.15 incelendiğinde sulama konuları ve bakteri uygulamalarının 2013 ve 2014 yılları ile 2013-2014 yılları ortalamasında istatistiki olarak önemli ($p < 0,001$) oldukları, $S \times B \times Y$, $S \times Y$, $B \times Y$ ve $S \times B$ interaksyonları ile yıl faktörünün ise önemsiz ($p > 0,05$) olduğu görülmektedir.

2013 yılı ortalamalarının S1 sulama eviyesinde en yüksek doku oransal su içeriğine sahip olduğu, fakat S2, S3 ve S4 sulama seviyelerinde S1 konusuna göre azaldığı tespit edilmiştir. 2014 ve 2013-2014 yılları ortalama değerlerinin doku oransal su içeriğinin ise en yüksek değerlere S1 ve S2 sulama seviyelerinde olduğu görülmüştür (Çizelge 4.16). Bakteri uygulamalarının kontrol konusuna göre B4 ve

B2 uygulamaları hariç diğer konularda doku oransal su içeriğini arttırdığı belirlenmiştir. Kontrol (%64,18) bitkileri ile kıyaslandığında 2013 yılında B1 (%74,81) ve B3 (%73,52) bakteri uygulamasının doku oransal su içeriğini en fazla arttıran uygulama olduğu, 2014 yılında ise bu durumun değişmediği görülmüştür (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.15. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının doku oransal su içeriğine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	237,31	3,31	0,029*
	Bakteri uygulamaları (B)	4	487,79	6,81	0,000***
	S×B	12	58,01	0,81	0,638 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	498,66	10,91	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	720,21	15,76	<,000***
	S×B	12	39,71	0,87	0,583 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	690,15	11,77	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	1189,26	20,28	<,000***
	Yıllar (Y)	1	7,40	0,13	0,723 ^{NS}
	S×B×Y	12	15,20	0,26	0,993 ^{NS}
	S×Y	3	45,82	0,78	0,507 ^{NS}
	B×Y	4	18,74	0,32	0,864 ^{NS}
	S×B	12	82,52	1,41	0,180 ^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz. * $p<0,05$, *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.16. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının doku oransal su içeriğine (%) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	72,93	63,05	63,07	57,69	64,18B***
	B1	80,64	76,41	73,73	68,46	74,81A
	B2	60,22	63,07	59,52	59,65	60,61B
	B3	81,58	69,96	73,56	68,98	73,52A
	B4	66,92	70,27	53,23	64,30	63,68B
Ortalama		3172A***	72,46A*	68,55B	64,62B	63,82B
2014	Kontrol	72,93	63,39	63,07	57,69	64,27B***
	B1	81,22	73,33	77,33	68,46	75,08A
	B2	61,89	62,40	58,54	53,82	59,16B
	B3	83,58	77,25	74,23	65,44	75,13A
	B4	65,92	70,27	53,89	52,65	60,68B
Ortalama		2963A***	73,11A***	69,33AB	65,41B	59,61C
2013-2014	Kontrol	72,93	63,22	63,07	57,69	64,23B***
	B1	80,93	74,87	75,53	68,46	74,95A
	B2	61,055	62,735	59,03	56,735	59,89B
	B3	82,58	73,605	73,895	67,21	74,33A
	B4	66,42	70,27	53,56	58,475	62,18B
Ortalama		3067A***	72,78A***	68,94AB	65,02BC	61,71C

NS: $p>0,05$ de önemsiz. * $p<0,05$, *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.1.9. Verim

Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının verime etkisini belirlemek amacıyla yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiş, konulara ait verim değerleri Çizelge 4.18’de sunulmuştur. Çizelge 4.17 incelendiğinde farklı sulama seviyeleri arasındaki fark 2013 ve 2014 yılları ile 2013-2014 yılı ortalamalarında istatistiksel olarak önemli ($p<0,001$) bulunmuştur. 2013 yılı ile 2013-2014 yılı ortalamalarının bakteri uygulama faktörlerinin istatistiksel olarak önemli ($p<0,001$) düzeyde olduğu görülmüş, 2014 yılı verilerinde ise önem ($p<0,01$) düzeyinin azaldığı belirlenmiştir. Her iki yılın S×B interaksiyonları ile 2013-2014 yılları ortalaması değerlerin S×B×Y, S×Y ve B×Y interaksiyonları önemsiz ($p>0,05$) görülürken yıl faktörü önemli ($p<0,05$) bulunmuştur.

2013 ve 2014 yılları ile 2013-2014 yılı ortalamaları incelendiğinde tam sulama konusuna verilen suyun kısıtlı olarak verildiği S2, S3 ve S4 uygulamalarında kısıt miktarına göre verimin azaldığı, en fazla azalmanın 2013 yılında 4984 kg/da, 2014 yılında ise 5324 kg/da ile S4 sulamasında görüldüğü belirlenmiştir. Bakteri uygulamalarına ait ortalamalar incelendiğinde kontrol kosuna göre artışların görüldüğü fakat istatistiksel olarak önemli artışların her iki yıl içinde B1 ve B3 uygulamalarında olduğu saptanmıştır. 2013 yılında B1 (7743 kg/da) bakteri uygulamasından, 2014 yılında ise B1 (7763 kg/da) ve B3 (7940 kg/da) uygulamalarından en yüksek verim elde edilmiştir (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.17. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının verime etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	26083992,84	37,15	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	9014379,9	12,84	<,000***
	S×B	12	476569,74	0,68	0,761 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	27193065,76	14,56	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	8835640,09	4,73	0,003**
	S×B	12	791496,80	0,42	0,944 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	52844986,10	41,13	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	16889717,60	13,14	<,000***
	Yıllar (Y)	1	6006724,10	4,67	0,033*
	S×B×Y	12	341104,90	0,27	0,992 ^{NS}
	S×Y	3	432072,50	0,34	0,799 ^{NS}
	B×Y	4	960302,40	0,75	0,562 ^{NS}
	S×B	12	926961,60	0,72	0,726 ^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz. * $p<0,05$, ** $p<0,01$ ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.18. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının verime (kg/da) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	6793	6237	5668	4319	5754C**
	B1	9453	8769	6923	5825	7743A
	B2	7223	6033	5635	4221	5778C
	B3	8800	7742	5780	5860	7045B
	B4	7737	6694	5699	4698	6207C
Ortalama		8001A***	7095B	5941C	4984D	6505B
2014	Kontrol	6766	6341	6103	4670	5969B***
	B1	9618	8490	6605	6342	7763A
	B2	8852	6291	6491	4899	6633B
	B3	9811	8293	7658	5999	7940A
	B4	7780	6921	6424	4712	6459B
Ortalama		8565A***	7267B	6656B	5324C	6953A
2013-2014	Kontrol	6779	6289	5885	4494	5862B***
	B1	9535	8629	6764	6083	7753A
	B2	8037	6162	6063	4560	6205B
	B3	9305	8017	6719	5929	7493A
	B4	7758	6807	6061	4705	6333B
Ortalama		8283A***	7181B	6298C	5154D	6729*

* p<0,05, **p<0,01ve ***p<0,001 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.1.10. Fotosentez hızı, stoma iletkenliği ve terleme

4.1.10.a. Fotosentez hızı

Araştırmada kullanılan farklı bakteri uygulamaları ve sulama seviyelerinin lahanada fotosentez hızı üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.19’da verilmiştir. 2013 ve 2014 yılları ile 2013-2014 yılları ortalamasında sulama seviyeleri ve bakteri uygulamalarının istatistiksel olarak önemli ($p<0,001$) bulunduğu, fakat her iki yıl içinde S×B interaksyonu ile yıllara bağlı olarak S×B×Y, S×Y ve B×Y interaksiyonlarının istatistiksel olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.19).

Sulama seviyeleri ve bakteri uygulamalarından elde edilen fotosentez hızı değerleri Çizelge 4.20’de verilmiştir. Sulama seviyelerine göre 2013 ve 2014 yılları

fotosentez hızı ortalamalarının su kısıntısı miktarlarına göre azaldığı, en yüksek fotosentez değerlerinin S1 konusunda elde edildiği gözlemlenmiştir. Sulama seviyelerinde S4 konusunun fotosentez hızının S1 konusuna kıyasla %40 azalttığı tespit edilmiştir. İki yıl ortalamalarına göre bakteri uygulamaları incelendiğinde kontrol bitkilerine göre 2013 yılında %18, 2014 yılında %15 artış ile B1 bakteri uygulamasında en yüksek fotosentez hızı değerleri sağlanmıştır (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.19. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının fotosentez hızına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	129,31	50,81	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	19,87	7,81	<,000***
	S×B	12	2,057	0,81	0,640 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	134,93	37,01	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	19,72	5,41	0,001***
	S×B	12	1,89	0,52	0,890 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	264,20	85,35	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	39,54	12,78	<,000***
	Yıllar (Y)	1	1,20	0,39	0,535 ^{NS}
	S×B×Y	12	0,01	0,01	1,000 ^{NS}
	S×Y	3	0,00	0,01	0,997 ^{NS}
	B×Y	4	0,05	0,02	0,999 ^{NS}
	S×B	12	3,93	1,27	0,252 ^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz. *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.20. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının fotosentez hızına ($\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	15,50	11,93	10,78	9,56	11,90B***
	B1	16,60	14,26	13,12	12,33	14,08A
	B2	17,00	12,78	10,48	10,23	12,60B
	B3	17,50	11,65	9,44	8,56	11,70BC
	B4	15,00	10,51	8,74	8,00	10,50C
Ortalama		16,32A***	12,23B	10,51C	9,74C	12,14
2014	Kontrol	15,76	12,20	11,04	9,83	12,20BC***
	B1	16,86	14,53	13,06	12,26	14,10A
	B2	17,26	13,05	10,74	10,5	12,80AB
	B3	17,76	11,91	9,70	8,83	12,00BC
	B4	15,26	10,78	8,68	7,93	10,60C
Ortalama		16,58A***	12,49B	10,64C	9,87C	12,34
2013-2014	Kontrol	15,63	12,06	10,91	9,69	12,07B***
	B1	16,73	14,39	13,09	12,29	14,13A
	B2	17,13	12,91	10,61	10,36	12,75B
	B3	17,63	11,78	9,57	8,69	11,92B
	B4	15,13	10,64	8,71	7,96	10,61C
Ortalama		16,45A***	12,36B	10,58C	9,80C	12,24^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz. *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.1.10.b. Stoma iletkenliği

Farklı sulama seviyelerinde lahanada bakteri uygulamaları ile stoma iletkenliği değerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.21’de gösterilmiş, elde edilen değere ait ortalamalar Çizelge 4.22’de verilmiştir. Araştırmada 2013 yılı incelendiğinde sulama seviyelerinde yaşanan kısıtlamalara bağlı olarak stoma iletkenliğinin azaldığı, fakat bu azalışın istatistiksel olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğu görülmüştür.

Denemenin ikinci yılında sulama seviyelerinde benzer değişimler gözlenmiştir. Her iki yılda bakteri uygulamalarının stoma iletkenliği üzerine etkisi değişimler istatistiksel olarak önemli ($p<0,001$) bulunmuştur (Çizelge 4.21). Uygulamalara ait her iki yılın S×B interaksiyonunun ile 2013-2014 yılları ortalamalarında S×B×Y, S×Y ve B×Y interaksiyonlarının istatistiksel olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğu

belirlenmiş, 2013-2014 yılları ortalamalarında S×B interaksyonu önemli ($p<0,01$) bulunmuştur (Çizelge 4.21).

Stoma iletkenliğine ait 2013 ve 2014 yılları ortalama sulama seviyelerinin su kısıntıntılarına göre azaldığı, en düşük değerlerin S4 konusundan elde edildiği saptanmış, fakat bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Her iki yılın bakteri uygulama konularında ise kontrol konusuna göre B2 uygulamasında en yüksek stoma iletkenliği değerleri elde edilmiştir (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.21. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının stoma iletkenliğine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	0,33	0,30	0,820 ^{NS}
	Bakteri uygulamaları (B)	4	7,69	6,98	0,000***
	S×B	12	1,38	1,25	0,280 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	0,36	0,33	0,800 ^{NS}
	Bakteri uygulamaları (B)	4	7,60	6,89	0,000***
	S×B	12	1,42	1,29	0,250 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	0,69	0,63	0,590 ^{NS}
	Bakteri uygulamaları (B)	4	15,30	13,88	<,000***
	Yıllar (Y)	1	0,36	0,33	0,560 ^{NS}
	S×B×Y	12	0,00	0,00	1,000 ^{NS}
	S×Y	3	0,00	0,00	1,000 ^{NS}
	B×Y	4	0,00	0,00	1,000 ^{NS}
	S×B	12	2,81	2,55	0,006**

NS: $p>0,05$ de önemsiz. ** $P<0,01$ ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.22. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının stoma iletkenliğine ($\mu\text{mol H}_2\text{O/m}^2\text{s}$) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	2,48	0,47	1,33	1,28	0,89C***
	B1	1,99	1,44	3,36	3,27	1,51BC
	B2	1,84	3,56	2,29	2,22	3,01A
	B3	1,78	2,11	1,34	1,28	2,10B
	B4	2,01	1,49	0,24	1,40	1,53BC
Ortalama		2,02^{NS}	1,81	1,74	1,66	1,80
2014	Kontrol	2,53	0,58	0,47	0,35	0,98C***
	B1	2,10	1,56	1,44	1,39	1,62BC
	B2	1,95	3,67	3,48	3,39	3,12A
	B3	1,89	2,22	2,40	2,33	2,21B
	B4	2,12	1,61	1,46	1,40	1,64B
Ortalama		2,12^{NS}	1,93	1,85	1,77	1,92
2013-2014	Kontrol	2,50	0,52	0,90	0,81	0,93C***
	B1	2,04	1,50	2,40	2,33	1,56B
	B2	1,89	3,61	2,88	2,80	3,06A
	B3	1,83	2,16	1,87	1,80	2,15B
	B4	2,06	1,55	0,85	1,40	1,58B
Ortalama		2,06^{NS}	1,87	1,79	1,71	1,88^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz. ** $P<0,01$ ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.1.10.c. Terleme

Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının terlemeye etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.23’de gösterilmiş, ortalama verilere ait değerler Çizelge 4.24’de verilmiştir. Araştırmada 2013 ve 2014 yılı verileri incelendiğinde sulama seviyelerinde yaşanan kısıtlamalara bağlı olarak terleme değerlerine ait ortalama değerlerin azaldığı, bu azalışın istatistiksel olarak önemli ($p<0,001$) olduğu görülmüştür. Bakteri uygulamalarının ise 2013 yılı ve 2013-2014 yılları ortalamalarında istatistiksel olarak önemli ($p<0,001$) olduğu, 2014 yılında önemlilik ($p<0,05$) düzeyinin azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.23). Ayrıca 2013 ve 2014 yıllarının $S \times B$ interaksyonu ile 2013-2014 yılları ortalamalarında $S \times B \times Y$, $S \times Y$ ve $B \times Y$ interaksyonlarının istatistiksel olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğu görülmüştür. Fakat 2013-2014 yılları ortalamalarında $S \times B$ interaksyonuönemli ($p<0,05$) yıl faktörü ise ($p<0,001$) önemli bulunmuştur.

Araştırmada terlemenin su kısıntılarına paralel olarak azaldığı görülmüştür. S1 seviyesine göre en düşük terlemenin 2013 yılında %42, 2014 yılında ise %36 azalma ile S4 seviyesinde olduğu saptanmıştır. Bakteri uygulamalarının terlemeyi arttırdığı belirlenmiştir. Kontrol konusuna göre 2013 yılında B2, 2014 yılında ise B4 bakteri uygulamasından en yüksek terleme değerleri elde edilmiştir (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.23. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının terlemeye etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	20,41	25,25	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	5,44	6,74	0,000***
	S×B	12	1,32	1,64	0,119 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	19,23	10,10	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	4,95	2,60	0,050*
	S×B	12	1,32	0,70	0,744 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	39,43	29,07	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	10,28	7,58	<,000***
	Yıllar (Y)	1	34,13	25,16	<,000***
	S×B×Y	12	0,07	0,05	1,000 ^{NS}
	S×Y	3	0,21	0,16	0,925 ^{NS}
	B×Y	4	0,11	0,09	0,986 ^{NS}
	S×B	12	2,57	1,90	0,0464*

NS: p>0,05 de önemsiz. * p<0,05 ve ***p<0,001 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.24. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının terlemeye ($\text{mmol H}_2\text{O/m}^2\text{s}$) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	5,43	3,82	3,19	2,83	3,82B***
	B1	6,10	4,19	3,80	3,57	4,41B
	B2	6,34	6,16	5,23	4,85	5,64A
	B3	5,42	4,30	4,02	3,64	4,34B
	B4	7,64	3,72	3,17	3,02	4,39B
Ortalama		6,19A***	4,44B	3,88BC	3,58C	4,52B
2014	Kontrol	6,47	4,86	4,89	3,87	5,02B*
	B1	7,14	4,55	4,84	4,6	5,28B
	B2	7,38	7,19	6,26	5,88	5,38B
	B3	6,46	5,33	5,05	4,67	5,59AB
	B4	8,68	4,75	4,87	4,05	6,68A
Ortalama		7,22A***	5,34B	5,18B	4,61B	5,59A
2013-2014	Kontrol	5,95	4,34	4,04	3,35	4,42B***
	B1	6,62	4,37	4,32	4,08	4,85B
	B2	6,86	6,67	5,74	5,36	6,16A
	B3	5,94	4,81	4,53	4,15	4,86B
	B4	8,16	4,23	4,02	3,53	4,99B
Ortalama		6,70A***	4,88B	4,53BC	4,09C	5,05***

NS: $p>0,05$ de önemsiz. * $p<0,05$ ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur.

4.1.11. Prolin miktarı

Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bitkilerinin bakteri uygulamaları ile prolin miktarının etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.25 'de gösterilmiş, ortalamalara ait veriler Çizelge 4.26'da sunulmuştur. 2013 ve 2014 yılları varyans analiz tablosu incelendiğinde sulama seviyelerinin ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli ($p<0,001$) olduğu, bakteri uygulamalarına ait ortalamaların etkisi ise önemsiz ($p>0,05$) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.25). Ayrıca 2013, 2014 ve 2013-2014 yılları ortalamalarının $S \times B \times Y$, $S \times Y$, $B \times Y$ ve $S \times B$ interaksiyonlarının önemsiz ($p>0,05$) olduğu belirlenirken, yıl faktörü istatistiksel olarak önemli ($p<0,001$) bulunmuştur.

2013 ve 2014 yılı ile 2013-2014 yılları ortalama değerleri incelendiğinde sulama seviyelerindeki kısıntılara bağlı olarak S3 ve S4 sulama seviyelerinde prolin miktarı

artmış, en yüksek prolin miktarı 2013 yılında %28, 2014 yılında ise %29 artış ile S4 sulama seviyesinden elde edilmiştir (Çizelge 4.26). Bakteri uygulamalarının her iki yıl ortalama değerlerinin prolin miktarının yüksek B3 bakteri uygulamasında olduğu fakat bu değişimlerin istatistiksel olarak önemli bulunmadığı görülmüştür (Çizelge 4.26).

Çizelge 4.25. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının prolin miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	1887,52	22,14	<,0001***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	91,85	1,08	0,3806 ^{NS}
	S×B	12	11,95	0,14	0,9996 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	2117,24	21,55	<,0001***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	96,27	0,98	0,4293 ^{NS}
	S×B	12	13,23	0,13	0,9997 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	4001,47	43,61	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	188,04	2,05	0,095 ^{NS}
	Yıllar (Y)	1	957,67	10,44	0,000***
	S×B×Y	12	0,10	0,00	1,000 ^{NS}
	S×Y	3	3,29	0,04	0,990 ^{NS}
	B×Y	4	0,09	0,00	1,000 ^{NS}
	S×B	12	25,08	0,27	0,991 ^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.26. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının prolin miktarına (pmol/ μ l) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	86,33	88,26	93,66	111,66	95,07 ^{NS}
	B1	83,00	85,63	90,33	102,66	90,41
	B2	84,00	86,65	91,66	107,00	92,33
	B3	86,00	88,66	96,33	117,06	96,99
	B4	87,33	89,61	95,00	113,00	96,24
	Ortalama	85,33C***	87,86BC	93,40B	110,26A	94,21B
2014	Kontrol	91,66	94,02	99,10	118,00	100,66 ^{NS}
	B1	88,33	91,00	96,07	109,00	96,082
	B2	88,66	92,04	97,00	113,66	97,83
	B3	91,33	94,00	102,0	124,00	102,83
	B4	92,33	94,66	101,0	119,66	101,91
	Ortalama	90,46C***	93,13BC	99,00B	116,86A	99,86A
2013-2014	Kontrol	88,99	91,33	96,33	114,83	97,87 ^{NS}
	B1	85,66	88,31	93,16	105,84	93,24
	B2	86,33	89,33	94,33	110,33	95,08
	B3	88,66	91,32	99,16	120,50	99,91
	B4	89,83	92,16	98,00	116,33	99,08
	Ortalama	87,89C***	90,49C	96,20B	113,56A	97,03***

NS: $p>0,05$ de önemsiz ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.1.12. Hidrojen Peroksit (H_2O_2) miktarı

Uygulama konularının etkisi ile H_2O_2 miktarındaki değişimlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.27'de, elde edilen ortalamalara ait veriler ise Çizelge 4.28'de sunulmuştur. Çizelge 4.27 incelendiğinde 2013 ve 2014 yılı verileri ile 2013-2014 yılları sulama seviyelerinin istatistiksel olarak önemli ($p<0,001$) olduğu, her iki yılın H_2O_2 miktarının bakteri uygulamalarına göre değişiminin önemsiz ($p>0,05$) olduğu görülmüştür. Varyans analiz sonuçlarının 2013, 2014 ve 2013-2014 yıllarında $S \times B \times Y$, $S \times Y$, $B \times Y$ ve $S \times B$ etkileşimleri ile yıl faktörü istatistiksel olarak önemsiz ($p>0,05$) olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.27).

H_2O_2 miktarının ortalama verileri incelendiğinde her iki yılda su kısıtlarına bağlı H_2O_2 miktarının arttığını, en yüksek artışın 2013 yılında S2, S3 ve S4, 2014 yılında ise S3 ve S4 sulama seviyesinde olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.28). Bakteri uygulamalarının ise kontrol bitkilerine göre H_2O_2 miktarını azalttığı fakat bu

azalışların yalnız 2013-2014 yılları ortalamasında istatistiksel olarak önemli bulunduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.27. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının H_2O_2 miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	104,97	9,07	0,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	15,66	1,35	0,267 ^{NS}
	S×B	12	4,37	0,38	0,963 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	105,68	9,04	0,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	17,21	1,47	0,228 ^{NS}
	S×B	12	5,46	0,47	0,922 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	210,28	18,07	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	32,56	2,80	0,031*
	Yıllar (Y)	1	9,12	0,78	0,378 ^{NS}
	S×B×Y	12	1,33	0,11	0,999 ^{NS}
	S×Y	3	0,38	0,03	0,992 ^{NS}
	B×Y	4	0,32	0,03	0,998 ^{NS}
	S×B	12	8,51	0,73	0,716 ^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz. * $p<0,05$ ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

Çizelge 4.28. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının H_2O_2 miktarına (μmolg^{-1} yaş ağırlık) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	18,30	21,77	24,90	26,06	22,76 ^{NS}
	B1	17,22	19,33	21,20	23,85	20,40
	B2	16,25	19,59	19,92	22,98	19,68
	B3	17,85	21,97	23,78	21,26	21,21
	B4	17,00	22,09	22,09	22,67	20,96
Ortalama		17,32B***	20,95A	22,38A	23,36A	21,002
2014	Kontrol	17,59	20,23	25,89	24,76	22,12 ^{NS}
	B1	17,28	18,73	19,92	24,05	20,00
	B2	15,16	18,90	19,48	22,03	18,89
	B3	17,79	22,20	21,88	22,10	20,99
	B4	16,69	20,33	22,01	22,04	20,27
Ortalama		16,90C***	20,08B	21,83AB	22,99A	20,45
2013-2014	Kontrol	17,95	21,00	25,40	25,41	22,44B*
	B1	17,25	19,03	20,56	23,95	20,20B
	B2	15,71	19,25	19,7	22,51	19,29A
	B3	17,82	22,09	22,83	21,68	21,10AB
	B4	16,85	21,21	22,05	22,36	20,61AB
Ortalama		17,11C***	20,52B	22,11AB	23,18A	21,38 ^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz. * $p<0,05$ ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.1.13. Malondialdehid (MDA) miktarı

Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamaları ile MDA miktarındaki değişimlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.29'da gösterilmiş, elde edilen veriler Çizelge 4.30 'da sunulmuştur. Çizelge 4.29 incelendiğinde 2013 ve 2014 yılı değerlerinin sulama seviyelerinin istatistiksel olarak önemli ($p < 0,001$) olduğu, bakteri uygulamaları ise önemsiz ($p > 0,05$) olduğu görülmüştür. Ayrıca 2013, 2014 ve 2013-2014 yılları $S \times B \times Y$, $S \times Y$, $B \times Y$, $S \times B$ interaksiyonları ve yıl faktörünün istatistiksel olarak önemsiz ($p > 0,05$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.29).

Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada su kısıtlarının MDA miktarını araştırmanın yürütüldüğü her iki yılda da arttırdığı, en fazla artışın S1 seviyesine göre 2013 yılında %28, 2014 yılında ise %30 artış ile S4 konusunda meydana geldiği görülmektedir. Bakteri uygulamaları ise MDA miktarını kontrol konularına göre azalttığı, fakat bu azalmanın istatistiksel anlamda önemli olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.30).

Çizelge 4.29. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının MDA miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	40,52	8,24	0,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	7,24	1,47	0,228 ^{NS}
	$S \times B$	12	1,38	0,28	0,989 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	47,08	9,28	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	8,93	1,76	0,155 ^{NS}
	$S \times B$	12	1,53	0,30	0,985 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	87,37	17,49	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	16,05	3,21	0,016*
	Yıllar (Y)	1	0,04	0,01	0,923 ^{NS}
	$S \times B \times Y$	12	0,59	0,12	0,999 ^{NS}
	$S \times Y$	3	0,24	0,05	0,985 ^{NS}
	$B \times Y$	4	0,11	0,02	0,999 ^{NS}
	$S \times B$	12	2,32	0,47	0,929 ^{NS}

NS: $p > 0,05$ de önemsiz. * $p < 0,05$ ve *** $p < 0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.30. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının MDA miktarına (nmol g^{-1} yaş ağırlık) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	14,62	16,33	17,95	18,37	16,81^{NS}
	B1	13,61	14,81	15,93	17,47	15,45
	B2	12,71	14,02	15,24	17,43	14,85
	B3	13,02	15,50	16,45	15,23	15,05
	B4	12,54	15,47	16,21	16,82	15,26
Ortalama		13,30C***	15,23B	16,36AB	17,07A***	15,49
2014	Kontrol	14,13	15,98	18,31	19,47	16,97^{NS}
	B1	13,57	14,81	16,19	18,06	15,65
	B2	12,57	14,15	15,96	16,85	14,88
	B3	12,88	16,00	15,46	15,54	14,97
	B4	13,16	14,54	16,07	16,85	15,15
Ortalama		13,26C***	15,09B	16,4AB	17,35A***	15,53
2013-2014	Kontrol	14,37	16,15	18,13	18,92	16,89A*
	B1	13,59	14,81	16,06	17,76	15,55B
	B2	12,64	14,08	15,60	17,14	14,86B
	B3	12,95	15,75	15,95	15,38	15,01B
	B4	12,85	15,00	16,14	16,83	15,20B
Ortalama		13,28C***	15,16B	16,37A	17,20A***	15,50^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz. * $p<0,05$ ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.1.14. Toplam antioksidan miktarı

Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının ile toplam antioksidan miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.31'de, elde edilen ortalamalar ise Çizelge 4.32'de sunulmuştur. 2013 ve 2014 yılı ile 2013-2014 yıllarında sulama seviyelerinin istatistiksel olarak önemli ($p<0,001$), bakteri uygulamaları ise önemsiz ($p>0,05$) bulunmuştur. 2013, 2014 ve 2013-2014 yılları değerlerinin etkilerine ilişkin $S \times B \times Y$, $S \times Y$, $B \times Y$ ve $S \times B$ interaksiyonlarının ve yıl faktörünün istatistiksel olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.31).

2013 ve 2014 yılları ile her iki yılın ortalama değerlerinde toplam antioksidan miktarı en yüksek S1 sulama seviyesinde iken S3 ve S4 konularında bu değerler azalmış, en fazla azalma 2013 ve 2014 yıllarında S4 konusundan ele edilmiştir.

Bakteri uygulamalarında ise kısıntılı sulamalar ile azalan toplam antioksidan miktarının bakteri uygulamaları ile ilgili değişimlerinin istatistiksel olarak önemli olmadığı saptanmıştır (Çizelge 4.32).

Çizelge 4.31. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toplam antioksidan miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	0,07	15,52	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,00	1,56	0,204 ^{NS}
	S×B	12	0,00	0,44	0,935 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	0,06	10,43	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,00	0,75	0,562 ^{NS}
	S×B	12	0,00	0,93	0,524 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	0,13	25,12	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,01	2,11	0,087 ^{NS}
	Yıllar (Y)	1	0,01	2,89	0,092 ^{NS}
	S×B×Y	12	0,00	0,28	0,990 ^{NS}
	S×Y	3	0,00	0,04	0,988 ^{NS}
	B×Y	4	0,00	0,08	0,989 ^{NS}
	S×B	12	0,00	1,17	0,317 ^{NS}

NS: $p > 0,05$ de önemsiz ve *** $p < 0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.32. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toplam antioksidan miktarına (μ TE per g^{-1} Yaş ağırlık) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	0,66	0,62	0,54	0,46	0,57^{NS}
	B1	0,66	0,62	0,56	0,52	0,59
	B2	0,70	0,66	0,58	0,54	0,62
	B3	0,58	0,62	0,58	0,49	0,56
	B4	0,61	0,60	0,58	0,45	0,56
Ortalama		0,64A***	0,62A	0,56B	0,49C	0,57
2014	Kontrol	0,72	0,6	0,56	0,47	0,58^{NS}
	B1	0,67	0,62	0,58	0,55	0,60
	B2	0,66	0,69	0,61	0,58	0,63
	B3	0,61	0,69	0,59	0,52	0,6
	B4	0,63	0,64	0,64	0,44	0,58
Ortalama		0,66A***	0,65AB	0,59B	0,51C	0,60
2013-2014	Kontrol	0,69	0,61	0,55	0,47	0,57^{NS}
	B1	0,67	0,62	0,57	0,54	0,59
	B2	0,68	0,68	0,60	0,56	0,62
	B3	0,60	0,66	0,59	0,51	0,58
	B4	0,62	0,62	0,61	0,45	0,57
Ortalama		0,65A***	0,64A	0,58B	0,50C	0,59^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.1.15. Toplam fenolik madde

Lahana bitkilerine farklı sulama seviyelerinde uygulanan bakteri konuları ile toplam fenolik madde miktarındaki değişimlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.33'de, elde edilen verilere ait ortalamalar Çizelge 4.34'de sunulmuştur. Çizelge 4.33 incelendiğinde sulama seviyelerinin 2013 ($p<0,05$) ve 2013-2014 ($p<0,01$) yıllarında istatistiksel olarak önemli olduğu, 2014 yılında ise önemsiz ($p>0,05$) olduğu görülmüştür. Bakteri uygulamalarında ise 2013 ($p<0,01$) ve 2014 ($p<0,01$) yılları ile 2013-2014 ($p<0,001$) yılları ortalamasında değerlerinde toplam fenolik maddemiktarındaki değişimlerinin önemli olduğu belirlenmiştir. 2013, 2014 ve 2013-2014 yılları değerlerinin $S \times B$ interaksyonları ile her iki yıl ortalama değerlerin $S \times B \times Y$, $S \times Y$, $B \times Y$ interaksyonları ile yıl faktörünün istatistiksel olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.33).

Çizelge 4.34 incelendiğinde 2013 ve 2013-2014 yılları ortalamalarında S4 konusunda en düşük toplam fenolik madde gözlemlendiği, 2014 yılında ise meydana gelen değişimlerin istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir. Bakteri uygulamalarına ait her iki yıl ortalama değerlerinde B2 bakteri uygulamasında kontrole göre en yüksek toplam fenolik madde miktarı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.33. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toplam fenolik madde miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	0,10	3,34	0,028*
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,14	4,56	0,004**
	S×B	12	0,00	0,26	0,992 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	0,08	2,22	0,101 ^{NS}
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,16	4,06	0,007**
	S×B	12	0,02	0,71	0,736 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	0,18	5,36	0,002**
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,30	8,48	<,000***
	Yıllar (Y)	1	0,02	0,63	0,428 ^{NS}
	S×B×Y	12	0,00	0,28	0,991 ^{NS}
	S×Y	3	0,00	0,07	0,977 ^{NS}
	B×Y	4	0,00	0,08	0,987 ^{NS}
	S×B	12	0,02	0,74	0,706 ^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz. * $p<0,05$, ** $P<0,01$ ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.34. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toplam fenolik madde miktarına (mg GA per g-1 YA) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	1,43	1,41	1,42	1,28	1,38C**
	B1	1,60	1,52	1,45	1,39	1,49BC
	B2	1,79	1,73	1,63	1,55	1,67A
	B3	1,55	1,72	1,63	1,47	1,59AB
	B4	1,57	1,60	1,59	1,39	1,53AB
Ortalama		1,58A*	1,59A	1,54AB	1,41B	1,53
2014	Kontrol	1,52	1,34	1,44	1,3	1,40C**
	B1	1,59	1,49	1,48	1,45	1,50BC
	B2	1,65	1,79	1,67	1,64	1,68A
	B3	1,60	1,86	1,61	1,54	1,65AB
	B4	1,59	1,67	1,71	1,33	1,57AB
Ortalama		1,59^{NS}	1,63	1,58	1,45	1,56
2013-2014	Kontrol	1,48	1,38	1,43	1,29	1,39D***
	B1	1,60	1,51	1,47	1,42	1,49CD
	B2	1,72	1,76	1,65	1,60	1,68A
	B3	1,58	1,79	1,62	1,51	1,62AB
	B4	1,58	1,64	1,65	1,36	1,55BC
Ortalama		1,59A**	1,61A	1,56A	1,43B	1,54^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz. * $p<0,05$, ** $p<0,01$ ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.1.16. Antioksidan enzim (APX, POD ve SOD) aktivitesi

4.1.16.a. Askorbat Peroksidaz (APX) enzim aktivitesi

Farklı sulama seviyeleri ve bakteri uygulama konularında 2013 ve 2014 yıllarında elde edilen APX enzim aktivitesine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.35'de, ortalamalara ait veriler ise Çizelge 4.36 'da gösterilmiştir. Çizelge 4.35'de görüleceği üzere 2013, 2014 ve 2013-2014 yıllarına ait sulama seviyeleri istatistiksel olarak önemli ($p<0,001$) bulunmuş, her iki yıl ortalama değerlerinin $S \times B \times Y$, $S \times Y$, $B \times Y$ ve $S \times B$ interaksiyonları ile yıl faktörünün ise istatistiksel olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.36 incelendiğinde 2013 ve 2014 yıllarında sulama seviyelerinden elde edilen APX enzim aktivitesi sonuçlarına göre en fazla su kısıtının yapıldığı S4

sulama konusunda 2013 yılında ortalama APX enzim aktivitesi 40,18 EU g/bitki iken, 2014 yılında 38,83 EU g/bitki olarak tespit edilmiştir. APX enzim aktivitesinin B2, B3 ve B4 bakteri uygulamalarında kontrole göre değişimlerin görüldüğü ve en yüksek değerlerin B2 konusundan elde edildiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.36).

Çizelge 4.36'ya göre 2013-2014 yıllarına ait ortalamalar göz önüne alındığında tüm sulama uygulamaları arasında en yüksek APX enzim aktivitesi değerlerinin S1 ve S2 sulama konusunda olduğu, en düşük değerlerin ise S4 sulamasından elde edildiği görülmüştür. APX enzim aktivitesi değerlerinin bakteri uygulamalarında en fazla B2 konusunda artış sağladığı, en düşük ise B4 bakteri konusunda olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.36).

Çizelge 4.35. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının APX enzim aktivitesine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	312,78	7,38	0,00***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	121,81	2,87	0,035*
	S×B	12	10,49	0,25	0,993 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	296,64	7,46	0,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	116,09	2,92	0,032*
	S×B	12	10,57	0,27	0,991 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	609,16	14,82	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	237,58	5,78	0,000***
	Yıllar (Y)	1	78,24	1,90	0,171 ^{NS}
	S×B×Y	12	0,85	0,02	1,000 ^{NS}
	S×Y	3	0,27	0,01	0,999 ^{NS}
	B×Y	4	0,31	0,01	0,999 ^{NS}
	S×B	12	20,21	0,49	0,913 ^{NS}

NS: p>0,05 de önemsiz. * p<0,05 ve ***p<0,001 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.36. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının APX enzim aktivitesine (EU g/bitki) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	48,61	44,92	42,19	35,14	42,71B*
	B1	50,5	47,71	44,89	40,75	45,96B
	B2	56,94	55,11	49,57	44,56	51,54A
	B3	45,64	50,46	47,21	41,53	46,21AB
	B4	49,65	48,63	45,95	38,95	45,79B
Ortalama		50,27A***	49,36A	45,96A	40,18B	46,44
2014	Kontrol	46,79	43,22	40,59	33,38	41,00B*
	B1	49,27	45,32	43,25	39,84	44,42B
	B2	54,09	54,55	47,09	42,91	49,66A
	B3	45,19	47,93	46,13	40,52	44,94AB
	B4	47,89	47,48	43,65	37,48	44,13B
Ortalama		48,65A***	47,70A	44,14A	38,83B	44,83
2013-2014	Kontrol	47,70	44,07	41,39	34,26	41,86C***
	B1	49,89	46,52	44,07	40,3	45,19BC
	B2	55,52	54,83	48,33	43,74	50,60A
	B3	45,42	49,20	46,67	41,03	45,58B
	B4	48,77	48,06	44,80	38,22	44,96C
Ortalama		49,46A***	48,53A	45,05B	39,51C	45,64^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz. * $p<0,05$ ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.1.16.b. Süperoksid dismutaz (SOD) enzim aktivitesi

Araştırmanın yürütüldüğü 2013 ve 2014 yıllarında farklı sulama seviyeleri ve bakteri uygulama konularından elde edilen SOD enzim aktivitesine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.37'de sunulmuş ve ortalamalara ait veriler Çizelge 4.38'de gösterilmiştir. Çizelge 4.37'de görüleceği üzere 2013, 2014 ve 2013-2014 yıllarına ait sulama seviyeleri ve bakteri uygulamaları istatistiksel olarak önemli ($p<0,001$) bulunmuş, S×B interaksiyonları ve her iki yıl ortalama değerlerinin S×B×Y, S×Y, B×Y interaksiyonları ile yıl faktörünün istatistiksel olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.38'de gösterilen SOD enzim aktivitesi analiz sonuçlarına göre 2013 yılında tam sulamanın yapıldığı S1 sulama konusunda ortalama SOD enzim aktivitesi 131,07EU g/bitki iken artan kısıntılı sulamalarla bu değer azalarak S4

sulamasında 116,45 EU g/bitki olarak belirlenmiştir. Artan su kısıtlarına bağlı olarak S4 konusunda SOD enzim aktivitesinin azaldığı, bakteri uygulamalarındaki değişimlerin ise istatistiki olarak B2 bakteri uygulamasında en yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Araştırmada 2014 yılı verilerine ait ortalamalar incelendiğinde 2013 yılı ile benzer sonuçlar gözlenmekle beraber tam sulama konusunda 132,20 EU g/bitki SOD enzim aktivitesinde edilirken bu değer S4 de 117,35 EU g/bitki seviyelerine düşmüş, bakteri uygulamalarına ait ortalamalar incelendiğinde ise en yüksek SOD enzim aktivitesi önceki yılda olduğu gibi B2 bakteri uygulamasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.38).

2013-2014 yıllarına ait ortalamalara bakıldığında ise sulama seviyelerine bağlı olarak SOD enzim aktivitesinin S3 ve S4 sulamalarında azaldığı, bu değerlerin B2 bakteri uygulaması ile artış gösterdiği saptanmıştır (Çizelge 4.38).

Çizelge 4.37. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının SOD enzim aktivitesine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	725,70	10,87	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	497,55	7,45	0,000***
	S×B	12	23,72	0,36	0,971 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	751,909	9,96	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	482,453	6,39	0,000***
	S×B	12	45,968	0,61	0,821 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	1476,37	20,75	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	975,64	13,71	<,000***
	Yıllar (Y)	1	47,56	0,67	0,416 ^{NS}
	S×B×Y	12	9,68	0,14	0,999 ^{NS}
	S×Y	3	1,24	0,02	0,996 ^{NS}
	B×Y	4	4,36	0,06	0,992 ^{NS}
	S×B	12	60,00	0,84	0,606 ^{NS}

NS: $p > 0,05$ de önemsiz ve *** $p < 0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.38. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının SOD enzim aktivitesine (EU g/bitki) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	125,37	123,24	118,28	108,95	118,96C***
	B1	132,98	128,15	121,31	116,03	124,62BC
	B2	142,81	142,9	134,9	123,08	135,92A
	B3	129,19	135,19	130,64	120,21	128,81B
	B4	125,02	127,19	126,19	113,99	123,1BC
Ortalama		131,07A***	131,33A	126,26A	116,45B	126,28
2014	Kontrol	126,21	125,79	119,95	111,91	120,96C***
	B1	133,10	132,39	122,82	115,15	125,86BC
	B2	148,52	140,05	138,46	123,95	137,75A
	B3	126,61	137,90	130,60	119,47	128,64B
	B4	126,56	126,36	128,71	116,29	124,48BC
Ortalama		132,20A***	132,50A	128,11A	117,35B	127,538
2013-2014	Kontrol	125,79	124,52	119,12	110,43	119,96D***
	B1	133,04	130,27	122,07	115,59	125,24BC
	B2	145,67	141,48	136,68	123,52	136,83A
	B3	127,90	136,55	130,62	119,84	128,73B
	B4	125,79	126,78	127,45	115,14	123,79CD
Ortalama		131,64A***	131,92A	127,19B	116,9C	126,91^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz. *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.1.16.c. Peroksidaz (POD) enzim aktivitesi

Kısıntılı ve tam sulanmış parsellerde yetiştirilen lahanada bitkilerinde farklı bakteri uygulamalarının POD enzim aktivitesine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.39'da, araştırma konularından elde edilen POD enzim aktivitesi değerlerine ait veriler ise Çizelge 4.40'da sunulmuştur. Çizelge 4.39'da görüleceği üzere 2013, 2014 ve 2013-2014 yıllarına POD enzim aktivitesine ait sulama seviyeleri ve bakteri uygulamaları istatistiksel olarak önemli ($p<0,001$) bulunmuş, $S \times B$ ve her iki yıl ortalama değerlerine ait $S \times B \times Y$, $S \times Y$, $B \times Y$ etkileşimleri ile yıl faktörünün istatistiksel olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.40'da görüleceği üzere 2013 ve 2014 yılı ile 2013-2014 yılları ortalamasında artan kısıntılı sulamalara bağlı olarak POD enzim aktivitesinin azaldığı tespit edilmiştir. Bakteri uygulamaları incelendiğinde POD enzim

aktivitesinin araştırmanın yürütüldüğü 2013 (5985 EU g/bitki) ve 2014 (5869 EU g/bitki) yıllarında ve yıllar ortalamasında (5927 EU g/bitki) kontrol uygulamasına göre belirgin artışın B2 uygulamasından elde edildiği görülmektedir (Çizelge 4. 40).

Çizelge 4.39. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının POD enzim aktivitesine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	2388795,21	8,23	0,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	1760028,87	6,06	0,000***
	S×B	12	130162,95	0,45	0,932 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	2377030,11	8,13	0,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	1683036,73	5,75	0,000***
	S×B	12	157563,83	0,54	0,876 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	4764785,21	16,35	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	3431557,53	11,77	<,000***
	Yıllar (Y)	1	509994,41	1,75	0,189 ^{NS}
	S×B×Y	12	22865,76	0,08	1,000 ^{NS}
	S×Y	3	1040,12	0,00	0,999 ^{NS}
	B×Y	4	11508,08	0,04	0,997 ^{NS}
	S×B	12	264861,03	0,91	0,542 ^{NS}

NS: p>0,05 de önemsiz ve ***p<0,001 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

Çizelge 4.40. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının POD enzim aktivitesine (EU g/bitki) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	5420	5311	5020	4232	4996C***
	B1	5624	5421	5099	4652	5199BC
	B2	6223	6259	6046	5412	5985A
	B3	5221	5816	5704	5107	5462B
	B4	5214	5661	5366	4540	5195BC
Ortalama		5540A***	5693A	5447A	4788B	5367
2014	Kontrol	5221	5298	4923	4189	4908B***
	B1	5478	5435	4990	4450	5088B
	B2	6348	5946	5965	5217	5869A
	B3	4960	5642	5545	4890	5259B
	B4	5091	5416	5205	4534	5061B
Ortalama		5419A***	5547A	5325A	4656B	5237
2013-2014	Kontrol	5320	5304	4971	4210	4952C***
	B1	5551	5428	5044	4551	5143BC
	B2	6285	6102	6005	5314	5927A
	B3	5091	5729	5624	4998	5360B
	B4	5152	5539	5285	4537	5128BC
Ortalama		5480A***	5620A	5386A	4722B	5302^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz. *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur.

4.1.17. Hormon (absisik asit, gibberellik asit, salisilik asit ve indol asetik asit) miktarı

4.1.17.a. Absisik asit miktarı

Kısıntılı sulamalara maruz kalan ve tam sulama koşullarında yetiştirilen lahanada bitkilerinde bakteri uygulamalarının absisik asit miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.41’de gösterilmiş ve elde edilen veriler Çizelge 4.42’de sunulmuştur. Çizelge 4.41’de görüleceği üzere 2013, 2014 ve 2013-2014 yıllarına ait sulama seviyeleri ve bakteri uygulamaları istatistiksel olarak önemsiz ($p>0,05$) bulunmuş, $S \times B$ ve her iki yıl ortalama değerlerine ait $S \times B \times Y$, $S \times Y$ ve $B \times Y$ etkileşimlerinin önemsiz ($p>0,05$) olduğu belirlenmiştir. Ayrıca 2013-2014 yılı ortalamalarında yıl faktörü istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) bulunmuştur.

Çizelge 4.42’de görüleceği üzere her iki yıl verileri ile 2013-2014 yılları ortalamasında artan sulama kısıtlarına bağlı olarak kuraklık stresinin bitkilerde absisik asit miktarını arttırdığı, en fazla artışın S4 sulama seviyesinde olduğu gözlenmiştir. Sulama seviyelerine bağlı olarak değişen absisik asit miktarı önemli bulunurken bakteri uygulamalarının bitkilerdeki absisik asit miktarı ile ilgili değişimlerin istatistiksel olarak önemsiz olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.41. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının absisik asit miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	0,02	48,49	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,00	0,27	0,894 ^{NS}
	S×B	12	0,00	0,47	0,922 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	0,02	30,68	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,00	0,27	0,894 ^{NS}
	S×B	12	0,00	0,32	0,981 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	0,05	74,04	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,00	0,53	0,713 ^{NS}
	Yıllar (Y)	1	0,00	5,17	0,025*
	S×B×Y	12	0,00	0,01	1,000 ^{NS}
	S×Y	3	0,00	0,08	0,973 ^{NS}
	B×Y	4	0,00	0,01	0,999 ^{NS}
	S×B	12	0,00	0,73	0,714 ^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz. * $p<0,05$ ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.42. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının absisik asit miktarına (ng/μl) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	0,12	0,16	0,17	0,23	0,17^{NS}
	B1	0,12	0,16	0,18	0,21	0,17
	B2	0,12	0,16	0,17	0,20	0,16
	B3	0,12	0,15	0,16	0,21	0,16
	B4	0,12	0,15	0,16	0,23	0,165
Ortalama		0,12C***	0,15B	0,17B	0,21A	0,16B
2014	Kontrol	0,13	0,16	0,18	0,25	0,18^{NS}
	B1	0,13	0,18	0,19	0,23	0,18
	B2	0,13	0,17	0,18	0,21	0,17
	B3	0,13	0,16	0,17	0,23	0,17
	B4	0,12	0,16	0,16	0,24	0,17
Ortalama		0,13C***	0,16B	0,18B	0,23A	0,18A
2013-2014	Kontrol	0,13	0,16	0,18	0,24	0,17^{NS}
	B1	0,13	0,17	0,19	0,22	0,17
	B2	0,13	0,17	0,18	0,21	0,17
	B3	0,13	0,16	0,17	0,22	0,17
	B4	0,12	0,16	0,16	0,24	0,16
Ortalama		0,12D***	0,16C	0,17B	0,23A	0,16*

NS: $p>0,05$ de önemsiz. * $p<0,05$ ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.1.17.b. Gibberellik asit miktarı

Araştırma konularından elde edilen gibberellik asit miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.43’de verilmiştir. Çizelge 4.43’de görüleceği üzere 2013 ve 2014 yılları ile 2013-2014 yılları ortalamaları incelendiğinde sulama seviyelerinin ortalama değerlerinin istatistiki olarak önemli ($p<0,001$) olduğu belirlenmiş, bakteri uygulamaları ile tüm uygulama faktörlerinin interaksyonlarının istatistiki olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğu görülmüştür.

Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının gibberellik asit miktarı üzerine etkisi Çizelge 4.44’de gösterilmektedir. 2013 ve 2014 yılları ile 2013-2014 yılları ortalamalarında S1 sulama seviyesinde en fazla gibberellik asit miktarı elde edilirken artan su kısıtlarına bağlı olarak lahanada gibberellik asit miktarının azaldığı tespit edilmiştir. Çalışmada bakteri

uygulamalarının lahanada gibberellik asit miktarını istatistiki olarak önemli düzeyde etkilemediği saptamıştır.

Çizelge 4.43. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının gibberellik asit miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	1972,13	28,68	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	99,13	1,44	0,238 ^{NS}
	S×B	12	3,72	0,05	1,000 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	1910,53	6,19	0,001***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	98,19	0,32	0,864 ^{NS}
	S×B	12	10,60	0,03	1,000 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	3880,89	20,56	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	196,30	1,04	0,391 ^{NS}
	Yıllar (Y)	1	1166,56	6,18	0,015*
	S×B×Y	12	5,05	0,03	1,000 ^{NS}
	S×Y	3	1,77	0,01	0,998 ^{NS}
	B×Y	4	1,02	0,01	0,999 ^{NS}
	S×B	12	9,27	0,05	1,000 ^{NS}

NS: p>0,05 de önemsiz * p<0,05 ve ***p<0,001 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.44. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının gibberellik asit miktarına (ng/μl) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	179,84	172,15	162,30	153,92	167,05 ^{NS}
	B1	184,48	177,56	168,51	159,96	172,62
	B2	185,3	179,35	169,58	159,54	173,44
	B3	184,54	177,96	167,94	155,13	171,39
	B4	181,15	171,95	163,41	154,78	167,82
Ortalama		183,06A***	175,79B	166,35C	156,67C	170,46B
2014	Kontrol	186,63	178,8	168,44	159,87	173,43 ^{NS}
	B1	191,66	184,41	175,09	166,14	179,32
	B2	192,11	185,88	175,07	165,51	179,64
	B3	184,64	184,79	175,89	162,56	176,97
	B4	188,15	178,5	169,77	160,24	174,16
Ortalama		188,63A***	182,47AB	172,85BC	162,86C	176,70A
2013-2014	Kontrol	183,23	175,47	165,37	156,89	170,24
	B1	188,07	180,98	171,80	163,05	175,97
	B2	188,70	182,61	172,32	162,52	176,54
	B3	184,59	181,37	171,91	158,845	174,18
	B4	184,65	175,22	166,59	157,51	170,99
Ortalama		185,85A***	179,13A	169,60B	159,76C	173,58*

NS: p>0,05 de önemsiz * p<0,05 ve ***p<0,001 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.1.17.c. Salisilik asit miktarı

Araştırma konularından elde edilen salisilik asit miktarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.45’de verilmiştir. Çizelge 4.45’de görüleceği üzere 2013 ve 2014 yılları ile 2013-2014 yılları ortalaması incelendiğinde salisilik asit miktarlarına ilişkin sulama seviyelerinin ortalama değerlerinin istatistiki olarak önemli ($p<0,001$) olduğu belirlenmiş, bakteri uygulamaları ile uygulama faktörlerinin interaksiyonlarının istatistiki olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğu görülmüştür.

Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının salisilik asit miktarı üzerine etkisi Çizelge 4.46’da gösterilmektedir. 2013 ve 2014 yılları ortalamasında S1ve S2 sulama konusunda en fazla salisilik asit miktarı elde edilirken artan kısıntılı sulamalara bağlı olarak bu değer azalmış ve her iki yıl değerleri göz önüne alındığında S4 konusunda en düşük salisilik asit değeri elde edilmiştir. Bakteri uygulamalarının her iki yıl değerleri incelendiğinde ise istatistiksel olarak önemli bir değişim gözlenmemiştir (Çizelge 4.46).

Çizelge 4.46’da görüleceği üzere 2013-2014 yılları ortalama değerlerine göre en fazla salisilik asit miktarı S1 konusundan elde edilmiş, artan kısıntılı sulamalara bağlı olarak salisilik asit miktarı azalmış ve en düşük değer S4 konusunda tespit edilmiştir. Bakteri uygulamalarının ortalama değerlerinin ise en fazla salisilik asit miktarındaki değişimin B1 uygulamasında olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.45. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının salisilik asit miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	1972,13	28,68	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	99,13	1,44	0,238 ^{NS}
	S×B	12	3,72	0,05	1,000 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	1910,53	6,19	0,001***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	98,19	0,32	0,864 ^{NS}
	S×B	12	10,60	0,03	1000 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	3880,89	20,56	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	196,3	1,04	0,391 ^{NS}
	Yıllar (Y)	1	1166,56	6,18	0,015*
	S×B×Y	12	5,05	0,03	1,000 ^{NS}
	S×Y	3	1,77	0,01	0,998 ^{NS}
	B×Y	4	1,02	0,01	0,999 ^{NS}
	S×B	12	9,27	0,05	1,000 ^{NS}

NS: p>0,05 de önemsiz. * p<0,05 ve ***p<0,001 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

Çizelge 4.46. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının salisilik asit miktarına (ng/μl) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	62,57	59,56	55,70	49,08	56,73 ^{NS}
	B1	63,73	60,75	57,13	52,31	58,48
	B2	63,79	60,72	55,42	50,42	57,58
	B3	61,74	58,42	51,33	46,52	54,50
	B4	61,31	58,49	53,12	48,12	55,26
Ortalama		62,62A***	59,59A	54,54B	49,29C	56,51B
2014	Kontrol	63,78	60,69	56,25	49,86	57,65 ^{NS}
	B1	64,91	61,89	58,18	53,61	59,65
	B2	65,06	61,94	56,59	51,43	58,75
	B3	62,94	59,53	52,29	48,46	55,80
	B4	62,53	59,68	54,23	48,61	56,26
Ortalama		63,84A***	60,74A	55,51B	50,39C	57,62A
2013-2014	Kontrol	63,18	60,13	55,98	49,47	57,19ABC*
	B1	64,32	61,32	57,66	52,96	59,06A
	B2	64,43	61,33	56,01	50,93	58,17AB
	B3	62,34	58,98	51,81	47,49	55,15C
	B4	61,92	59,09	53,68	48,37	55,76BC
Ortalama		63,24A***	60,17B	55,02C	49,84D	57,06*

NS: p>0,05 de önemsiz. * p<0,05 ve ***p<0,001 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.1.17.d. İndol asetik asit miktarı

Araştırma konularından elde edilen indol asetik asit miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.47’de verilmiştir. Çizelge 4.47’de görüleceği üzere 2013 ($p<0,001$) ve 2014 ($p<0,05$) yılları ile 2013-2014 yılları ortalaması ($p<0,001$) incelendiğinde indol asetik asit miktarlarına ilişkin sulama seviyelerinin ortalama değerlerinin istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiş, bakteri uygulama konularının ortalama değerleri ise istatistiki olarak önemsiz ($p>0,05$) bulunmuştur. Uygulamalara ait ortalamaların interaksiyonlarına bakıldığında $S\times Y$ interaksiyonun önemli olduğu $S\times B\times Y$, $B\times Y$ ve $S\times B$ interaksiyonu ile yıl faktörünün istatistiki olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğu belirlenmiştir.

Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının indol asetik asit miktarı üzerine etkisi Çizelge 4.48’de gösterilmektedir. Çizelge 4.48’de görüleceği üzere her iki yıl değerleri incelendiğinde tam sulama konusunda en fazla indol asetik asit miktarı elde edilirken artan kısıntılı sulamalara bağlı olarak bu değerlerin azaldığı ve en düşük değerlerin 2013 yılında S4, 2014 yılında S3 ve S4, 2013-2014 yıllar ortalamasında S4 konusundan elde edildiği belirlenmiştir. Kuraklık stresinden kaynaklanan indol asetik asit miktarındaki azalmaların bakteri uygulamaları ile ilgili değişimlerinin ise istatistiksel olarak önemsiz ($p>0,05$) bulunduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.47. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının indol asetik asit miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	10,29	179,55	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,005	0,09	0,984 ^{NS}
	S×B	12	0,018	0,32	0,982 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	1,383	3,58	0,021*
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,059	0,15	0,960 ^{NS}
	S×B	12	0,099	0,26	0,992 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	9,123	41,14	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,042	0,19	0,941 ^{NS}
	Yıllar (Y)	1	0,172	0,78	0,380 ^{NS}
	S×B×Y	12	0,05	0,23	0,996 ^{NS}
	S×Y	3	2,555	11,53	<,000***
	B×Y	4	0,022	0,1	0,982 ^{NS}
	S×B	12	0,066	0,3	0,987 ^{NS}

NS: p>0,05 de önemsiz. * p<0,05 ve ***p<0,001 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.48. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının indol asetik asit (ng/μl) miktarına etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	9,88	9,36	8,33	8,08	8,91 ^{NS}
	B1	9,95	9,32	8,43	8,12	8,95
	B2	9,89	9,24	8,53	8,09	8,93
	B3	9,91	9,33	8,59	8,03	8,96
	B4	9,85	9,47	8,46	8,03	8,95
Ortalama		9,9A***	9,34B	8,47C	8,07D	8,94
2014	Kontrol	8,87	9,27	8,72	8,46	8,83 ^{NS}
	B1	9,32	8,81	8,82	8,46	8,85
	B2	8,75	9,24	8,89	8,48	8,84
	B3	9,28	9,27	9,01	8,42	8,99
	B4	9,09	8,96	8,86	8,39	8,82
Ortalama		9,06A*	9,11A	8,86AB	8,44B	8,86
2013-2014	Kontrol	9,37	9,31	8,52	8,27	8,87 ^{NS}
	B1	9,63	9,06	8,62	8,29	8,90
	B2	9,32	9,24	8,71	8,28	8,89
	B3	9,59	9,30	8,80	8,22	8,98
	B4	9,47	9,21	8,66	8,21	8,89
Ortalama		9,47A***	9,22B	8,66C	8,25D	8,90 ^{NS}

NS: p>0,05 de önemsiz. * p<0,05 ve ***p<0,001 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur.

4.1.18. Organik asit (süksinik, fumarik, maleik sitrik, laktik, malik ve bütirik asit) miktarı

4.1.18.a. Süksinik asit miktarı

Araştırma konularından elde edilen süksinik asit değerleri arasındaki farkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.49'da verilmiştir. 2013 ve 2014 yıllarında sulama seviyeleri ve bakteri uygulamalarının lahanada süksinik asit miktarı üzerine etkisinin istatistiki olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğu, her iki yılın ortalamasında sulama seviyesinin önemli ($p<0,01$) olduğu belirlenmiştir. Uygulama konularına ait 2013-2014 yılı ortalama değerlerine göre $S \times B \times Y$, $B \times Y$, $S \times Y$ ve $S \times B$ interaksyonu ile yıl faktörünün istatistiki olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğu görülmüştür (Çizelge 4.49). Kuraklık stresine maruz kalan lahana fidelerine uygulanan bakterilerin bitkilerde süksinik asit miktarına ait ortalama verileri Çizelge 4.50'de gösterilmektedir. 2013 ve 2014 yıllarında sulama seviyelerindeki süksinik asit miktarı değişimleri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Her iki yıl ortalamalarının süksinik asit miktarlarının ise S1 sulamasına göre S3 ve S4 konularında arttığı görülmüştür. Bakteri uygulamalarına ait değişimler incelendiğinde 2013, 2014 yılı ile 2013-2014 yıllar ortalamasında süksinik asit miktarı değişimleri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.49. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının süksinik asit miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	116,48	2,08	0,118 ^{NS}
	Bakteri uygulamaları (B)	4	9,44	0,17	0,953 ^{NS}
	S×B	12	4,94	0,09	1,000 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	154,89	1,60	0,203 ^{NS}
	Bakteri uygulamaları (B)	4	8,84	0,09	0,984 ^{NS}
	S×B	12	4,66	0,05	1,000 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	267,89	3,51	0,019*
	Bakteri uygulamaları (B)	4	18,24	0,24	0,915 ^{NS}
	Yıllar (Y)	1	85,64	1,12	0,292 ^{NS}
	S×B×Y	12	0,22	0,00	1,000 ^{NS}
	S×Y	3	3,49	0,05	0,986 ^{NS}
	B×Y	4	0,04	0,00	1,000 ^{NS}
	S×B	12	9,38	0,12	0,999 ^{NS}

NS: p>0,05 de önemsiz ve * p<0,05 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.50. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının süksinik asit miktarına (ng/μl) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	13,99	17,64	23,2	19,59	18,61 ^{NS}
	B1	14,94	17,47	21,06	18,05	17,88
	B2	15,11	15,12	20,27	21,12	17,91
	B3	16,65	18,14	20,25	19,80	18,71
	B4	15,75	19,10	22,72	22,68	20,06
Ortalama		15,29 ^{NS}	17,49	21,5	20,25	18,63
2014	Kontrol	15,55	18,96	25,70	20,42	20,16 ^{NS}
	B1	16,05	19,93	23,28	19,36	19,66
	B2	16,06	16,90	22,94	22,62	19,63
	B3	17,85	19,69	23,04	21,18	20,44
	B4	17,23	20,74	25,69	23,26	21,73
Ortalama		16,53 ^{NS}	19,24	24,13	21,37	20,32
2013-2014	Kontrol	14,77	18,30	24,45	20,01	19,38 ^{NS}
	B1	15,50	18,70	22,17	18,71	18,77
	B2	15,59	16,01	21,61	21,87	18,77
	B3	17,25	18,92	21,65	20,49	19,58
	B4	16,49	19,92	24,21	22,97	20,9
Ortalama		15,92B*	18,37AB	22,81A	20,81A	19,48 ^{NS}

NS: p>0,05 de önemsiz ve * p<0,05 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.1.18.b. Fumarik asit miktarı

Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bitkilerine uygulanan bakterilerin fumarik asit miktarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.51’de verilmiş, uygulama konularından elde edilen ortalamalara ait veriler ise Çizelge 4.52’de gösterilmiştir. Çizelge 4.51’de sulama seviyeleri ve bakteri uygulamalarına bağlı olarak değişen fumarik asit miktarları 2013 ve 2014 yıllarında istatistiki olarak önemsiz ($p>0,05$) bulunurken, 2013-2014 yıllar ortalamasının sulama seviyelerinde oluşturduğu fark istatistiki olarak önemli ($p<0,01$) olduğu belirlenmiştir. Uygulama konularına ait 2013-2014 yılı ortalama değerlerine göre $S \times B \times Y$, $B \times Y$, $S \times Y$ ve $S \times B$ interaksiyonu ile yıl faktörünün istatistiki olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.52’de görüleceği üzere 2013 ve 2014 yılı değerleri incelendiğinde tam sulama konusunda en düşük fumarik asit miktarı elde edilirken artan kısıntılı sulamalara bağlı olarak bu değer artmış, fakat bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bakteri uygulamalarında da benzer şekilde her iki yıl ortalama değerlerinde meydana gelen değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.51. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının fumarik asit miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	0,82	2,29	0,092 ^{NS}
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,11	0,33	0,859 ^{NS}
	$S \times B$	12	0,11	0,32	0,981 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	0,76	2,37	0,085 ^{NS}
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,09	0,31	0,872 ^{NS}
	$S \times B$	12	0,11	0,34	0,976 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	1,59	4,65	0,004**
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,21	0,63	0,642 ^{NS}
	Yıllar (Y)	1	0,25	0,75	0,390 ^{NS}
	$S \times B \times Y$	12	0,00	0,00	1,000 ^{NS}
	$S \times Y$	3	0,00	0,01	0,999 ^{NS}
	$B \times Y$	4	0,00	0,00	1,000 ^{NS}
	$S \times B$	12	0,22	0,66	0,785 ^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz ve ** $P<0,01$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.52. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının fumarik asit miktarına (ng/μl) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	1,80	1,94	2,34	1,90	1,99^{NS}
	B1	1,56	1,82	2,28	1,86	1,88
	B2	1,6	1,68	2,29	2,56	2,03
	B3	1,99	1,89	2,22	2,3	2,10
	B4	1,83	1,64	1,99	2,03	1,87
Ortalama		1,76^{NS}	1,79	2,22	2,13	1,97
2014	Kontrol	1,73	1,85	2,23	1,79	1,90^{NS}
	B1	1,47	1,75	2,22	1,76	1,80
	B2	1,51	1,61	2,19	2,42	1,93
	B3	1,90	1,80	2,13	2,18	2,00
	B4	1,75	1,57	1,91	1,92	1,78
Ortalama		1,67^{NS}	1,71	2,13	2,01	1,88
2013-2014	Kontrol	1,76	1,89	2,285	1,85	1,95^{NS}
	B1	1,56	1,78	2,25	1,81	1,84
	B2	1,55	1,64	2,24	2,49	1,98
	B3	1,94	1,84	2,17	2,24	2,05
	B4	1,79	1,60	1,95	1,97	1,83
Ortalama		1,71B**	1,75B	2,17A	2,07A	1,93^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz ve $**p<0,01$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.1.18.c. Maleik asit miktarı

Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının maleik asit miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.53’de verilmiş, uygulama konularından elde edilen ortalamalara ait veriler ise Çizelge 4.54’de gösterilmiştir. Çizelge 4.53’de görüleceği üzere her iki yıl değerleri incelendiğinde sulama seviyelerin istatistiki olarak önemli olduğu, bakteri uygulamalarının ise 2013 yılı ortalama değerlerinde önemli, 2014 yılında ise önemsiz olduğu belirlenmiştir. Uygulama konularına ait 2013-2014 yılı ortalama değerlerine göre $S \times B \times Y$, $B \times Y$, $S \times Y$ ve $S \times B$ interaksyonu ile yıl faktörünün önemsiz ($p>0,05$) olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.53).

2013, 2014 ve 2013-2014 verileri ortalama değerleri incelediğinde tam sulama konusunda en düşük maleik asit miktarı elde edilirken artan kısıntılı sulamalara

bağlı olarak lahanada maleik asit miktarının arttığı tespit edilmiştir. Denemenin ilk yılında bakteri uygulamaları arasındaki fark incelendiğinde en fazla maleik asit miktarı B4 uygulamasında elde edilmiş, fakat bu artış kontrol uygulaması ile aynı önem düzeyinde bulunmuştur. İkinci yıl uygulamalarında ise maleik asit miktarı arasında istatistiksel anlamda farklılık tespit edilmemiştir (Çizelge 4.54). 2013-2014 yılları ortalamasında ise B1, B2 ve B3 bakteri uygulamalarında kontrol konusuna göre azalma, B4 uygulamasında artış görülmüş, fakat bu artışın kontrol konusu ile aynı önem düzeyinde olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.54).

Çizelge 4.53. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının maleik asit miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	5,49	2,97	0,043*
	Bakteri uygulamaları (B)	4	4,93	2,66	0,046*
	S×B	12	1,39	0,75	0,694 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	6,41	3,3	0,029*
	Bakteri uygulamaları (B)	4	4,73	2,44	0,062 ^{NS}
	S×B	12	1,41	0,73	0,714 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	11,87	6,25	0,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	9,67	5,09	0,001**
	Yıllar (Y)	1	0,08	0,05	0,832 ^{NS}
	S×B×Y	12	0,00	0,00	1,000 ^{NS}
	S×Y	3	0,04	0,02	0,995 ^{NS}
	B×Y	4	0,00	0,00	1,000 ^{NS}
	S×B	12	2,79	1,47	0,151 ^{NS}

NS: $p > 0,05$ de önemsiz. * $p < 0,05$ ve *** $p < 0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.54. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının maleik asit miktarına (ng/μl) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	1,98	3,33	4,71	3,94	3,49A*
	B1	2,49	2,64	2,57	2,34	2,51B
	B2	1,78	1,95	2,45	2,31	2,12B
	B3	2,17	3,17	2,89	2,22	2,61AB
	B4	1,71	3,27	4,60	4,74	3,58A
Ortalama		2,03B*	2,87AB	3,44A	3,11A	2,86
2014	Kontrol	1,99	3,35	4,98	3,77	3,52 ^{NS}
	B1	2,52	2,78	2,61	2,40	2,58
	B2	1,79	2,04	2,57	2,32	2,18
	B3	2,15	3,19	3,09	2,27	2,68
	B4	1,7	3,35	4,75	4,71	3,63
Ortalama		2,03B*	2,94AB	3,60A	3,09A	2,92
2013-2014	Kontrol	1,99	3,34	4,85	3,86	3,51A**
	B1	2,51	2,71	2,59	2,37	2,54B
	B2	1,79	2,00	2,51	2,32	2,15B
	B3	2,16	3,18	2,99	2,25	2,64B
	B4	1,71	3,31	4,68	4,73	3,60A
Ortalama		2,03***	2,91AB	3,52A	3,10A	2,89 ^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz. * $p<0,05$ ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.1.18.d. Sitrik asit miktarı

Araştırma konularından elde edilen sitrik asit miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.55’de verilmiştir. Çizelge 4.55’de görüleceği üzere uygulama konularına ait 2013-2014 yılı ortalama değerlerine göre sulama seviyeleri arasındaki değişim önemli ($p<0,001$) görülürken, $S \times B \times Y$, $B \times Y$, $S \times Y$ ve $S \times B$ interaksyonu ile yıl faktörünün önemsiz ($p>0,05$) olduğu belirlenmiştir.

Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının sitrik asit miktarı üzerine etkisi Çizelge 4.56’da gösterilmektedir. Çizelge 4.56 incelendiğinde her iki yıl değerleri ile 2013-2014 yılı ortalamalarında en yüksek sitrik asit miktarının S3 sulama seviyesinde olduğu belirlenmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü her iki yıl ve 2013-2014 yıllar ortalamalarında bakteri uygulamalarının lahanada

sitrik asit miktarı üzerine etkisinin istatistiksel anlamda önemli olmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.55. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının sitrik asit miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	4,62	1,34	0,276 ^{NS}
	Bakteri uygulamaları (B)	4	1,36	0,39	0,812 ^{NS}
	S×B	12	1,70	0,49	0,907 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	5,27	1,48	0,234 ^{NS}
	Bakteri uygulamaları (B)	4	1,24	0,35	0,842 ^{NS}
	S×B	12	1,67	0,47	0,921 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	12,96	4,53	0,005 ^{***}
	Bakteri uygulamaları (B)	4	2,82	0,99	0,419 ^{NS}
	Yıllar (Y)	1	0,15	0,06	0,814 ^{NS}
	S×B×Y	12	0,00	0,00	1,000 ^{NS}
	S×Y	3	0,01	0,00	0,999 ^{NS}
	B×Y	4	0,00	0,00	1,000 ^{NS}
	S×B	12	1,74	0,61	0,827 ^{NS}

NS: p>0,05 de önemsiz ve ***p<0,001 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.56. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının sitrik asit miktarına (ng/μl) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	6,44	7,19	7,76	4,79	6,55 ^{NS}
	B1	5,47	5,56	7,27	5,25	5,89
	B2	4,98	4,68	6,36	6,62	5,66
	B3	6,13	6,32	6,49	5,99	6,23
	B4	6,42	6,16	6,53	5,32	6,11
Ortalama		5,89 ^{NS}	5,98	6,88	5,59	6,09
2014	Kontrol	6,43	7,07	7,66	4,67	6,46 ^{NS}
	B1	5,37	5,58	7,21	5,13	5,82
	B2	4,86	4,66	6,39	6,55	5,62
	B3	6,08	6,20	6,51	5,87	6,17
	B4	6,37	6,02	6,56	5,19	6,04
Ortalama		5,82 ^{NS}	5,9	6,86	5,48	6,02
2013-2014	Kontrol	6,44	7,13	7,71	4,73	6,50 ^{NS}
	B1	5,42	5,57	7,24	5,19	5,86
	B2	4,92	4,67	6,38	6,59	5,64
	B3	6,11	6,26	6,50	5,93	6,20
	B4	6,40	6,09	6,55	5,26	6,07
Ortalama		5,86B ^{***}	5,94AB	6,87A	5,54B	6,05 ^{NS}

NS: p>0,05 de önemsiz ve ***p<0,001 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.1.18.e. Laktik asit miktarı

Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamakonularından elde edilen laktikasit miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.57’de, ortalamalara ait veriler ise Çizelge 4.58’de gösterilmiştir. Çizelge 4.57’de görüleceği üzere uygulama konularına ait 2013-2014 yılı ortalama değerlerine göre sulama seviyeleri arasındaki değişim önemli ($p<0,001$) görülürken, $S\times B\times Y$, $B\times Y$, $S\times Y$ ve $S\times B$ interaksyonu ile yıl faktörünün önemsiz ($p>0,05$) olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.58’de görüleceği üzere her iki yıl değerleri incelendiğinde S1 sulama konusunda en düşük laktik asit miktarı elde edilirken artan sulama kısıtlamaları ile bu değer artmış, fakat ortalamalar arsındaki fark istatistiki olarak önemsiz ($p<0,05$) görülmüştür. Benzer şekilde lahanada laktik asit miktarı bakımından bakteri uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz ($p<0,05$) bulunmuştur.

Çizelge 4.57. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının laktikasitmiktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	6,50	2,30	0,092 ^{NS}
	Bakteri uygulamaları (B)	4	1,40	0,49	0,739 ^{NS}
	$S\times B$	12	0,85	0,30	0,985 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	6,48	2,24	0,098 ^{NS}
	Bakteri uygulamaları (B)	4	1,42	0,49	0,741 ^{NS}
	$S\times B$	12	0,89	0,31	0,983 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	12,96	4,53	0,005***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	2,82	0,99	0,419 ^{NS}
	Yıllar (Y)	1	0,15	0,06	0,814 ^{NS}
	$S\times B\times Y$	12	0,00	0,00	1,000 ^{NS}
	$S\times Y$	3	0,01	0,00	0,999 ^{NS}
	$B\times Y$	4	0,00	0,00	1,000 ^{NS}
	$S\times B$	12	1,74	0,61	0,827 ^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

Çizelge 4.58. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının laktik asit miktarına (ng/μl) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	5,07	5,75	6,83	5,67	5,83 ^{NS}
	B1	4,59	5,48	6,11	5,42	5,40
	B2	3,58	4,35	5,25	6,73	4,98
	B3	4,79	5,22	5,73	5,88	5,41
	B4	4,38	4,94	5,69	5,15	5,04
Ortalama		4,48 ^{NS}	5,15	5,92	5,77	5,33
2014	Kontrol	5,17	5,87	6,91	5,67	5,91 ^{NS}
	B1	4,67	5,62	6,14	5,42	5,46
	B2	3,60	4,44	5,36	6,78	5,05
	B3	4,86	5,29	5,89	5,92	5,49
	B4	4,45	4,99	5,86	5,15	5,11
Ortalama		4,55 ^{NS}	5,24	6,03	5,79	5,4
2013-2014	Kontrol	5,12	5,81	6,87	5,67	5,87 ^{NS}
	B1	4,63	5,55	6,13	5,42	5,43
	B2	3,59	4,40	5,31	6,76	5,01
	B3	4,83	5,26	5,81	5,90	5,45
	B4	4,42	4,97	5,78	5,15	5,08
Ortalama		4,52B***	5,20AB	5,98A	5,78A	5,36 ^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsizve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.1.18.f. Malik asit miktarı

Araştırma konularından elde edilen malik asit değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.59’da verilmiştir. Çizelge 4.59’da görüleceği üzere her iki yıl malik asit miktarına ait ortalama değerler incelendiğinde sulama seviyeleri arasındaki değişim istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) bulunurken, bakteri uygulamaları arasındaki fark önemsiz ($p>0,05$) olduğu görülmüştür. Benzer şekilde 2013-2014 yılı ortalama verileri incelendiğinde sulama seviyelerinin ortalama değerlerinin istatistiki olarak önemli olduğu ($p<0,001$) görülmüş, $S \times B \times Y$, $B \times Y$, $S \times Y$ ve $S \times B$ interaksyonu ile yıl faktörünün önemsiz ($p>0,05$) olduğu belirlenmiştir.

Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının malik asit miktarı üzerine etkisi Çizelge 4.60’da gösterilmektedir. Sulama seviyelerine göre

malik asit miktarının 2013, 2014 ve 2013-2014 ortalama verilerinde tam sulama konusuna göre en yüksek malik asit değeri S3 konusundan elde edilmiştir. Denemede bakteri uygulamaları incelendiğinde ise ortalamalar arasındaki malik asit değerlerine ait farkın istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.59. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının malik asit miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	21,68	3,45	0,025*
	Bakteri uygulamaları (B)	4	5,21	0,83	0,514 ^{NS}
	S×B	12	1,27	0,20	0,997 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	20,66	3,71	0,019*
	Bakteri uygulamaları (B)	4	4,67	0,84	0,507 ^{NS}
	S×B	12	1,22	0,22	0,996 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	42,33	7,14	0,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	9,87	1,67	0,165 ^{NS}
	Yıllar (Y)	1	3,47	0,59	0,446 ^{NS}
	S×B×Y	12	0,01	0,00	1,000 ^{NS}
	S×Y	3	0,01	0,00	0,999 ^{NS}
	B×Y	4	0,01	0,00	1,000 ^{NS}
	S×B	12	2,49	0,42	0,951 ^{NS}

NS: p>0,05 de önemsiz * p<0,05 ve ***p<0,001 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.60. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının malik asit miktarına (ng/μl) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	6,68	9,42	11,64	8,39	9,03 ^{NS}
	B1	7,24	8,22	9,23	8,22	8,22
	B2	6,77	7,13	8,45	8,37	7,68
	B3	7,72	9,86	10,64	9,18	9,35
	B4	7,09	8,45	10,26	8,9	8,67
Ortalama		7,10B*	8,61AB	10,04A	8,61AB	8,59
2014	Kontrol	6,44	9,04	11,22	8,02	8,68 ^{NS}
	B1	6,95	7,95	8,88	7,89	7,91
	B2	6,53	6,89	8,18	8,02	7,40
	B3	7,40	9,46	10,31	8,79	8,99
	B4	6,84	7,8	9,93	8,51	8,27
Ortalama		6,83B*	8,23AB	9,70A	8,24AB	8,25
2013-2014	Kontrol	6,56	9,23	11,43	8,205	8,86 ^{NS}
	B1	7,09	8,08	9,05	8,055	8,07
	B2	6,65	7,01	8,31	8,195	7,54
	B3	7,56	9,66	10,47	8,985	9,17
	B4	6,96	8,12	10,09	8,705	8,47
Ortalama		6,96C***	8,42B	9,87A	8,42B	8,42^{NS}

NS: $p > 0,05$ de önemsiz. * $p < 0,05$ ve *** $p < 0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.1.18.g. Bütirik asit miktarı

Araştırma konularından elde edilen bütirik asit değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.61’de verilmiştir. Her iki yıl bütirik asit miktarına ait ortalama değerler incelendiğinde sulama seviyeleri arasındaki değişim istatistiki olarak önemli ($p < 0,05$) bulunurken, bakteri uygulamaları arasındaki farkın önemsiz ($p > 0,05$) olduğu görülmüştür. 2013-2014 yılı ortalama verileri incelendiğinde sulama seviyelerinin ortalama değerlerinin istatistiki olarak önemli olduğu ($p < 0,001$) görülmüş, $S \times B \times Y$, $B \times Y$, $S \times Y$ ve $S \times B$ etkileşimini ile yıl faktörünün önemsiz ($p > 0,05$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.61).

Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının bütirik asit miktarına ait ortalama verileri Çizelge 4.62’de gösterilmektedir. Sulama seviyelerine göre 2013, 2014 ve 2013-2014 ortalama verilerinde en fazla bütirik asit miktarının S4 sulamasından elde edildiği görülmüştür. Bakteri uygulamaları

incelendiğinde ise ortalama değerler arasındaki farklılığın istatistiksel düzeyde önemli olmadığı saptanmıştır (Çizelge 4.62).

Çizelge 4.61. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının bütirik asit miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	0,82	3,52	0,023*
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,06	0,28	0,886 ^{NS}
	S×B	12	0,05	0,25	0,993 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	0,93	3,47	0,024*
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,07	0,28	0,889 ^{NS}
	S×B	12	0,06	0,26	0,993 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	1,76	6,98	0,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,14	0,56	0,690 ^{NS}
	Yıllar (Y)	1	0,32	1,29	0,258 ^{NS}
	S×B×Y	12	0,00	0,00	1,000 ^{NS}
	S×Y	3	0,00	0,01	0,999 ^{NS}
	B×Y	4	0,00	0,00	1,000 ^{NS}
	S×B	12	0,12	0,50	0,906 ^{NS}

NS: p>0,05 de önemsiz. * p<0,05 ve ***p<0,001 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.62. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının bütirik asit miktarına (ng/μl) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	0,99	1,22	1,70	1,51	1,36 ^{NS}
	B1	1,11	1,50	1,68	1,50	1,45
	B2	0,99	1,15	1,34	1,69	1,29
	B3	1,17	1,06	1,36	1,64	1,31
	B4	1,08	1,07	1,36	1,5	1,25
Ortalama		1,07C*	1,20BC	1,49AB	1,57A	1,33
2014	Kontrol	1,08	1,32	1,83	1,62	1,46 ^{NS}
	B1	1,19	1,62	1,82	1,60	1,55
	B2	1,07	1,24	1,45	1,81	1,39
	B3	1,27	1,15	1,47	1,76	1,41
	B4	1,17	1,15	1,47	1,61	1,35
Ortalama		1,15B*	1,30AB	1,61A	1,68A	1,43
2013-2014	Kontrol	1,04	1,27	1,77	1,57	1,41 ^{NS}
	B1	1,15	1,56	1,75	1,55	1,50
	B2	1,03	1,20	1,40	1,75	1,34
	B3	1,22	1,11	1,42	1,70	1,36
	B4	1,13	1,11	1,42	1,56	1,30
Ortalama		1,11B***	1,25B	1,55A	1,62A	1,38 ^{NS}

NS: p>0,05 de önemsiz. * p<0,05 ve ***p<0,001 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.1.19. Besin elementleri (azot, fosfor, potasyum, magnezyum, kalsiyum, çinko, demir, bakır ve mangan) miktarı

4.1.19.a. Azot miktarı

Farklı sulama seviyeleri ve bakteri uygulamalarından elde edilen lahana örneklerinin azot miktarlarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.63'de, ortalamalara ait veriler ise Çizelge 4.64'de gösterilmiştir. Araştırmada 2013 ve 2014 yılı ile 2013-2014 yılı ortalama verilerine ait sulama seviyelerinden elde edilen azot miktarı arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli ($p<0,001$) bulunmuş, bakteri uygulamalarına ait ortalamalar ve $S \times B$ interaksyonları ise önemsiz ($p>0,05$) olduğu görülmüştür. 2013-2014 yılı ortalama verileri incelendiğinde $S \times B \times Y$, $B \times Y$ ve $S \times Y$ interaksyonu ile yıl faktörünün önemsiz ($p>0,05$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.63).

2013 ve 2014 yıllarında tam sulamanın yapıldığı S1 sulama seviyesinde en yüksek azot miktarı elde edilirken, artan kısıntılı sulamalara bağlı olarak bu değerin azaldığı ve en düşük değerin S4 sulama konusundan elde edildiği gözlemlenmiştir. Bakteri uygulamalarında ise azot miktarı bakımından uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark belirlenmiştir (Çizelge 4.64).

2013-2014 yılı ortalama değerlerine göre tüm sulama uygulamaları arasında en yüksek azot miktarı değerlerinin S1 ve S2 konusunda olduğu, artan sulama kısıtları ile bu değerlerin azalan bir seyir izlediği belirlenmiş ve en yüksek azot miktarının B1 bakteri uygulamasında olduğu, ancak diğer uygulamalarla arasında istatistiksel bir farklılığın olmadığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.63. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının azot miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	0,85	23,22	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,04	1,09	0,376 ^{NS}
	S×B	12	0,00	0,07	1,000 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	0,90	27,68	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,04	1,25	0,304 ^{NS}
	S×B	12	0,00	0,08	1,000 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	1,75	50,6	0,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,08	2,33	0,063 ^{NS}
	Yıllar (Y)	1	0,07	2,27	0,135 ^{NS}
	S×B×Y	12	0,00	0,00	1,000 ^{NS}
	S×Y	3	0,00	0,01	0,999 ^{NS}
	B×Y	4	0,00	0,00	1,000 ^{NS}
	S×B	12	0,00	0,15	0,999 ^{NS}

NS: p>0,05 de önemsiz ve ***p<0,001 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.64. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının azot miktarına (%) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	2,43	2,37	2,26	1,93	2,24 ^{NS}
	B1	2,52	2,45	2,33	2,05	2,33
	B2	2,52	2,43	2,30	1,97	2,30
	B3	2,46	2,38	2,19	1,82	2,21
	B4	2,40	2,34	2,20	1,87	2,20
Ortalama		2,47A***	2,39AB	2,26B	1,92C	2,26
2014	Kontrol	2,49	2,43	2,31	1,97	2,30 ^{NS}
	B1	2,58	2,50	2,38	2,10	2,39
	B2	2,57	2,49	2,35	2,01	2,35
	B3	2,51	2,43	2,24	1,86	2,26
	B4	2,46	2,40	2,26	1,91	2,25
Ortalama		2,52A***	2,45A	2,31B	1,97C	2,31
2013-2014	Kontrol	2,46	2,40	2,28	1,95	2,27 ^{NS}
	B1	2,55	2,47	2,35	2,07	2,36
	B2	2,54	2,46	2,32	1,99	2,33
	B3	2,48	2,40	2,21	1,84	2,23
	B4	2,43	2,37	2,23	1,89	2,23
Ortalama		2,49A***	2,42A	2,28B	1,95C	2,28 ^{NS}

NS: p>0,05 de önemsiz ve ***p<0,001 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur.

4.1.19.b. Fosfor miktarı

Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının bitkide fosfor miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.65'de, ortalamalara ait veriler ise Çizelge 4.66 'da gösterilmiştir. Araştırmada fosfor miktarı 2013 ve 2014 yılı ile 2013-2014 yılı ortalamalarına göre $S \times B \times Y$, $B \times Y$, $S \times Y$ ve $S \times B$ interaksiyonları önemsiz ($p > 0,05$) bulunurken, yıl faktörünün önemli ($p < 0,01$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.65).

Çizelge 4.66'da görüleceği üzere çalışmanın 2013 ve 2014 yılı ile 2013-2014 yılı ortalama verilerinden edilen fosfor miktarlarına ilişkin sulama seviyeleri arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuş ($p < 0,001$) uygulama sonuçlarına göre S1 sulama konusunda en yüksek fosfor miktarı elde edilirken, artan kısıntılı sulamalara bağlı olarak bu değer azalarak en düşük değer S4 konusunda gözlenmiştir. Su kısıntılarının olumsuz etkilerine karşı uygulanan bakterilerin fosfor miktarını arttırdığı fakat bu artışın önemsiz ($p > 0,05$) olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.65. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının fosfor miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	937385,24	83,51	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	20487,14	1,83	0,143 ^{NS}
	$S \times B$	12	1388,67	0,12	0,999 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	842153,79	22,37	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	19585,60	0,52	0,721 ^{NS}
	$S \times B$	12	1213,69	0,03	1,000 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	1778264,01	72,77	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	40022,82	1,64	0,172 ^{NS}
	Yıllar (Y)	1	226461,40	9,27	0,003**
	$S \times B \times Y$	12	14,96	0,00	1,000 ^{NS}
	$S \times Y$	3	1275,03	0,05	0,984 ^{NS}
	$B \times Y$	4	49,92	0,00	1,000 ^{NS}
	$S \times B$	12	2587,40	0,11	0,999 ^{NS}

NS: $p > 0,05$ de önemsiz ve *** $p < 0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.66. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının fosfor miktarına (mg/kg) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	1946	1688	1606	1367	1652 ^{NS}
	B1	2017	1740	1656	1459	1718
	B2	2013	1728	1634	1399	1693
	B3	1966	1694	1558	1295	1628
	B4	1926	1668	1569	1330	1623
Ortalama		1973A***	1704B	1604C	1370D	1663A
2014	Kontrol	1845	1601	1525	1303	1569 ^{NS}
	B1	1911	1649	1571	1382	1628
	B2	1911	1640	1547	1326	1606
	B3	1862	1604	1478	1229	1543
	B4	1823	1579	1482	1251	1534
Ortalama		1870A***	1615B	1521B	1298C	1576B
2013-2014	Kontrol	1895	1645	1566	1335	1610 ^{NS}
	B1	1964	1695	1613	1420	1673
	B2	1962	1684	1590	1362	1650
	B3	1914	1649	1518	1262	1586
	B4	1875	1624	1526	1290	1579
Ortalama		1922A***	1659B	1563C	1334D	1619**

NS: $p>0,05$ de önemsiz ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.1.19.c. Potasyum miktarı

Farklı sulama seviyeleri ve bakteri uygulamalarından elde edilen lahanada örneklerinin potasyum miktarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.67'de gösterilmiş, ortalamalara ait veriler Çizelge 4.68'de sunulmuştur. Araştırmada 2013 ve 2014 yılı ile 2013-2014 yılı ortalama potasyum miktarlarına ait sulama seviyelerinden elde edilen değerler istatistiki olarak önemli ($p<0,001$) bulunmuş, bakteri uygulamalarına ait ortalamalar ve S×B interaksyonları ise önemsiz ($p>0,05$) bulunmuştur. 2013-2014 yılı ortalamalarına göre S×B×Y, B×Y ve S×Y interaksyonu ile yıl faktörünün önemsiz ($p>0,05$) olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.68'de sunulan analiz sonuçlarına göre 2013 yılında tam sulamanın yapıldığı S1 sulama konusunda en yüksek potasyum miktarı elde edilirken, artan kısıntılı sulamalara bağlı olarak bu değer azaldığı ve en düşük değer S4 sulama konusundan elde edildiği gözlemlenmiştir. Bakteri uygulamalarına ait ortalamalar

incelendiğinde ise potasyum miktarındaki artış en fazla B1 bakteri uygulamasında tespit edilmiş, fakat bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Araştırmanın 2014 yılında ise bir önceki yıl ile benzer şekilde S1 sulama konusunda en fazla potasyum miktarı elde edilmiş, bakteri uygulama konuları karşılaştırıldığında ise kontrol uygulamasına göre B1 bakteri uygulamasından en yüksek değerler elde edilmiş, fakat bu değerler istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.68).

2013-2014 yılı ortalama değerlerine göre tüm sulama seviyeleri arasında en yüksek potasyum miktarı S1 konusunda olduğu, artan su kısıtları ile bu değerlerin azalan bir seyir izlediği belirlenmiştir. Ayrıca uygulamalar arasında en yüksek potasyum miktarının B1 bakteri uygulamasında olduğu gözlemlenmiş fakat istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.68).

Çizelge 4.67. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının potasyum miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	81907802,90	68,50	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	2319744,60	1,94	0,122 ^{NS}
	S×B	12	157379,60	0,13	0,999 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	86161271,80	28,84	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	2313472,90	0,77	0,548 ^{NS}
	S×B	12	175568,70	0,06	1,000 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	168042158,80	80,33	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	4626573,30	2,21	0,075 ^{NS}
	Yıllar (Y)	1	6103383,10	2,92	0,091 ^{NS}
	S×B×Y	12	1788,70	0,00	1,000 ^{NS}
	S×Y	3	26915,90	0,01	0,998 ^{NS}
	B×Y	4	6644,10	0,00	1,000 ^{NS}
	S×B	12	331159,70	0,16	0,999 ^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsizve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.68. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının potasyum miktarına (mg/kg) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	20017	18102	17234	14679	17508 ^{NS}
	B1	20755	18662	17738	15622	18194
	B2	20702	18511	17498	14982	17923
	B3	20195	18139	16680	13850	17216
	B4	19810	17887	16827	14276	17200
Ortalama		20296A***	18260B	17196C	14682D	17608
2014	Kontrol	20518	18551	17649	14964	17920 ^{NS}
	B1	21293	19148	18168	16029	18659
	B2	21195	18952	17959	15363	18367
	B3	20720	18617	17088	14174	17650
	B4	20352	18370	17318	14760	17700
Ortalama		20816A***	18728B	17636B	15058D	18059
2013-2014	Kontrol	20268	18326	17441	14821	17714 ^{NS}
	B1	21024	18905	17953	15825	18427
	B2	20948	18731	17728	15173	18145
	B3	20458	18378	16884	14012	17433
	B4	20081	18128	17073	14518	17450
Ortalama		20556A***	18494B	17416C	14870D	17834 ^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.1.19.d. Magnezyum miktarı

Farklı sulama seviyeleri ve bakteri uygulamaları ile muamele edilen lahanada magnezyum miktarlarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.69'da gösterilmiş, ortalamalara ait veriler Çizelge 4.70'de sunulmuştur. Araştırmada 2013 ve 2014 yılı ile 2013-2014 yılı ortalama magnezyum verilerine ait sulama seviyelerinden elde edilen değerler arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli ($p<0,001$) bulunmuş, bakteri uygulamalarına ait ortalamalar ve S×B interaksiyonları incelendiğinde ise istatistiki olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğu görülmüştür. 2013-2014 yılı ortalama verileri incelendiğinde S×B×Y, B×Y ve S×Y interaksiyonu ile yıl faktörünün önemsiz ($p>0,05$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.69).

Çizelge 4.70'de sunulan analiz sonuçlarına göre 2013 yılında tam sulamanın yapıldığı S1 sulama konusunda 2856 mg/kg ile en yüksek magnezyum miktarı elde edilirken, artan kısıntılı sulamalara bağlı olarak bu değerin azaldığı ve en düşük

değerin %35 azalma ile S4 konusundan elde edildiği gözlemlenmiştir. 2014 yılına uygulama konularına ait ortalamalar incelendiğinde ise 2013 yılı değerleri ile benzer şekilde 3025 mg/kg ile S1 sulama konusunda en fazla magnezyum miktarı elde edilirken, 1955 mg/kg ile S4 konusunda en düşük değerler tespit edilmiştir. Bakteri uygulama konuları karşılaştırıldığında ise magnezyum miktarı 2013 ve 2014 yıllarında kontrol uygulamasına göre istatistiksel düzeyde önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.70).

2013-2014 yılı ortalama değerlere göre tüm sulama uygulamaları arasında en yüksek magnezyum değerlerinin 2940 mg/kg ile S1 konusunda olduğu, artan kısıntılı sulamalar ile bu değerlerin azaldığı ve 1901 mg/kg ile en düşük değerlerin S4 konusunda tespit edildiği belirlenmiştir. Bakteri uygulamalarında ise ortalamalar arasındaki farkın istatistiksel düzeyde önemli bulunmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.70).

Çizelge 4.69. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının magnezyum miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	2668253,62	137,11	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	37607,30	1,93	0,123 ^{NS}
	S×B	12	2547,55	0,13	0,999 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	2991852,49	65,09	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	40042,19	0,87	0,489 ^{NS}
	S×B	12	3006,11	0,07	1,000 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	5655476,99	172,89	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	77535,55	2,37	0,059 ^{NS}
	Yıllar (Y)	1	548641,63	16,77	<,000***
	S×B×Y	12	30,66	0,00	1,000 ^{NS}
	S×Y	3	4629,12	0,14	0,934 ^{NS}
	B×Y	4	113,95	0,00	1,000 ^{NS}
	S×B	12	5523,01	0,17	0,999 ^{NS}

NS: p>0,05 de önemsizve ***p<0,001 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.70. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının magnezyum miktarına (mg/kg) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	2818	2276	2166	1844	2276 ^{NS}
	B1	2916	2347	2231	1966	2365
	B2	2910	2329	2202	1885	2331
	B3	2847	2283	2099	1744	2243
	B4	2790	2249	2116	1794	2237
Ortalama		2856A***	2296B	2163C	1846D	2290B
2014	Kontrol	2983	2408	2290	1941	2406 ^{NS}
	B1	3089	2486	2360	2083	2505
	B2	3077	2462	2333	1996	2467
	B3	3016	2419	2221	1844	2375
	B4	2959	2385	2248	1913	2376
Ortalama		3025A***	2432B	2290B	1955C	2426A
2013-2014	Kontrol	2901	2342	2228	1892	2341 ^{NS}
	B1	3003	2416	2296	2024	2435
	B2	2994	2395	2267	1941	2399
	B3	2931	2351	2160	1794	2309
	B4	2875	2317	2182	1853	2307
Ortalama		2940A***	2364B	2226C	1901D	2358***

NS: $p>0,05$ de önemsiz ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.1.19.e. Kalsiyum miktarı

Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının kalsiyum miktarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.71'de, ortalamalara ait veriler ise Çizelge 4.72'de sunulmuştur. Çalışmada 2013 ve 2014 yılında sulama seviyelerinden elde edilen kalsiyum değerleri arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli ($p<0,001$) bulunmuş, bakteri uygulamalarına ait ortalamalar ve S×B interaksyonları incelendiğinde ise istatistiki olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğu görülmüştür. 2013-2014 yılı ortalamalarında ise sulama seviyeleri ($p<0,001$), bakteri uygulamaları ve yıl faktörü istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) bulunmuş, fakat S×B×Y, B×Y ve S×Y interaksyonları önemsiz ($p>0,05$) bulunmuştur.

Çizelge 4.72'de sunulan analiz sonuçlarına göre 2013 yılında tam sulamanın yapıldığı S1 sulama konusunda en yüksek kalsiyum miktarı elde edilirken, S3 ve S4 sulamalarında bu değer azaldığı ve en düşük değerin %21,9 azalma ile S4

konusundan elde edildiği gözlemlenmiştir. Bakteri uygulamalarına ait ortalamalar incelendiğinde ise kontrol konusuna göre istatistiksel düzeyde bir farklılık saptanmamıştır.

Araştırmanın 2014 yılında ise uygulama konularına ait ortalamalar incelendiğinde S1 sulama konusunda en fazla kalsiyum miktarının elde edildiği görülmüş, S4 sulama konusunda %20,7 azalma ile en düşük kalsiyum miktarı elde edilmiştir. Bakteri uygulama konuları karşılaştırıldığında ise kontrol uygulamasına göre B1 bakteri uygulamasından en yüksek değerler elde edilmiş, fakat istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.72). 2013-2014 yılı ortalama değerlerine göre tüm sulama uygulamaları arasında en yüksek kalsiyum miktarının tam sulama konusunda olduğu, S3 ve S4 konularında bu değerlerin azalan bir seyir izlediği ve en fazla azalmanın S4 konusunda olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bakteri uygulamaları arasında en yüksek kalsiyum miktarı kontrol uygulamasına göre %4 artış ile B1 bakteri uygulamasında gözlenmiştir (Çizelge 4.72).

Çizelge 4.71. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının kalsiyum miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	2957120,00	34,94	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	129253,10	1,53	0,212 ^{NS}
	S×B	12	9521,06	0,11	0,999 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	2794717,00	37,98	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	122746,00	1,67	0,176 ^{NS}
	S×B	12	8939,67	0,12	0,999 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	5750690,00	72,69	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	251953,60	3,18	0,017*
	Yıllar (Y)	1	406934,50	5,14	0,026*
	S×B×Y	12	5,19	0,00	1,000 ^{NS}
	S×Y	3	1146,60	0,01	0,997 ^{NS}
	B×Y	4	45,51	0,00	1,000 ^{NS}
	S×B	12	18455,55	0,23	0,996 ^{NS}

NS: p>0,05 de önemsiz. * p<0,05 ve ***p<0,001 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.72. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının kalsiyum miktarına (mg/kg) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	4504	4397	4185	3556	4160^{NS}
	B1	4673	4536	4307	3796	4328
	B2	4655	4493	4253	3639	4260
	B3	4545	4408	4050	3360	4090
	B4	4462	4350	4097	3485	4098
Ortalama		4568A***	4436A	4178B	3567C	4187A
2014	Kontrol	4379	4275	4069	3459	4045^{NS}
	B1	4543	4409	4187	3690	4207
	B2	4527	4369	4134	3538	4142
	B3	4418	4285	3938	3267	3977
	B4	4337	4228	3981	3386	3983
Ortalama		4441A***	4313A	4062B	3468C	4071B
2013-2014	Kontrol	4441	4336	4127	3508	4103BC*
	B1	4608	4472	4247	3743	4268A
	B2	4591	4431	4193	3589	4201AB
	B3	4481	4347	3994	3313	4034C
	B4	4400	4289	4039	3435	4040BC
Ortalama		4504A***	4375A	4120B	3518C	4129*

NS: $p > 0,05$ de önemsiz. * $p < 0,05$ ve *** $p < 0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.1.19.f. Çinko miktarı

Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bitkilerine uygulanan bakterilerin bitkide çinko miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.73'de, yıllara ait ortalama veriler Çizelge 4.74'de gösterilmiştir. 2013 ve 2014 yılı ile 2013-2014 yılı ortalama verilerine göre yıl faktörünün önemli ($p < 0,05$) görüldüğü çalışmada, sulama seviyeleri istatistiki olarak önemli ($p < 0,001$) bulunurken, bakteri uygulamaları ile $S \times B \times Y$, $B \times Y$, $S \times Y$ ve $S \times B$ interaksyonları önemsiz ($p > 0,05$) bulunmuştur.

Çizelge 4.74'de gösterilen analiz sonuçlarına göre 2013 yılında tam sulamanın yapıldığı S1 sulama konusunda en yüksek çinko miktarı elde edilirken, artan kısıntılı sulamalara bağlı olarak çinko miktarı azalmış ve en düşük değer %46 azalma gösteren S4 sulama konusunda belirlenmiştir. 2014 yılında ise sulama

seviyelerinde bir önceki yıl değerleri ile birbirine yakın sonuçlar tespit edilmiştir. Her iki yıla ait bakteri uygulama konularında çinko miktarının kontrol uygulamasına göre artan değerleri istatistiksel olarak dikkate değer bulunmamıştır (Çizelge 4.74).

Çizelge 4.74'de göre denemenin 2013-2014 yılı ortalama değerleri göz önüne alındığında tüm sulama uygulamaları arasında en yüksek çinko miktarının S1 sulama konusunda olduğu, artan su kısıtları ile bu değerlerin tam sulama konularına göre azalan bir seyir izlediği belirlenmiştir. Bakteri uygulamalarının ortalama değerleri incelendiğinde en yüksek bakteri uygulamasının B1 ve B2 konusunda olduğu gözlemlenmiş, fakat bu artış kontrol konusu ile aynı önemlilik düzeyinde ($p<0,05$) bulunmuştur.

Çizelge 4.73. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının çinko miktarı etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	580,45	302,69	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	3,66	1,91	0,126 ^{NS}
	S×B	12	0,27	0,15	0,999 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	538,92	156,50	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	3,53	1,03	0,404 ^{NS}
	S×B	12	0,26	0,08	1,000 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	1118,99	417,44	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	7,20	2,69	0,037*
	Yıllar (Y)	1	17,38	6,48	0,012*
	S×B×Y	12	0,00	0,00	1,000 ^{NS}
	S×Y	3	0,38	0,14	0,933 ^{NS}
	B×Y	4	0,00	0,00	1,000 ^{NS}
	S×B	12	0,54	0,20	0,998 ^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz. * $p<0,05$ ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.74. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının çinko miktarına (mg/kg) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	29,28	19,28	18,36	15,63	20,63 ^{NS}
	B1	30,73	19,88	18,89	16,63	21,53
	B2	30,63	19,71	18,63	15,95	21,23
	B3	29,51	19,31	17,75	14,73	20,32
	B4	28,97	19,05	17,93	15,23	20,29
Ortalama		29,82A***	19,44B	18,31C	15,63D	20,8A
2014	Kontrol	28,23	18,58	17,71	15,12	19,91 ^{NS}
	B1	29,60	19,15	18,21	16,02	20,74
	B2	29,54	19,01	17,94	15,37	20,46
	B3	28,43	18,60	17,12	14,21	19,59
	B4	27,85	18,34	17,24	14,59	19,50
Ortalama		28,73A***	18,73B	17,64B	15,06C	20,04B
2013-2014	Kontrol	28,75	18,93	18,03	15,37	20,27ABC*
	B1	30,16	19,51	18,55	16,32	21,14A
	B2	30,08	19,36	18,28	15,66	20,85AB
	B3	28,97	18,95	17,43	14,47	19,96BC
	B4	28,41	18,69	17,58	14,91	19,90C
Ortalama		29,27A***	19,08B	17,97C	15,34D	20,42*

NS: $p>0,05$ de önemsiz. * $p<0,05$ ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.1.19.g. Demir miktarı

Araştırmanın yürütüldüğü 2013 ve 2014 yıllarında farklı sulama seviyeleri ve bakteri uygulama konularından elde edilen lahana örneklerindeki demir miktarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.75'de sunulmuş ve ortalamalara ait veriler Çizelge 4.76'da gösterilmiştir. 2013 ve 2014 yılı ile 2013-2014 yılı ortalama verilerine göre yıl faktörünün önemli ($p<0,05$) görüldüğü çalışmada, sulama seviyeleri istatistiki olarak önemli ($p<0,001$) bulunmuş, $S \times B \times Y$, $B \times Y$, $S \times Y$ ve $S \times B$ interaksyonları ise önemsiz ($p>0,05$) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.76'da gösterilen araştırmanın ilk yılına ait analiz sonuçlarına göre tam sulamanın yapıldığı S1 sulama konusunda en yüksek demir miktarı elde edilirken, artan kısıntılı sulamalara bağlı olarak bu değer azalmış ve en düşük değer %43 azalma ile S4 sulama konusunda gözlemlenmiştir. Kısıntılı sulamaların olumsuz

etkilerine karşı bakteri uygulamaları demir miktarı değerlerini arttırdığı fakat bu artışın istatistiki olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğu belirlenmiştir. Araştırmanın ikinci yılında sulama seviyelerinin bir önceki yıl verileri ile benzer şekilde demiri miktarını azalttığı, bakteri konularının ise ortalama değerlerinin istatistiki olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.76).

Denemenin 2013-2014 yılları ortalama değerleri göz önüne alındığında tüm sulama uygulamaları arasında en yüksek demir miktarının S1 sulama konusunda olduğu, artan kısıntılı sulamalar ile bu değerlerin tam sulama konularına göre azalan bir seyir izlediği belirlenmiştir. Ayrıca bakteri uygulamalarına göre ortalamalar arasındaki farkın kontrol konusuna göre en yüksek B1 uygulamasında istatistiksel düzeyde önemli olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.76).

Çizelge 4.75. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının demir miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	4130,95	230,14	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	26,32	1,47	0,230 ^{NS}
	S×B	12	1,948	0,11	0,999 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	3567,19	304,47	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	23,28	1,99	0,115 ^{NS}
	S×B	12	1,64	0,14	0,999 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	7687,82	518,29	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	49,54	3,34	0,013*
	Yıllar (Y)	1	616,12	41,54	<,000***
	S×B×Y	12	0,00	0,00	1,000 ^{NS}
	S×Y	3	10,33	0,70	0,556 ^{NS}
	B×Y	4	0,05	0,00	1,000 ^{NS}
	S×B	12	3,58	0,24	0,995 ^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz. * $p<0,05$ ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.76. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının demir miktarına (mg/kg) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	86,76	60,81	57,88	49,19	63,66^{NS}
	B1	89,49	62,73	59,56	52,50	66,07
	B2	89,15	62,14	58,81	50,33	65,10
	B3	87,56	60,97	56,01	46,47	62,75
	B4	85,94	60,15	56,65	48,19	62,73
Ortalama		87,58A***	61,36B	57,78C	49,33D	64,01A
2014	Kontrol	80,63	56,52	53,82	45,82	59,19^{NS}
	B1	83,15	58,28	55,38	48,78	61,39
	B2	82,90	57,78	54,64	46,78	60,52
	B3	81,34	56,64	52,07	43,22	58,31
	B4	79,83	55,87	52,57	44,63	58,22
Ortalama		81,57A***	57,03B	53,7C	45,84D	59,53B
2013-2014	Kontrol	83,69	58,66	55,85	47,50	61,43BC*
	B1	86,32	60,50	57,47	50,64	63,73A
	B2	86,02	59,96	56,72	48,55	62,82AB
	B3	84,45	58,80	54,04	46,41	60,53C
	B4	82,88	58,01	54,61	47,58	60,48C
Ortalama		84,67A***	59,19B	55,74C	47,59D	61,79***

NS: $p>0,05$ de önemsiz. * $p<0,05$ ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.1.19.h. Bakır miktarı

Farklı sulama seviyeleri ve bakteri uygulamalarından elde edilen lahanada örneklerinin bakır miktarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.77'de, ortalamalara ait veriler ise Çizelge 78'de sunulmuştur. Araştırmada 2013 ve 2014 yılı ile 2013-2014 yılı ortalama verilerine ait sulama seviyelerinden elde edilen Cu miktarları arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli ($p<0,001$), bakteri uygulamaları ve her iki yıla ilişkin S×B interaksyonları ise önemsiz ($p>0,05$) bulunmuştur. 2013-2014 yılı ortalama verileri incelendiğinde yıl faktörünün istatistiki olarak önemli ($p<0,001$), S×B×Y, B×Y ve S×Y interaksyonlarının ise önemsiz ($p>0,05$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.77).

Çizelge 4.78'de sunulan analiz sonuçlarına göre 2013 ve 2014 yılı ile 2013-2014 yılı ortalama verilerine göre tam sulamanın yapıldığı S1 sulama konusunda en

yüksek bakır miktarı elde edilirken, artan kısıntılı sulamalara bağlı olarak bu değerin en fazla S4 sulama konusunda azaldığı gözlemlenmiş ve bakteri uygulamalarına ait ortalamalar incelendiğinde ise bakır miktarındaki değişimin bakteri uygulaması ile ilgili artışının istatistiksel olarak dikkate değer bulunmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.77. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının bakır miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	23,00	76,81	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,04	0,16	0,958 ^{NS}
	S×B	12	0,03	0,12	0,999 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	29,77	116,28	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,06	0,24	0,913 ^{NS}
	S×B	12	0,04	0,18	0,998 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	52,56	189,22	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,10	0,39	0,815 ^{NS}
	Yıllar (Y)	1	11,57	41,67	<,000***
	S×B×Y	12	0,00	0,00	1,000 ^{NS}
	S×Y	3	0,21	0,78	0,506 ^{NS}
	B×Y	4	0,00	0,00	1,000 ^{NS}
	S×B	12	0,08	0,29	0,989 ^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.78. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının bakır miktarına (mg/kg) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	6,34	4,23	4,02	3,43	4,50 ^{NS}
	B1	6,18	4,36	4,15	3,65	4,58
	B2	6,18	4,33	4,09	3,51	4,52
	B3	6,38	4,24	3,91	3,25	4,44
	B4	6,32	4,18	3,92	3,31	4,43
Ortalama		6,28A***	4,26B	4,01B	3,43C	4,49B
2014	Kontrol	7,22	4,81	4,57	3,90	5,12 ^{NS}
	B1	7,04	4,96	4,73	4,16	5,22
	B2	7,03	4,93	4,66	3,99	5,15
	B3	7,27	4,83	4,45	3,70	5,06
	B4	7,18	4,75	4,46	3,77	5,04
Ortalama		7,15A***	4,86B	4,57B	3,90C	5,12A
2013-2014	Kontrol	6,78	4,52	4,29	3,66	4,81 ^{NS}
	B1	6,61	4,66	4,44	3,90	4,90
	B2	6,60	4,63	4,37	3,75	4,83
	B3	6,82	4,53	4,18	3,47	4,75
	B4	6,75	4,46	4,19	3,54	4,73
Ortalama		6,71A***	4,56B	4,29B	3,66C	4,80A***

NS: $p>0,05$ de önemsiz ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.1.19.i. Mangan miktarı

Araştırmanın yürütüldüğü 2013 ve 2014 yıllarında farklı sulama seviyeleri ve bakteri uygulama konularından elde edilen lahana örneklerindeki mangan miktarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.79'da, ortalamalara ait veriler ise Çizelge 4.80'de gösterilmiştir. 2013 ve 2014 yılı ile 2013-2014 yılı ortalama verilerine göre yıl faktörünün istatistiki olarak önemli ($p<0,001$) görüldüğü çalışmada, sulama seviyeleri önemli ($p<0,001$), $S \times B \times Y$, $B \times Y$, $S \times Y$, $S \times B$ etkileşimleri ise önemsiz ($p>0,05$) olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.80'de gösterilen araştırmanın sonuçlarına göre 2013 ve 2014 yılları ortalamalarının S1 sulama konusunda en yüksek mangan miktarı elde edildiğini göstermiştir. Mangan miktarının kısıntılı sulama seviyelerine azaldığı ve bu azalışın istatistiki olarak önemli görüldüğü çalışmada, en fazla azalmanın 2013 yılında %48,

2014 yılında %46 ile S4 konusunda olduğu belirlenmiştir. Uygulanan bakterilerin her iki yıl mangan miktarında istatistiki olarak bir farklılık oluşturmadığını göstermiştir.

Çalışmanın 2013-2014 yılları ortalama değerleri göz önüne alındığında tüm sulama uygulamaları arasında en yüksek mangan miktarının S1 sulama konusunda olduğu, artan kısıntılı sulamalar ile bu değerlerin tam sulama konularına göre azalarak en fazla azalmanın S4 sulama konusunda olduğu belirlenmiştir. Bakteri uygulamalarına göre uygulamalar arasındaki fark en yüksek B1 konusunda tespit edilmiş, fakat bu değişim kontrol konusu ile aynı önemlilik ($p<0,05$) düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.79. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının mangan miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	1155,87	149,35	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	11,50	1,49	0,224 ^{NS}
	S×B	12	1,47	0,19	0,998 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	1030,08	111,31	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	10,37	1,12	0,360 ^{NS}
	S×B	12	1,33	0,14	0,999 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	2184,09	257,05	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	21,86	2,57	0,043*
	Yıllar (Y)	1	84,77	9,98	0,002**
	S×B×Y	12	0,00	0,00	1,000 ^{NS}
	S×Y	3	1,81	0,21	0,886 ^{NS}
	B×Y	4	0,01	0,00	1,000 ^{NS}
	S×B	12	2,80	0,33	0,981 ^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz. * $p<0,05$, ** $p<0,01$ ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.80. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının mangan miktarına (mg/kg) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	41,4	27,92	26,57	22,64	29,63 ^{NS}
	B1	44,75	28,78	27,38	24,11	31,25
	B2	44,69	28,58	27,00	23,13	30,85
	B3	41,89	28,00	25,76	21,42	29,26
	B4	40,85	27,58	25,92	21,95	29,07
Ortalama		42,72A***	28,17B	26,53B	22,65C	30,01A
2014	Kontrol	39,11	26,36	25,09	21,41	27,99 ^{NS}
	B1	42,24	27,16	25,86	22,76	29,50
	B2	42,21	26,99	25,49	21,83	29,13
	B3	39,57	26,43	24,33	20,23	27,64
	B4	38,49	26,02	24,45	20,68	27,41
Ortalama		40,32A***	26,59B	25,04B	21,38C	28,33B
2013-2014	Kontrol	40,25	27,14	25,83	22,02	28,81ABC*
	B1	43,49	27,97	26,62	23,43	30,38A
	B2	43,45	27,78	26,24	22,48	29,99AB
	B3	40,73	27,21	25,04	20,82	28,45BC
	B4	39,67	26,80	25,18	21,31	28,24C
Ortalama		41,52A***	27,38B	25,78C	22,01D	29,17A**

NS: $p>0,05$ de önemsiz. * $p<0,05$, ** $p<0,01$ ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.2. Toprak Analiz Sonuçları

4.2.1. pH değeri

Farklı sulama seviyeleri ve bakteri uygulamalarından elde edilen deneme konularına ilişkin toprak örneklerindeki pH değişimlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.81'de, ortalamalara ait veriler ise Çizelge 4.82'de gösterilmiştir. Çizelge 4.81'de sunulan 2013 ve 2014 yılı ile 2013-2014 yılı toprak örneklerindeki pH değişimlerine ait ortalama verilere göre sulama seviyelerinin istatistiki olarak önemli ($p<0,001$) bulunduğu, bakteri uygulamaları ve yıllara göre $S \times B \times Y$, $B \times Y$ ve $S \times Y$, $S \times B$ etkileşimlerinin ise önemsiz ($p>0,05$) olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.82'de görüleceği üzere 2013, 2014 ve 2013-2014 yılı sulama seviyelerinin ortalama verilerine göre topraktaki pH değişimlerine ilişkin

farklılıklar istatistiki olarak önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. 2013 yılında S2 ve S3 sulama seviyelerinde en düşük toprak pH'sı elde edilirken, 2014 yılında ise S1 ve S2 sulama seviyelerinden elde edilmiştir. Her iki yıl toprak örneklerinde bakteri uygulamalarının istatistiki düzeyde pH değişimine neden olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.82).

Çizelge 4.81. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının topraktaki pH değeri etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	0,01	6,16	0,001***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,00	2,51	0,056 ^{NS}
	S×B	12	0,00	0,39	0,959 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	0,03	5,09	0,004***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,00	0,52	0,723 ^{NS}
	S×B	12	0,00	0,51	0,892 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	0,05	10,59	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,00	2,01	0,101 ^{NS}
	Yıllar (Y)	1	0,13	27,21	<,000***
	S×B×Y	12	0,00	0,20	0,997 ^{NS}
	S×Y	3	0,00	0,25	0,859 ^{NS}
	B×Y	4	0,00	0,27	0,899 ^{NS}
	S×B	12	0,00	0,75	0,702 ^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.82. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının topraktaki pH değeri üzerine etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	7,43	7,39	7,41	7,51	7,43 ^{NS}
	B1	7,35	7,38	7,45	7,45	7,4
	B2	7,30	7,36	7,43	7,49	7,39
	B3	7,37	7,41	7,45	7,45	7,42
	B4	7,36	7,46	7,43	7,48	7,43
Ortalama		7,39A***	7,34BC	7,36AB	7,39A	7,42A
2014	Kontrol	7,36	7,37	7,38	7,45	7,39 ^{NS}
	B1	7,28	7,32	7,37	7,41	7,34
	B2	7,28	7,30	7,35	7,38	7,32
	B3	7,31	7,34	7,35	7,35	7,33
	B4	7,33	7,37	7,36	7,39	7,36
Ortalama		7,36C***	7,40BC	7,43AB	7,47A	7,35B
2013-2014	Kontrol	7,39	7,38	7,39	7,48	7,41 ^{NS}
	B1	7,31	7,35	7,41	7,43	7,37
	B2	7,29	7,33	7,39	7,43	7,36
	B3	7,34	7,37	7,40	7,40	7,38
	B4	7,34	7,41	7,39	7,43	7,41
Ortalama		7,33C***	7,37BC	7,40B	7,43A	7,38***

NS: $p>0,05$ de önemsiz ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.2.2. Kireç (CaCO_3) miktarı

Deneme konularından elde edilen toprak örneklerinde CaCO_3 miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.83’de, bu değerlere ait ortalama veriler ise Çizelge 4.84’de gösterilmiştir. 2013 ve 2014 yılı ve 2010-2014 yılları ortalamalarında toprak örneklerindeki CaCO_3 miktarlarının sulama seviyelerine göre değişiminin istatistiki olarak önemli ($p<0,001$) bulunduğu, bakteri uygulamaları ile S×B interaksiyonlarının ise istatistiki olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğu belirlenmiştir. 2013-2014 yılları ortalama verilerine göre S×B interaksiyonu istatistiki önemli ($p<0,05$) görülürken, S×B×Y, B×Y ve S×Y interaksiyonları ile yıl faktörünün istatistiki olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.83).

Çizelge 4.84’de görüleceği üzere 2013 ve 2014 yılı ile 2013-2014 yılları ortalama verilere göre kısıntılı sulamaların toprakta CaCO_3 miktarını arttırdığı, en fazla artışın S4 sulamasından elde edildiği görülmüş, bakteri uygulamalarındaki değişimlerde ise kontrol uygulamasına göre önemli bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.83. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının CaCO_3 miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	0,07	137,45	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,00	0,24	0,912 ^{NS}
	S×B	12	0,00	0,94	0,52 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	0,06	124,34	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,00	0,41	0,798 ^{NS}
	S×B	12	0,00	1,15	0,347 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	0,14	261,42	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,00	0,58	0,681 ^{NS}
	Yıllar (Y)	1	0,00	0,49	0,485 ^{NS}
	S×B×Y	12	0,00	0,13	0,999 ^{NS}
	S×Y	3	0,00	0,14	0,936 ^{NS}
	B×Y	4	0,00	0,08	0,987 ^{NS}
	S×B	12	0,00	1,97	0,038*

NS: $p>0,05$ de önemsiz. * $p<0,05$ ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.84. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının topraktaki CaCO_3 miktarı (%) üzerine etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	0,44	0,55	0,58	0,63	0,55^{NS}
	B1	0,45	0,55	0,58	0,60	0,54
	B2	0,46	0,55	0,58	0,61	0,55
	B3	0,46	0,53	0,61	0,61	0,55
	B4	0,45	0,53	0,59	0,62	0,54
Ortalama		0,45D***	0,54C	0,59B	0,61A	0,54
2014	Kontrol	0,44	0,55	0,59	0,64	0,55^{NS}
	B1	0,45	0,56	0,57	0,60	0,54
	B2	0,45	0,54	0,57	0,60	0,54
	B3	0,47	0,53	0,59	0,59	0,54
	B4	0,46	0,53	0,59	0,61	0,54
Ortalama		0,45D***	0,54C	0,58B	0,61A	0,54
2013-2014	Kontrol	0,44	0,55	0,58	0,63	0,55^{NS}
	B1	0,45	0,55	0,57	0,60	0,54
	B2	0,45	0,54	0,57	0,60	0,54
	B3	0,46	0,53	0,60	0,60	0,54
	B4	0,45	0,53	0,59	0,61	0,54
Ortalama		0,45D***	0,54C	0,58B	0,61A	0,54^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz. *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.2.3. Organik madde miktarı

Deneme konularından elde edilen topraklardaki organik madde miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.85’de, bu değerlere ait ortalama veriler ise Çizelge 4.86’de sunulmuştur. Araştırmanın 2013 ve 2014 yılı verilerine göre sulama seviyelerine bağlı organik madde miktarı değişimlerinin istatistiki olarak önemli ($p<0,001$), bakteri uygulamaları ile $S \times B$ interaksyonlarının ise önemsiz ($p>0,05$) olduğu belirlenmiştir. 2013-2014 yılları ortalama verilerine göre $S \times B$ interaksyonu istatistiki düzeyde önemli ($p<0,05$) görülürken, $S \times B \times Y$, $B \times Y$ ve $S \times Y$ interaksyonları ile yıl faktörünün önemsiz ($p>0,05$) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.85).

Çizelge 4.86’da görüleceği üzere 2013 ve 2014 yılı ile 2013-2014 yılları ortalama verilere göre kısıntılı sulamaların toprakta organik madde miktarını azalttığı, en düşük değerlerin S3 ve S4 konularında tespit edildiği belirlenmiştir. Bakteri

uygulamalarındaki değişimlerde ise kontrol uygulamasına göre oluşan farklılığın dikkate değer bulunmadığı görülmüştür (Çizelge 4.86).

Çizelge 4.85. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toprakta organik madde miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	0,08	19,7	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,00	0,18	0,945 ^{NS}
	S×B	12	0,00	0,91	0,544 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	0,07	26,87	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,00	0,45	0,772 ^{NS}
	S×B	12	0,00	1,26	0,282 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	0,15	45,29	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,00	0,57	0,687 ^{NS}
	Yıllar (Y)	1	0,00	0,01	0,938 ^{NS}
	S×B×Y	12	0,00	0,08	1,000 ^{NS}
	S×Y	3	0,00	0,02	0,994 ^{NS}
	B×Y	4	0,00	0,02	0,999 ^{NS}
	S×B	12	0,00	2,02	0,032*

NS: p>0,05 de önemsiz. * p<0,05 ve ***p<0,001 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.86. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toprakta organik madde (%) miktarına etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	0,92	0,82	0,76	0,69	0,80^{NS}
	B1	0,94	0,79	0,75	0,70	0,79
	B2	0,88	0,78	0,73	0,76	0,78
	B3	0,83	0,77	0,74	0,74	0,77
	B4	0,84	0,81	0,77	0,70	0,78
Ortalama		0,88A***	0,79B	0,75C	0,72C	0,78
2014	Kontrol	0,92	0,83	0,76	0,68	0,80^{NS}
	B1	0,93	0,78	0,74	0,72	0,79
	B2	0,89	0,79	0,71	0,75	0,78
	B3	0,83	0,78	0,75	0,75	0,78
	B4	0,86	0,81	0,79	0,68	0,78
Ortalama		0,88A***	0,80B	0,75C	0,72C	0,79
2013-2014	Kontrol	0,92	0,82	0,76	0,68	0,80^{NS}
	B1	0,93	0,78	0,74	0,71	0,79
	B2	0,88	0,78	0,72	0,75	0,78
	B3	0,83	0,77	0,74	0,74	0,77
	B4	0,85	0,81	0,78	0,69	0,78
Ortalama		0,884A***	0,79B	0,75C	0,71D	0,78^{NS}

NS: p>0,05 de önemsiz. ***p<0,001 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.2.4. Fosfor miktarı

Deneme konularından elde edilen toprak örneklerindeki fosfor miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.87’de, bu değerlere ait ortalama veriler ise Çizelge 4.88’de sunulmuştur. Çizelge 4.87 incelendiğinde 2013 yılı toprak örneklerindeki fosfor miktarı sulama seviyelerine göre istatistiki düzeyde önemli ($p<0,01$) bir değişim gösterdiği, 2014 yılındaki değişimlerin ise önemsiz ($p>0,05$) olduğu bulunmuştur. Bakteri uygulamalarına göre toprakta fosfor miktarlarına ilişkin sonuçların her iki yılda önemsiz ($p>0,05$) olduğu görülmektedir. 2013-2014 yılları ortalamasında sulama seviyelerine göre toprakta fosfor miktarı değişimlerinin istatistiki olarak önemli ($p<0,001$), bakteri uygulamaları, yıl faktörü ve ortalama verilere ait $S \times B \times Y$, $B \times Y$, $S \times Y$, $S \times B$ interaksiyonlarının ise önemsiz ($p>0,05$) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.87).

Çalışmanın 2013 ve 2014 yılı ile 2013-2014 yılları ortalama verilere göre kısıntılı sulamaların toprakta fosfor miktarını 2013 yılında azalttığı ve toprakta en fazla fosfor miktarı S1 konusundan elde edildiği, 2014 yılında ise sulama seviyeleri arasındaki farkın istatistiksel düzeyde önemli olmadığı belirlenmiştir. Bakteri uygulamalarının ise toprakta fosfor miktarındaki değişimlerinin kontrol uygulamasına göre dikkate değer bir farklılık oluşturmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.88).

Çizelge 4.87. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toprakta fosfor miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	0,22	5,46	0,003**
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,03	0,75	0,563 ^{NS}
	S×B	12	0,04	1,11	0,379 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	0,15	2,29	0,093 ^{NS}
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,02	0,4	0,810 ^{NS}
	S×B	12	0,03	0,54	0,872 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	0,36	6,91	0,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,03	0,73	0,576 ^{NS}
	Yıllar (Y)	1	0,01	0,23	0,634 ^{NS}
	S×B×Y	12	0,00	0,12	0,999 ^{NS}
	S×Y	3	0,00	0,07	0,973 ^{NS}
	B×Y	4	0,01	0,33	0,854 ^{NS}
	S×B	12	0,07	1,39	0,186 ^{NS}

NS: p>0,05 de önemsiz. **P<0,01 ve ***p<0,001 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.88. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toprakta fosfor miktarına (mg/kg) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	5,54	5,60	5,57	5,52	5,55 ^{NS}
	B1	5,82	5,68	5,58	5,39	5,61
	B2	6,02	5,67	5,45	5,41	5,63
	B3	5,76	5,51	5,45	5,47	5,54
	B4	5,57	5,45	5,53	5,50	5,51
Ortalama		5,74A**	5,58B	5,52B	5,46B	5,57
2014	Kontrol	5,50	5,47	5,47	5,48	5,48 ^{NS}
	B1	5,81	5,64	5,50	5,34	5,57
	B2	5,88	5,60	5,36	5,47	5,57
	B3	5,71	5,56	5,56	5,58	5,60
	B4	5,55	5,55	5,58	5,45	5,53
Ortalama		5,69 ^{NS}	5,56	5,49	5,47	5,55
2013-2014	Kontrol	5,52	5,53	5,52	5,50	5,51 ^{NS}
	B1	5,81	5,66	5,54	5,36	5,59
	B2	5,95	5,63	5,40	5,44	5,60
	B3	5,73	5,53	5,50	5,52	5,57
	B4	5,56	5,50	5,55	5,47	5,52
Ortalama		5,71A***	5,57B	5,50B	5,46B	5,55 ^{NS}

NS: p>0,05 de önemsiz. **P<0,01 ve ***p<0,001 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.2.5. Potasyum miktarı

Farklı sulama seviyeleri ve bakteri uygulamalarının toprakta potasyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.89'da, ortalamalara ait veriler ise Çizelge 4.90'da sunulmuştur. Araştırmada 2013 ve 2014 yılı ile 2013-2014 yılı ortalama verilerinin toprakta potasyum miktarının sulama seviyelerine göre değişiminin önemli ($p<0,001$) olduğu, bakteri uygulamaları ve S×B interaksyonların ise önemsiz ($p>0,05$) olduğu belirlenmiştir. 2013-2014 yılı ortalama verilerine göre toprak örneklerinde potasyum miktarının S×B×Y, B×Y ve S×Y interaksyonunun istatistiki olarak önemsiz bulunduğu, yıl faktörünün ise önemli ($p<0,001$) bulunduğu görülmüştür (Çizelge 4.89).

Çizelge 4.90'da sunulan toprak örneklerinin 2013 ve 2014 yılı ile 2013-2014 yılı ortalama değerlerine göre potasyum miktarı en yüksek S1 ve S2 sulama konularında bulunmuştur. Artan kısıntılı sulamalara bağlı olarak potasyum miktarının azaldığı ve 2013 yılı ve 2013-2014 yıllar ortalamasında S4, 2014 yılında ise S3 ve S4 konularında en düşük tespit edilmiştir. Bakteri uygulamalarına ait ortalamalar incelendiğinde ise ortalamalar arasında istatistiksel düzeyde bir farklılık tespit edilmemiştir (Çizelge 4.90).

Çizelge 4.89. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toprakta potasyum miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	0,10	35,45	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,00	0,86	0,496 ^{NS}
	S×B	12	0,00	0,62	0,812 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	0,09	7,68	0,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,00	0,37	0,830 ^{NS}
	S×B	12	0,00	0,51	0,895 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	0,20	25,86	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,00	0,83	0,512 ^{NS}
	Yıllar (Y)	1	0,14	18,98	<,000***
	S×B×Y	12	0,00	0,32	0,983 ^{NS}
	S×Y	3	0,00	0,08	0,972 ^{NS}
	B×Y	4	0,00	0,10	0,983 ^{NS}
	S×B	12	0,00	0,74	0,704 ^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.90. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toprakta potasyum miktarına (mg/kg) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	1,28	1,21	1,13	1,04	1,16^{NS}
	B1	1,28	1,25	1,16	1,10	1,20
	B2	1,24	1,24	1,19	1,14	1,20
	B3	1,28	1,25	1,17	1,08	1,19
	B4	1,28	1,26	1,14	1,06	1,18
Ortalama		1,27A***	1,24A	1,16B	1,08C	1,19B
2014	Kontrol	1,41	1,32	1,16	1,07	1,24^{NS}
	B1	1,34	1,28	1,24	1,21	1,26
	B2	1,34	1,34	1,27	1,19	1,28
	B3	1,31	1,29	1,28	1,18	1,26
	B4	1,33	1,27	1,19	1,16	1,23
Ortalama		1,35A***	1,30AB	1,23BC	1,16C	1,25A
2013-2014	Kontrol	1,34	1,26	1,14	1,05	1,20^{NS}
	B1	1,31	1,26	1,20	1,15	1,20
	B2	1,29	1,29	1,23	1,16	1,23
	B3	1,29	1,27	1,22	1,13	1,24
	B4	1,30	1,26	1,16	1,11	1,23
Ortalama		1,30A***	1,27A	1,19B	1,12C	1,21***

NS: $p>0,05$ de önemsiz ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.2.6. Kalsiyum miktarı

Deneme konularından elde edilen toprak örneklerindeki kalsiyum miktarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.91'de, ortalamalara ait veriler ise Çizelge 4.92'de sunulmuştur. Çalışmanın 2013 ve 2014 yılı ortalama verilerine bakıldığında toprak örneklerindeki kalsiyum miktarının sulama seviyeleri ve bakteri uygulamalarına göre istatistiki olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğu, 2013-2014 yılı ortalamalarında ise bakteri uygulamalarına ait ortalamaların istatistiki olarak önemsiz ($p>0,05$), sulama seviyelerinin önemli ($p<0,05$) olduğu belirlenmiştir. 2013-2014 yılları ortalamasında $S \times B \times Y$, $B \times Y$ ve $S \times Y$ interaksyonu önemsiz ($p>0,05$) bulunurken, yıl faktörü önemli ($p<0,001$) bulunmuştur.

Çizelge 4.92'de görüleceği üzere 2013 ve 2014 yılları ile 2013-2014 yıllar ortalamasında toprak örneklerindeki kalsiyum miktarlarının kısıntılı sulama

seviyelerine göre artışının istatistiki düzeyde önemli olmadığı, bakteri uygulamalarında ise yalnız 2013-2014 yıllar ortalamasındaki değişimlerin önemli olduğu ve kontrol konusuna göre en yüksek kalsiyum miktarı B2 ve B3 konularında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.91. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının topraktaki kalsiyum miktarının etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	0,55	1,27	0,298 ^{NS}
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,40	0,92	0,461 ^{NS}
	S×B	12	0,10	0,23	0,995 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	1,08	2,01	0,129 ^{NS}
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,68	1,26	0,299 ^{NS}
	S×B	12	0,23	0,43	0,941 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	1,59	3,25	0,026*
	Bakteri uygulamaları (B)	4	1,05	2,14	0,082 ^{NS}
	Yıllar (Y)	1	2,128	4,35	0,040*
	S×B×Y	12	0,05	0,10	0,999 ^{NS}
	S×Y	3	0,04	0,10	0,958 ^{NS}
	B×Y	4	0,03	0,08	0,988 ^{NS}
	S×B	12	0,28	0,58	0,851 ^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz ve * $p<0,05$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.92. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toprakta kalsiyum miktarına (mg/kg) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	11,10	11,16	11,44	11,82	11,38^{NS}
	B1	11,16	11,57	11,82	12,01	11,64
	B2	11,56	11,6	11,82	11,86	11,71
	B3	11,25	11,43	11,40	11,25	11,33
	B4	11,24	11,28	11,16	11,65	11,33
Ortalama		11,26^{NS}	11,41	11,53	11,72	11,48B
2014	Kontrol	11,35	11,20	11,39	12,13	11,51^{NS}
	B1	11,37	11,84	12,39	12,11	11,92
	B2	11,58	11,93	12,38	12,39	12,07
	B3	11,52	11,79	11,62	11,47	11,60
	B4	11,3	11,51	11,49	12,15	11,61
Ortalama		11,42*	1,65	11,85	12,05	11,74A
2013-2014	Kontrol	11,22	11,18	11,41	11,97	11,44B*
	B1	11,26	11,70	12,10	12,06	11,78AB
	B2	11,57	11,76	12,10	12,12	11,89A
	B3	11,38	11,61	11,51	11,36	11,46A
	B4	11,27	11,39	11,32	11,90	11,47B
Ortalama		11,34*	11,531	11,691	11,884	11,61*

NS: $p>0,05$ de önemsiz ve * $p<0,05$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.2.7. Magnezyum miktarı

Deneme konularından elde edilen topraklardaki magnezyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.93’de verilmiş ve bu değerlere ait ortalama veriler Çizelge 4.94’de sunulmuştur. Çizelge 4.93’de görüleceği üzere 2013 ve 2014 yılları ile 2013-2014 yılları ortalamasında sulama seviyeleri ve bakteri uygulamalarına göre toprak örneklerindeki magnezyum miktarının istatistiki olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğu görülmüştür. 2013-2014 yılı toprak örneklerindeki magnezyum miktarına ait ortalama veriler göz önüne alındığında $S \times B \times Y$, $B \times Y$, $S \times Y$ ve $S \times B$ interaksiyonları ile yıl faktörünün önemsiz ($p>0,05$) olduğu görülmüştür (Çizelge 4.93). Çizelge 4.94’de görüleceği üzere 2013 ve 2014 yılları ile 2013-2014 yılları ortalamasında toprak örneklerindeki magnezyum miktarlarının sulama seviyeleri ve bakteri uygulamalarına göre değişiminin istatistiki olarak önemli olmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.93. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toprakta magnezyum miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	0,00	0,96	0,418 ^{NS}
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,00	0,49	0,743 ^{NS}
	S×B	12	0,00	0,69	0,752 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	0,01	1,33	0,278 ^{NS}
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,00	0,33	0,859 ^{NS}
	S×B	12	0,00	0,66	0,776 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	0,01	2,22	0,091 ^{NS}
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,00	0,64	0,636 ^{NS}
	Yıllar (Y)	1	0,02	3,87	0,052 ^{NS}
	S×B×Y	12	0,00	0,13	0,999 ^{NS}
	S×Y	3	0,00	0,17	0,918 ^{NS}
	B×Y	4	0,00	0,13	0,969 ^{NS}
	S×B	12	0,00	1,22	0,286 ^{NS}

NS: p>0,05 de önemsiz

Çizelge 4.94. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toprakta magnezyum miktarına (mg/kg) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	2,11	2,13	2,12	2,11	2,11 ^{NS}
	B1	2,16	2,07	2,13	2,13	2,12
	B2	2,11	2,12	2,09	2,18	2,12
	B3	2,06	2,11	2,05	2,15	2,09
	B4	2,05	2,11	2,12	2,12	2,10
Ortalama		2,10 ^{NS}	2,10	2,11	2,14	2,11
2014	Kontrol	2,14	2,12	2,1	2,14	2,12 ^{NS}
	B1	2,18	2,1	2,19	2,14	2,15
	B2	2,10	2,15	2,15	2,25	2,16
	B3	2,08	2,16	2,08	2,18	2,12
	B4	2,05	2,15	2,16	2,18	2,13
Ortalama		2,11 ^{NS}	2,14	2,14	2,18	2,14
2013-2014	Kontrol	2,12	2,12	2,11	2,12	2,12 ^{NS}
	B1	2,17	2,08	2,16	2,13	2,13
	B2	2,10	2,13	2,12	2,21	2,14
	B3	2,07	2,1	2,06	2,16	2,10
	B4	2,05	2,13	2,14	2,15	2,11
Ortalama		2,10 ^{NS}	2,12	2,12	2,16	2,12 ^{NS}

NS: p>0,05 de önemsiz. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.2.8. Demir miktarı

Deneme konularından elde edilen topraklardaki demir miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.95’de verilmiş ve bu değerlere ait ortalama veriler ise Çizelge 4.96’da gösterilmiştir. Çalışmada 2013, 2014 yılları ve 2013-2014 yıllar ortalamasında sulama seviyeleri ve bakteri uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunurken yıl faktörünün önemli ($p<0,001$) olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.95’de verilen toprak örneklerinin Fe miktarlarına ait varyans analiz sonuçlarına göre uygulama konularına ait tüm interaksiyonların istatistiki olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğu belirlenmiştir. 2013, 2014 yılları ile her iki yıla ait sulama seviyeleri ve bakteri uygulamalarına ait ortalama veriler incelendiğinde demir miktarındaki değişimlerin önemli bulunmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.96).

Çizelge 4.95. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toprakta demir miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	0,09	1,92	0,142 ^{NS}
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,04	0,92	0,461 ^{NS}
	S×B	12	0,03	0,73	0,718 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	0,04	0,22	0,880 ^{NS}
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,18	0,86	0,495 ^{NS}
	S×B	12	0,17	0,79	0,655 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	0,11	0,88	0,455 ^{NS}
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,20	1,53	0,201 ^{NS}
	Yıllar (Y)	1	2,78	20,69	<,000***
	S×B×Y	12	0,05	0,42	0,952 ^{NS}
	S×Y	3	0,02	0,18	0,910 ^{NS}
	B×Y	4	0,02	0,21	0,932 ^{NS}
	S×B	12	0,15	1,14	0,339 ^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsizve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.96. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının topraktaki demir miktarına etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	2,87	2,88	2,80	2,95	2,87 ^{NS}
	B1	2,93	3,06	2,92	3,00	2,97
	B2	3,16	3,10	3,08	2,83	3,04
	B3	3,14	3,10	2,93	2,74	2,97
	B4	3,11	2,95	2,81	2,89	2,94
Ortalama		3,04 ^{NS}	3,02	2,9	2,88	2,96 ^B
2014	Kontrol	3,07	2,98	2,93	3,38	3,09 ^{NS}
	B1	3,2	3,44	3,50	3,09	3,30
	B2	3,25	3,48	3,70	3,32	3,43
	B3	3,58	3,50	3,03	2,85	3,24
	B4	3,25	3,27	3,17	3,34	3,25
Ortalama		3,27 ^{NS}	3,33	3,27	3,19	3,26 ^A
2013-2014	Kontrol	2,97	2,93	2,86	3,16	2,98 ^{NS}
	B1	3,06	3,25	3,21	3,04	3,14
	B2	3,20	3,29	3,39	3,07	3,24
	B3	3,36	3,30	2,98	2,79	3,10
	B4	3,18	3,11	2,99	3,11	3,09
Ortalama		3,15 ^{NS}	3,17	3,08	3,03	3,11 ^{***}

NS: $p>0,05$ de önemsiz ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.2.9. Bakır miktarı

Deneme konularından elde edilen topraklardaki bakır miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.97’de verilmiş ve bu değerlere ait ortalama veriler Çizelge 4.98’de sunulmuştur. Çizelge 4.97’de görüleceği üzere 2013 yılında sulama seviyelerinin istatistiki olarak önemli ($p<0,05$), 2014 yılında önemsiz ($p>0,05$) ve 2013-2014 yılları ortalamasında ise önem düzeyinin arttığı belirlenmiştir ($p<0,01$). Bakteri uygulamalarının ise her iki yıl bakır miktarına etkisinin istatistiki olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğu tespit edilmiştir. 2013-2014 yılı toprak örneklerindeki bakır miktarına ait ortalamaların etkisinin tüm interaksiyon sonuçlarında önemsiz ($p>0,05$) olduğu, yıllara göre değişimin ise önemli ($p<0,001$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.97).

Çalışmanın 2013, 2014 ve 2013-2014 yılları ortalamasında toprak örneklerindeki bakır miktarının sulama seviyelerine göre azaldığı görülmüş, 2013 yılı ve 2013-2014 yılları ortalamasında en fazla S4 konusunda azalma belirlenmiş, 2014 yılındaki azalmanın ise istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir. Bakteri uygulamalarının ise kontrol uygulamasına göre bakır miktarındaki değişimlerinin en fazla B2 konusunda arttığı, fakat bu artışın istatistiki düzeyde önemli olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.98).

Çizelge 4.97. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının topraktaki bakır miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	0,09	3,90	0,015*
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,01	0,48	0,747 ^{NS}
	S×B	12	0,00	0,36	0,969 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	0,04	1,25	0,303 ^{NS}
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,01	0,29	0,879 ^{NS}
	S×B	12	0,02	0,68	0,757 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	0,13	4,36	0,006**
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,01	0,54	0,707 ^{NS}
	Yıllar (Y)	1	0,75	25,04	<,000***
	S×B×Y	12	0,00	0,24	0,995 ^{NS}
	S×Y	3	0,00	0,18	0,907 ^{NS}
	B×Y	4	0,00	0,19	0,940 ^{NS}
	S×B	12	0,02	0,88	0,569 ^{NS}

NS: $p > 0,05$ de önemsiz. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ ve *** $p < 0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.98. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının topraktaki bakır miktarına (mg/kg) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	3,80	3,69	3,64	3,60	3,68^{NS}
	B1	3,75	3,63	3,67	3,50	3,63
	B2	3,83	3,64	3,56	3,65	3,67
	B3	3,72	3,63	3,66	3,53	3,63
	B4	3,64	3,66	3,59	3,54	3,60
Ortalama		3,75A*	3,65AB	3,62B	3,56B	3,64B
2014	Kontrol	3,94	3,75	3,7	3,78	3,79^{NS}
	B1	3,87	3,81	3,94	3,60	3,80
	B2	3,89	3,82	3,81	3,90	3,85
	B3	3,90	3,85	3,79	3,64	3,79
	B4	3,74	3,83	3,80	3,75	3,78
Ortalama		3,87^{NS}	3,81	3,81	3,73	3,80A
2013-2014	Kontrol	3,87	3,72	3,67	3,69	3,74^{NS}
	B1	3,81	3,72	3,80	3,55	3,72
	B2	3,86	3,73	3,68	3,77	3,76
	B3	3,81	3,74	3,72	3,58	3,71
	B4	3,69	3,74	3,69	3,64	3,69
Ortalama		3,87A**	3,81AB	3,81B	3,73B	3,8***

NS: $p > 0,05$ de önemsiz. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ ve *** $p < 0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.2.10. Mangan miktarı

Araştırma konularından elde edilen topraklardaki mangan miktarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.99’da, bu değerlere ait ortalama veriler ise Çizelge 4.100’de gösterilmiştir. Çizelge 4.99’da varyans analiz sonuçlarına göre 2013-2014 yılı sulama seviyeleri istatistiki olarak önemli ($p < 0,01$) olduğu, 2013 ve 2014 yılları sulama seviyeleri, bakteri uygulamaları ve uygulama konuları aralarındaki interaksiyonların ise önemsiz olduğu ($p > 0,05$) belirlenmiştir.

2013 ve 2014 yıllarında kısıntılı ve tam sulanan parsellerden elde edilen toprak örneklerindeki mangan miktarının sulama seviyelerine göre azaldığı, fakat bu azalmanın istatistiksel olarak önemli bulunmadığı tespit edilmiş, benzer şekilde bakteri uygulamalarına ait ortalamaların istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.100).

Çizelge 4.99. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toprakta mangan miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	0,05	2,36	0,086 ^{NS}
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,01	0,72	0,586 ^{NS}
	S×B	12	0,02	0,95	0,506 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	0,09	2,37	0,085 ^{NS}
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,00	0,13	0,969 ^{NS}
	S×B	12	0,03	0,88	0,569 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	0,14	4,64	0,004 ^{**}
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,01	0,63	0,639 ^{NS}
	Yıllar (Y)	1	0,05	1,60	0,209 ^{NS}
	S×B×Y	12	0,00	0,16	0,999 ^{NS}
	S×Y	3	0,00	0,09	0,967 ^{NS}
	B×Y	4	0,00	0,08	0,988 ^{NS}
	S×B	12	0,05	1,66	0,091 ^{NS}

NS: p>0,05 de önemsiz ve **p<0,01olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.100. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının topraktaki mangan miktarına (mg/kg) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	4,68	4,63	4,58	4,62	4,62 ^{NS}
	B1	4,66	4,73	4,68	4,74	4,70
	B2	4,75	4,73	4,80	4,64	4,73
	B3	4,78	4,76	4,67	4,48	4,67
	B4	4,86	4,71	4,53	4,55	4,66
Ortalama		4,74 ^{NS}	4,71	4,65	4,61	4,67
2014	Kontrol	4,65	4,64	4,59	4,56	4,61 ^{NS}
	B1	4,61	4,67	4,54	4,78	4,65
	B2	4,76	4,68	4,66	4,54	4,66
	B3	4,72	4,73	4,67	4,48	4,65
	B4	4,89	4,68	4,50	4,43	4,62
Ortalama		4,72 ^{NS}	4,68	4,59	4,56	4,63 ^{NS}
2013-2014	Kontrol	4,66	4,63	4,58	4,59	4,62 ^{NS}
	B1	4,60	4,70	4,61	4,76	4,67
	B2	4,75	4,70	4,73	4,59	4,69
	B3	4,75	4,74	4,67	4,48	4,66
	B4	4,87	4,69	4,51	4,49	4,64
Ortalama		4,73A ^{**}	4,69AB	4,62BC	4,58C	4,65 ^{NS}

NS: p>0,05 de önemsiz ve **p<0,01olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.2.11. Çinko miktarı

Yapılan çalışmada uygulama konularından elde edilen parsellerdeki toprak örneklerinde çinko miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.101’de, bu değerlere ait ortalama veriler ise Çizelge 4.102’de gösterilmiştir. Her iki yıl verileri incelendiğinde farklı sulama seviyelerindeki parsellerden alınan toprak örneklerinin çinko miktarındaki değişimlerin istatistiki olarak önemli olduğu ($p<0,05$), bakteri uygulamalarında meydana gelen artışların ise istatistiki olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğu belirlenmiştir. 2013-2014 yılı ortalama verilerinde ise sulama seviyelerinin istatistiki olarak önemli olduğu ($p<0,001$), bakteri uygulamalarının ve uygulama konularına ait interaksiyonlarının istatistiki olarak önemsiz olduğu ($p>0,05$) saptanmıştır (Çizelge 4.101). 2013, 2014 ve 2013-2014 yılları ortalama değerlerinde kısıntılı sulamalara bağlı olarak çinko miktarının S1 konusundaki parsellerde en yüksek bulunduğu, fakat kısıntılı sulamalara bağlı olarak bu değerlerin S3 ve S4 konularında azaldığı, bakteri uygulamaları incelendiğinde ise kontrol konusuna göre artışların görüldüğü fakat bu artışların istatistiki olarak önemsiz olduğu ($p>0,05$) tespit edilmiştir (Çizelge 4.102).

Çizelge 4.101. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toprakta çinko miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	0,04	3,66	0,020*
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,01	0,89	0,477 ^{NS}
	S×B	12	0,01	0,91	0,544 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	0,06	4,15	0,011*
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,00	0,47	0,760 ^{NS}
	S×B	12	0,02	1,23	0,294 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	0,11	7,76	0,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	0,01	1,18	0,327 ^{NS}
	Yıllar (Y)	1	0,01	0,85	0,359 ^{NS}
	S×B×Y	12	0,00	0,28	0,991 ^{NS}
	S×Y	3	0,00	0,11	0,951 ^{NS}
	B×Y	4	0,00	0,12	0,974 ^{NS}
	S×B	12	0,02	1,91	0,045*

NS: $p>0,05$ de önemsiz. * $p<0,05$ ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.102. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının toprakta çinko miktarına (mg/kg) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	4,68	4,63	4,58	4,62	4,62^{NS}
	B1	4,66	4,73	4,68	4,74	4,70
	B2	4,75	4,73	4,80	4,64	4,73
	B3	4,78	4,76	4,67	4,48	4,67
	B4	4,86	4,71	4,53	4,55	4,66
Ortalama		4,74^{NS}	4,71	4,65	4,61	4,67
2014	Kontrol	4,65	4,64	4,59	4,56	4,61^{NS}
	B1	4,61	4,67	4,54	4,78	4,65
	B2	4,76	4,68	4,66	4,54	4,66
	B3	4,72	4,73	4,67	4,48	4,65
	B4	4,89	4,68	4,50	4,43	4,62
Ortalama		4,72^{NS}	4,68	4,59	4,56	4,63^{NS}
2013-2014	Kontrol	4,66	4,63	4,58	4,59	4,62^{NS}
	B1	4,60	4,70	4,61	4,76	4,67
	B2	4,75	4,70	4,73	4,59	4,69
	B3	4,75	4,74	4,67	4,48	4,66
	B4	4,87	4,69	4,51	4,49	4,64
Ortalama		4,73A**	4,69AB	4,62BC	4,58C	4,65^{NS}

NS: $p > 0,05$ de önemsiz. * $p < 0,05$ ve *** $p < 0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.3. Bitki Su Kullanımına İlişkin Sonuçlar

Lahananın bitki su kullanımının değerlendirilmesinde sezonluk bitki su tüketimi (ET), su kullanım etkniliği (WUE), sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) ve su-verim ilişkileri araştırılmıştır.

4.3.1. Sezonluk bitki su tüketimi (ET)

Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahana bitkilerinin bakteri uygulamaları ile sezonluk ET miktarındaki değişimlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.103' de ve sezonluk ET verileride Çizelge 4.104' de gösterilmiştir. Çizelge 4.103' den görüleceği gibi 2013 ve 2014 yılları ile 2013-2014 yılları ortalamasında sulama seviyeleri istatistiksel olarak önemli ($p < 0,001$) bulunmuştur. 2013 yılı ile 2013-2014 yılları ortalamasında bakteri uygulamalarının etkisinin aynı önemlilik

($p<0,001$) düzeyinde olduğu belirlenirken, 2014 yılında önem ($p<0,05$) düzeyinin azaldığı görülmüştür. İki yıllık ortalamada $S\times B\times Y$, $B\times Y$ ve $S\times B$ interaksiyonları önemsiz ($p>0,05$) olduğu $S\times Y$ interaksyonu ile yıl faktörünün ise önemli ($p<0,001$) olduğu belirlenmiştir.

2013 yılında tam sulama konusunda en yüksek ET değeri gözlemlenirken yapılan kısıntılı sulamalar ile bu değerler azalmıştır. ET değerlerinin bakteri uygulamaları ile de azaldığı görülmüş, bu azalışın en fazla B1 bakteri uygulamasında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.104). Çalışmanın ikinci yılında da benzer şekilde kısıntılı sulamalara bağlı olarak ET'nin azaldığı en düşük değerin %25 sulama seviyesinde (S4) olduğu görülmüştür. ET değerinin 2014 yılında B1 ve B3 bakteri uygulamaları ile benzer ET değerleri sağladığı ve dolayısıyla aynı istatistiksel sınıfta ($p<0,05$) yer aldığı gözlenmiştir (Çizelge 4.104).

Tam sulama konusuna göre en fazla su kısıtının yapıldığı S4 sulamasında ET'nin 2013 yılında %43 azaldığı, 2014 yılında ise %49 azaldığı belirlenmiştir. Kontrol konusuna göre B1 bakteri uygulaması ET'yi 2013 yılında %3 ve 2014 yılında ise %2 azaltmıştır.

Çizelge 4.103. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının sezonluk ET değerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	160562,63	6019,78	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	302,233	11,33	<,000***
	$S\times B$	12	18,437	0,69	0,749 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	207633,305	3879,79	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	194,608	3,64	0,012*
	$S\times B$	12	28,93	0,54	0,874 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	366583,32	9142,96	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	474,056	11,82	<,000***
	Yıllar (Y)	1	12008,001	299,49	<,000***
	$S\times B\times Y$	12	208,573	17,38	0,945 ^{NS}
	$S\times Y$	3	1612,61	40,22	<,000***
	$B\times Y$	4	22,787	0,57	0,686 ^{NS}
	$S\times B$	12	29,987	0,75	0,700 ^{NS}

NS: $p>0,05$ de önemsiz. * $p<0,05$ ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.104. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının sezonluk ET (mm) değerine etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	570,2	489,3	410,1	325,3	449,7A***
	B1	556,2	472,4	397,1	317,2	435,7D
	B2	563,6	486,2	410,9	324,8	446,6AB
	B3	558,7	480,9	406,5	318,0	441,0C
	B4	564,8	479,5	408,2	318,2	442,6BC
Ortalama		562,7A***	481,6B	406,5C	320,7D	442,8A
2014	Kontrol	571,1	464,7	385,8	289,4	427,7A*
	B1	556,7	458,3	378,7	281,1	418,7B
	B2	564,4	466,8	387,2	283,7	425,5A
	B3	554,2	453,8	385,3	282,1	418,8B
	B4	563,7	462,6	382,7	285,0	423,5AB
Ortalama		562,0A***	461,2B	383,9C	284,2D	422,8B
2013-2014	Kontrol	570,6	477	397,9	307,3	438,2A***
	B1	556,4	465,4	387,9	299,1	427,2D
	B2	564,0	476,5	399,0	304,2	435,9AB
	B3	556,4	467,3	395,9	300,0	429,9CD
	B4	564,2	471,0	395,4	301,6	433,0BC
Ortalama		562,3A***	471,4B	395,2C	302,4D	432,8***

NS: $p > 0,05$ de önemsiz. * $p < 0,05$ ve *** $p < 0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.3.2. Su kullanım etkinliği (WUE)

Kuraklık stresine maruz kalan lahanada bakteri uygulamalarının WUE değeri üzerine etkisini gösteren varyans analiz sonuçları Çizelge 4.105'de, ortalamalara ait veriler ise Çizelge 4.106'da verilmiştir. 2013, 2014 ve 2013-2014 yılları ortalama değerleri göz önüne alındığında bakteri uygulamalarının istatistiki olarak önemli bulunduğu ($p < 0,001$) görülmüştür (Çizelge 4.105). Çalışmada tüm sulama uygulamaları arasında en yüksek WUE değerinin S4 sulama konusunda olduğu belirlenmiş, bu artışın 2013 yılında önemi ($p > 0,05$) olduğu görülürken, 2014 yılında önemli ($p < 0,05$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.104). Yıllara göre uygulamalar arasındaki tüm interaksiyonların önemsiz olduğu ($p > 0,05$) yıl faktörünün ise ($p < 0,001$) önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.105). WUE değerinin 2013 yılı sonuçlarına göre B1, 2014 ve 2013-2014 yılları ortalama sonuçlarına göre ise B1 ve B3 bakteri uygulamaları ile arttığı belirlenmiştir

(Çizelge 4.106). B1 bakteri uygulaması kontrole göre WUE'yi 2013 yılında %38, 2014 yılında %32 arttırmıştır. En yüksek WUE'nin elde edildiği S4 konusunda S1'e göre 2013 yılında %9 daha yüksek WUE değeri saptanmış, fakat istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. 2014 yılında ise S1'e göre %23 daha yüksek olduğu istatistiki düzeyde tespit edilmiştir (Çizelge 4.106).

Çizelge 4.105. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının WUE değerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	4,69	1,16	0,336 ^{NS}
	Bakteri uygulamaları (B)	4	54,76	13,53	<,000***
	S×B	12	2,37	0,59	0,841 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	37,37	0,01	0,011*
	Bakteri uygulamaları (B)	4	57,91	0,00	0,000***
	S×B	12	3,73	0,94	0,948 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	32,58	4,99	0,003**
	Bakteri uygulamaları (B)	4	107,64	16,5	<,000***
	Yıllar (Y)	1	118,24	18,13	<,000***
	S×B×Y	12	2,05	2,05	0,984 ^{NS}
	S×Y	3	9,48	1,45	0,233 ^{NS}
	B×Y	4	5,04	0,77	0,546 ^{NS}
	S×B	12	4,05	0,62	0,818 ^{NS}

NS: $p > 0,05$ de önemsiz. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ ve *** $p < 0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

Çizelge 4.106. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının WUE değerine (kg/m^3) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	11,91	12,75	13,82	13,28	12,94C***
	B1	17,00	18,56	17,44	18,36	17,84A
	B2	12,82	12,41	13,72	13,00	12,98C
	B3	15,75	16,10	14,22	18,43	16,12B
	B4	13,70	13,96	13,96	14,76	14,09C
Ortalama		14,23^{NS}	14,75	14,63	15,56	14,79B
2014	Kontrol	11,85	13,65	15,82	16,14	14,36B***
	B1	17,28	18,52	17,44	22,56	18,95A
	B2	15,68	13,48	16,76	17,27	15,79B
	B3	17,70	18,27	19,88	21,26	19,27A
	B4	13,80	14,96	16,79	16,53	15,52B
Ortalama		15,26B*	15,77B	17,33AB	18,75A	16,78A
2013-2014	Kontrol	11,88	13,20	14,82	14,71	13,65B***
	B1	17,14	18,54	17,44	20,46	18,39A
	B2	14,25	12,94	15,24	15,13	14,37B
	B3	16,72	17,18	17,05	19,84	17,70A
	B4	13,75	14,46	15,37	15,64	14,82B
Ortalama		14,74B**	15,26B	15,98AB	17,15A	15,78***

NS: $p>0,05$ de önemsiz. * $p<0,05$ ve *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.3.3. Sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE)

Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının IWUE değeri etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.107'de gösterilmiştir. Çizelge 4.107'de görüleceği üzere her iki yıla ait ortalamalar incelendiğinde sulama seviyeleri ve bakteri uygulamalarının istatistiki olarak önemli ($p<0,001$) bulunduğu görülmüş, 2013-2014 yıllar ortalamasında uygulama konularına ait $S \times B \times Y$, $B \times Y$ ve $S \times B$ interaksiyonlarının önemsiz olduğu ($p>0,05$) belirlenirken, $S \times Y$ interaksiyonu ($p<0,01$) ile yıl faktörünün önemli ($p<0,001$) olduğu tespit edilmiştir.

Lahanada bakteri uygulamalarının farklı sulama seviyelerindeki IWUE değeri üzerine etkisi Çizelge 4.108'de gösterilmiştir. Kısıntılı sulamalara bağlı olarak 2013, 2014 ve 2013-2014 yılı ortalamalarında IWUE' nin S3 ve S4 konularında arttığı, en fazla değer S4 sulama seviyesinden elde edildiği belirlenmiştir. Bakteri

uygulamaları incelendiğinde ise uygulamalar arasında kontrole göre en fazla B1 ve B3 uygulamalarında artış sağlandığı görülmüştür. B1 ve B3 bakteri uygulamaları IWUE değerini kontrole göre 2013 yılında sırasıyla %35 ve %23, 2014 yılında ise yine sırasıyla %29 ve %31 artmıştır. En az suyun uygulandığı S4 konusunda tam sulama konusuna göre IWUE'de 2013 yılında %44 ve 2014 yılında %75 artış sağlanmıştır.

Çizelge 4.107. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının IWUE değerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F değeri	Ö.S.
2013	Sulama seviyeleri (S)	3	533,34	33,05	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	93,67	5,81	0,000***
	S×B	12	8,62	0,53	0,878 ^{NS}
2014	Sulama seviyeleri (S)	3	533,34	33,05	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	93,67	5,81	0,000***
	S×B	12	8,62	0,53	0,878 ^{NS}
2013-2014	Sulama seviyeleri (S)	3	616,50	51,97	<,000***
	Bakteri uygulamaları (B)	4	165,70	13,97	<,000***
	Yıllar (Y)	1	358,29	30,20	<,000***
	S×B×Y	12	3,91	0,33	0,981 ^{NS}
	S×Y	3	63,04	5,31	0,002**
	B×Y	4	7,61	0,64	0,634 ^{NS}
	S×B	12	9,49	0,80	0,648 ^{NS}

NS: $p > 0,05$ de önemsiz. ** $p < 0,01$ ve *** $p < 0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir

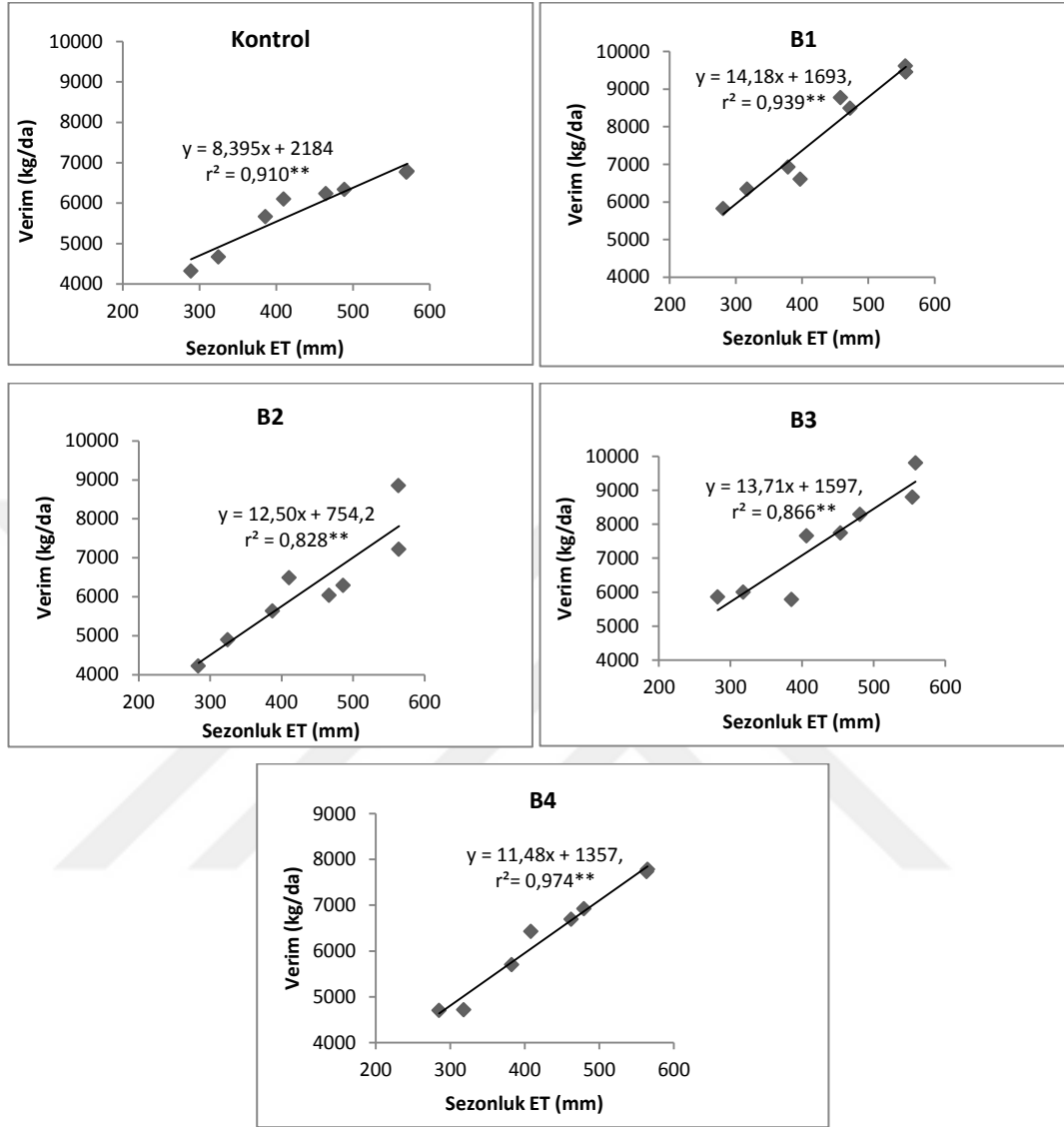
Çizelge 4.108. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının IWUE değerine (kg/m^3) etkisi

Yıllar	Uygulamalar	Sulama Seviyeleri (S)				
		S1	S2	S3	S4	Ortalama
2013	Kontrol	13,92	15,77	18,69	20,49	17,21B***
	B1	19,37	22,17	22,84	27,63	23,00A
	B2	14,80	15,25	18,59	20,02	17,16B
	B3	18,03	19,57	19,06	27,80	21,11A
	B4	15,86	16,92	18,80	22,29	18,46B
Ortalama		16,39C***	17,93C	19,59B	23,64A	19,39B
2014	Kontrol	13,90	16,60	21,99	27,01	19,87B***
	B1	19,76	22,22	23,80	36,69	25,61A
	B2	18,19	16,47	23,39	28,34	21,59B
	B3	20,16	21,71	27,60	34,70	26,03A
	B4	15,99	18,11	23,15	27,26	21,12B
Ortalama		17,60C***	19,02C	23,98B	30,80A	22,85A
2013-2014	Kontrol	13,91	16,18	20,34	23,75	18,54B***
	B1	19,56	22,19	23,32	32,15	24,30A
	B2	16,49	15,86	20,99	24,18	19,38B
	B3	19,09	20,64	23,33	31,24	23,57A
	B4	15,92	17,51	20,97	24,76	19,79B
Ortalama		16,99C***	18,47C	21,78B	27,21A	21,12***

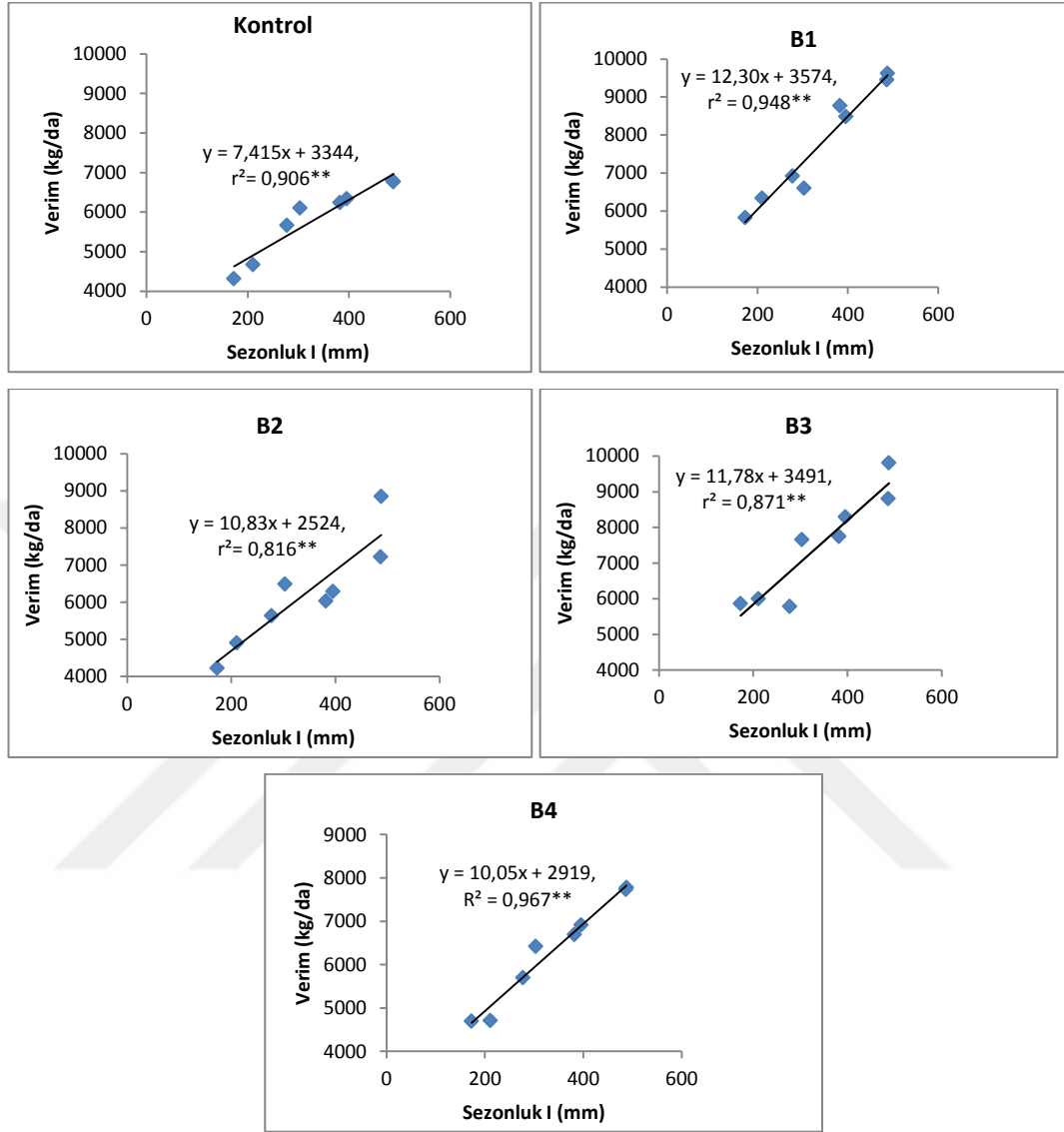
NS: $p>0,05$ de önemsiz. *** $p<0,001$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılık yoktur

4.3.4. Su-verim ilişkileri

Deneme konularının iki yıllık sonuçları birlikte dikkate alınarak lineer regrasyon yaklaşımı ile belirlenmiş sezonluk su tüketimi-verim ile sezonluk sulama suyu-verim ilişkileri Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Belirlenen önemli pozitif lineer ilişkiler tüm bakteri uygulamalarında verimin sezonluk su tüketimi ve sulama suyunun artışına paralel olarak arttığını göstermiştir.



Şekil 4.2. Deneme konularının su tüketimi (ET)-verim ile sulama suyu (I)-verim ilişkileri (**; %1 olasılık düzeyinde önemli)



Şekil 4.2. (devam)

5. TARTIŞMA

Sebze yetiştiriciliği bakımından dünya ülkeleri arasında önemli bir yere sahip olan ülkemizin sebze üretiminde daha iyi koşullara ulaşması, tarımsal problemlere karşı uygun metodlar kullanılarak verim ve kalitenin artırılması ile mümkün olabilmektedir. Dünyada bitkisel üretim; hastalık ve zararlı etmenlerinin yanı sıra iklim, toprak ve çevresel koşullara bağlı gelişebilen stres faktörleri yüzünden büyük ölçüde sınırlandırılmaktadır. Bitkisel üretimi sınırlayan başlıca etkenlerden biri olan abiotik stres faktörlerinin çoğunun ürünün veriminde %50 den fazla azalmaya neden olduğu rapor edilmiştir (Mahajan and Tuteja 2005). Tarımsal üretimde ciddi verim kayıplarına neden olan kuraklık bu stresler arasında önemli bir yere sahiptir. Başarılı bir sebze yetiştiriciliğinde su vazgeçilmez büyüme faktörlerinden biri olarak görülmektedir. Bu nedenle sebzelerde verim ve kalite üzerine su kıtlığının olumsuz etkisi son derece önemli bulunmaktadır (Maggio *et al.* 2005).

Bu çalışma; Erzurum çevre şartlarında yetiştiriciliği yoğun olarak yapılan, yöre ve ülke ekonomisine önemli katkıları olan lahanada, farklı sulama seviyelerinde (%100, 75, 50, 25) bitki gelişimini teşvik eden bakteri ırklarından (*B. megaterium* TV-6D, *B. subtilis* TV-12H, *B. megaterium* TV-20E, *B. choshinensis* TV-53D, *B. pumilus* TV-67C ve *P. agglomerans* RK-92) oluşan 4 farklı biyoformülasyonun bitki gelişimi, pazarlanabilir verim, amino asit, organik asit, antioksidan, hormon, mineral madde miktarı, fotosentetik mekanizma, bitki su tüketimi, su ve sulama suyu kullanım etkinliği, su-verim ilişkisi ile toprakta bazı kimyasal özellikler üzerine etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

5.1. Kuraklık Stresinde PGPB Uygulamalarının Bitki Gelişimi ve Verim Üzerine Etkisi

Yapılan çalışmada farklı sulama seviyelerinde oluşturulan kuraklık stresinin; toplam bitki ağırlığı, baş ağırlığı, baş yüksekliği, baş çapı, bitki gövde çapı ve açık

yaprak sayısında azalmaya neden olduğu, bu etkinin en fazla kısıntılı sulama yapılan S4 uygulamasında belirgin olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 4.2, Çizelge 4.4, Çizelge 4.6, Çizelge 4.8, Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.12). Yapılan bazı çalışmalarda farklı sulama seviyelerinde (%100 ve 50) yetiştirilen lahanada su kısıntılarına bağlı olarak baş çapı, baş yüksekliği, toplam baş ağırlığı, pazarlanabilir baş ağırlığı ve verimin azaldığı bildirilmiştir (Sturm *et al.* 2010; Marsic *et al.* 2012). Lahanada kuraklık stresinin etkilerinin incelendiği bir diğer çalışmada yine bitkideki baş ağırlığı, yaprak sayısı, ortalama yaprak alanı, gövde/kök oranı, kök uzunluğu ve kuru ağırlığının azaldığı belirlenmiştir (Maggio *et al.* 2005). Ayrıca lahanada kuraklık stresinin bitkilerde su alımında yaşanan sıkıntılara bağlı olarak yaprak sayıları arasında önemli bir fark oluşturmadığı halde yaprak boyutunu önemli derecede azalttığı bildirilmiştir (Maggio *et al.* 2005). Turan *et al.* (2014) lahanada PGPB uygulamalarının etkilerini inceledikleri çalışmada *P. agglomerans* RK-92 uygulamasının yaprak alanını kontrol bitkilerine göre %27,3 arttırdığını bildirmişlerdir. Lahanada daha önce yapılan farklı çalışmaların bu çalışma ile uyum içerisinde olduğu görülmüştür. Lahana, kuraklığa karşı orta derece hassas bitkiler arasında yer almaktadır (Bernstein and Ayers 1949; Osawa 1961). Bu durum kuraklık stresine maruz kalan lahanalarda bitki gelişimi ve verimin azalmasına neden olarak, küçük baş ile kalın yaprak oluşumu gibi bir takım fizyolojik bozulmalara neden olmaktadır (Maggio *et al.* 2005).

Yapılan çalışmalar marul, hıyar, domates ve farklı birçok sebzede kuraklığın fizyolojik ve biyokimyasal olayları olumsuz etkilediğini göstermiştir (Kohler *et al.* 2009c; Wang *et al.* 2012; Turan *et al.* 2014; Candido *et al.* 2015). Farklı sulama seviyesinde (%100, 75 ve 50) yetiştirilen marulda su kısıntılarına bağlı olarak yaş ve kuru baş ağırlık ile verimin azaldığı, fakat uygulanan *B. megaterium* TV-6D ve *B. subtilis* TV-12H bakteri ırkları ile su kısıntılarının bitkilerdeki zararı azalmıştır (Sahin *et al.*, 2015a). Marulda yapılan benzer bir çalışmada farklı kısıntılı sulama seviyelerinin (%100, 80, 60, 40 ve 20) bitki gelişimini azalttığı ayrıca ortalama pazarlanabilir verimi 39,49 t ha⁻¹'den 14,57 t ha⁻¹'a kadar düşürdüğü görülmüştür (Kuslu *et al.* 2008). Farklı sulama seviyelerinde (%100, 85 ve 70) yetiştirilen yazlık

kabakta %70 kısıntılı sulama seviyesinin ürün gelişimini azalttığı, tam sulama konusu ile karşılaştırıldığında sulamanın yeterli olmadığı koşullarda %85 sulama konusunda yapılan bir yetiştiricilikle yüksek meyve kalitesi ve kayda değer bir verim elde edileceği ifade edilmiştir (Kuslu *et al.* 2014). Brokolide kısıntılı sulamalara (%80, 60, 40 ve 20) bağlı olarak bitki başına ve dekara verim, taç boyu, taç çapı ve toplam kuru madde miktarının arttığı bildirilmiştir (Erken 2012). Yine brokolide su kısıntıları ile bitki gelişimi ve bitki başına verim azalmıştır (Erken 2012). Kısıntılı sulama seviyelerinin (%100, 80, 60, 40, 20 ve susuz) karpuzda verimi azalttığı, en fazla su kısıntısının yapıldığı konuda %66 verim kaybı yaşandığı bildirilmiştir (Çamoğlu vd 2011). Kısıntılı sulama konuları ile oluşturulmuş kuraklık stresinin farklı sebze türlerinde bitki gelişimi ve verim üzerine benzer etki gösterdiği görülmektedir.

Sulama seviyeleri ve bakteri uygulamalarının 2013-2014 yılları ortalama değerlerinin toplam bitki ağırlığı, baş ağırlığı, baş yüksekliği, baş çapı, bitki gövde çapı ve açık yaprak sayısında gözlemlenen değişimlerinin istatistiki olarak önemli bulunduğu çalışmada (Çizelge 4.1, Çizelge 4.5, Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.9), bakteri uygulamaları ile sağlanan artışların dikkate değer olduğu görülmüştür. Artan etkin su kullanımının (Çizelge 4.106) bitki gelişimini olumlu yönde teşvik ettiği ve toplam bitki ağırlığı, baş ağırlığı, baş yüksekliği, baş çapı, bitki gövde çapı ve açık yaprak sayısındaki artışların bitki gelişimini olumlu etkilediği belirlenmiştir. Farklı sulama seviyelerinin lahanada bitki gelişimi üzerine özellikle B1 ve B3 bakteri uygulamaları ile olumlu etki gösterdiği tespit edilmiştir.

Sera koşullarında yetiştirilen lahana fidelerinde bitki gelişim parametrelerinin kontrol uygulamasına göre en fazla *P. agglomerans* RK-92 uygulamasında elde edildiği tespit edilmiştir (Turan *et al.* 2014). PGPB uygulamalarının stressiz koşullarda yetiştirilen farklı bitkilerde bitki gelişimi ve verim üzerine olumlu etki gösterdiği daha önceki çalışmalarda rapor edilmiştir. Nitekim lahanada, tam ve %50 kısıntılı sulama yapılan bitkilerde inorganik gübreleme ile toplam bitki ağırlığı, pazarlanabilir baş ağırlığı, baş yüksekliği ve baş çapının arttığı görülmüş (Marsic *et*

al. 2012), fakat başka bir çalışmada inorganik gübre kullanımı ile birlikte PGPB uygulamalarının stressiz koşullarda bitki ağırlığını arttırıcı etkilerinin inorganik gübrelemenin yalnız kullanımına göre daha fazla olduğu bildirilmiştir (Zafar-ul-Hye *et al.* 2014). Bu durum PGPB uygulamalarının entegre gübreleme programlarında kullanılabileceğini göstermektedir (Freitas *et al.* 2007). Nane bitkisine uygulanan PGPB'lerin bitki kök kuru ağırlığı ve bitki taze ağırlığını kontrol uygulamasına göre %40 arttırdığı ve bu artışın istatistiksel olarak dikkate değer bulunduğu, ayrıca kök ve gövde uzunluğunun da benzer şekilde artış gösterdiği bildirilmiştir (Cappellari *et al.* 2015). Bezelyede yapılan tarla ve sera çalışmalarında PGPB uygulamalarının verim ve kalite üzerine pozitif etkiler sağladığı görülmüştür (Arshad *et al.* 2007). Günümüzde artık PGPB'nin tarımda kullanılması yaygınlaşmaya başlamıştır. PGPB'lerin *Mentha piperita* bitkisine uygulanması ile bitkilerde yaprak alanı ve yaprak sayısının kontrol uygulamasına göre %50 den fazla artışının istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır (Cappellari *et al.* 2015). Mısırdaki PGPB uygulamaları ile yaprak kuru ağırlığı kontrol bitkilerine göre %78 den %156 seviyelerine kadar artış göstererek yaprak alan indeksinin pozitif yönde etkilendiği bildirilmiştir (Gholami *et al.* 2012). Yapılan bu ve benzeri çalışmalarda, tarım topraklarında inorganik gübreleme ile sağlanan verim artışının PGPB kullanımları ile desteklenebileceğini göstermektedir.

Kısıntılı sulamalara bağlı olarak bitkide meydana gelen kuraklık stresinin olumsuz etkilerinin PGPB uygulamaları ile azaltılabileceği birçok çalışmada rapor edilmiştir. Birçoğu sert çevre şartlarında (kuraklık, tuzluluk, düşük sıcaklık, oksidatif stres, ağır metal toksitesi) direkt yada dolaylı şekilde etki mekanizmaları ile olumlu etki göstermektedir (Sadeghi *et al.* 2012). PGPB'lerin yapraktan, yetiştirme ortamına veya tohumdan uygulanması ile kuraklık stresine karşı domates, biber, hıyar, nane, fasulye, mısır, buğday, marul gibi sebze türlerinde bitki gelişmesi ve verim üzerine olan olumsuz etkilerinin azaltılabildiği belirlenmiştir (Candido *et al.* 2015; Cappellari *et al.* 2015; Kohler *et al.* 2009b; Naveed *et al.* 2014; Saleem *et al.* 2015; Saravanakumar *et al.* 2011; Wang *et al.* 2012; Zoppellari *et al.* 2014). Bezelyede kuraklık stresinin tane verimini azalttığı, fakat uygulanan *P. fluorescens*

'in tane verimini kontrol uygulamasına göre %30 arttırdığı rapor edilmiştir (Arshad *et al.* 2008). Tarla şartlarında farklı kısıntılı sulama seviyelerinde (%90, 60 ve 30) yetiştirilen banotu (*Hyoscyamus niger*) bitkisinde su kısıntısının artması ile yaprak sayısının azaldığı, fakat kontrol uygulamaları ile karşılaştırıldığında *Pseudomonas putida* ve *P. fluorescens* uygulamalarına bağlı olarak bu sayının artış gösterdiği bildirilmektedir (Ghorbanpour *et al.* 2013).

Bu çalışmada, kısıntılı ve tam sulama seviyelerinin bitkide hasar indeksi değişimleri incelenmiş olup kısıntılı su uygulamalarının hasar indeksini arttırdığı halbuki, bakteri uygulamaları ile bu değerlerin azaldığı görülmüştür (Çizelge 4.14). Çalışmada yer alan bitkilerde her iki yılın tam sulama seviyelerinde herhangi bir hasar belirtisi görülmezken, kısıntılı sulamaların yapıldığı bitkilerde küçük lahana başlarının oluştuğu, açık yaprak kenarlarında kıvrılma, sararma ve nekrotik yaraların başladığı görülmüştür (Şekil 4.1). Kuraklık stresine karşı bitkilerde geliştirilen mekanizmaların karmaşık olması, birçok stres faktöründe benzer sinyal iletim yolları ve mekanizmalarının kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle bitkilerin strese karşı toleransının artırılmasında tek bir mekanizmanın ötesinde, stresin meydana getirdiği olumsuz etkilerin birlikte incelenmesi gerekmektedir. Stresin bitkide meydana getirdiği hasarın en belirgin ve yaygın görüleni yapraklardaki klorozdur. Kısıntılı sulamalara bağlı olarak kuraklık stresinin ilerlemesi ve şiddetinin artmasıyla yaprakların uç kısımlarından başlayarak kıvrılma ve hatta ilerleyen safhalarda yaprakların solarak kuruduğu görülebilmektedir (Simpson *et al.* 2012). Bu çalışmada; bitkilerin kısıntılı sulamalara bağlı olarak hasar indeksinin PGPB uygulamaları ile azaldığı, özellikle en fazla B1 bakteri uygulamasının bitkide hasar belirtisini azalttığı saptanmıştır (Çizelge 4.14). Yapılan benzer çalışmalarda PGPB uygulamaları ile bitki gelişimini olumlu etkilediği, bitkilerde hasar belirtilerinin ise azaldığı belirlenmiştir. Su stresine maruz kalan domates ve biber fidelerinin ACC diaminaz içeren *Achromobacter piechaudii* ARV8 uygulamasıyla fide yaş ve kuru ağırlığının arttığı gözlemlenmiş ve bakteri uygulamasının özellikle domates fidelerinde etilen üretiminin azalmasına, bitkinin stres şartlarında su durumunu koruması ile bitkiler

stres sonrasında tekrar su alımına devam ettiğinde gelişimini sürdürebildiği bildirilmiştir (Mayak *et al.* 2004a). Bezelye bitkilerine ACC diaminaz içeren *V. paradoxus* 5C-2 uygulamasıyla bitkilerde stresin olumsuz etkilerinin azaldığı gözlenmiştir (Dodd *et al.* 2005). Domateste yapılan bir çalışmada, farklı sulama seviyelerinde (%0, 50 ve 100) uygulanan PGPB'lerin bitki biyokütlesinde artışlar sağladığını, bu durumun bakterilerin bitkilerde su kullanım etkinliğini artırıcı etkilerinden kaynaklanabildiğini bildirmişlerdir (Candido *et al.*, 2015). Tarla şartlarında farklı kısıntılı sulama seviyelerinde (%30, 60 ve 90) yetiştirilen banotu (*Hyoscyamus niger*) bitkisinde su kısıtının artması ile kök ve gövde kuru ağırlıklarının azaldığı fakat *P. putida* ve *P. fluorescens* uygulamaları ile kontrol bitkilerine göre artış gösterdiği rapor edilmiştir (Ghorbanpour *et al.* 2013). Başka bir çalışmada, kuraklık stresine maruz kalan maş fasulyesi bitkisine uygulanan *P. aeruginosa* GGRJ21 ile bitki kuru ağırlığı %26 azalırken kontrol bitkileri %40 azalma göstermiştir (Sarma and Saikia, 2014). Yapılan çalışmada bitki gelişim parametrelerinin PGPB uygulamaları ile artışlar sağlaması, uygulanan bakterilerin fosfat çözme, azot fikse edebilme (Gökçe 2013; Ekinci *et al.* 2014; Gökçe ve Kotan 2014; Ekinci vd 2015; Esrüngü vd 2015; Sahin *et al.* 2015a; Erman vd 2010), hormon ve amino asit üretimini artırma (Turan *et al.* 2014) gibi özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bu çalışmada seçilen bakterilerin hormon üretimini teşvik edici özellikleri, bu bakterilerin farklı sinyal iletim yollarını etkinleştirerek bitkilerde farklı gelişim mekanizmalarının aktivitelerini arttırabilir. Özellikle PGPB uygulamaları ile IAA üretiminin teşvik edilmesi bitkilerde kök yoğunluğunun artmasına neden olmaktadır. Kurak şartlarda yetiştirilen maş fasulyesinde IAA üretiminin en yüksek olduğu seviyede bitkinin kök gelişiminin arttığı gözlemlenmiş ve bu değerin PGPB uygulamayan bitkiler ile karşılaştırıldığında %227 daha fazla oluşunu bildirmişlerdir (Sarma and Saikia 2014). Benzer şekilde maş fasulyesine *P. fluorescens* uygulamasının su stresine dayanımını attırdığı bu durum bitki taze ağırlığında gözlemlenen artışla izlendiği bildirilmiştir (Saravanakumar *et al.* 2011). Mısırdaki kuraklık stresinin olumsuz etkilerine karşı uygulanan PGPB'lerin bitki yaş

ağırlığını uygulama yapılamayan bitkilere göre %117,5 arttırırken, kök yaş ağırlığını %35,4 arttırmıştır (Gholami *et al.* 2012). Mısırdaki yapılan bir başka çalışmada toplam kuru madde miktarı *P. alcaligenes*, *B. polymyxa* ve *M. phlei* uygulamaları ile kontrol bitkilerine göre %38 artmıştır (Egamberdiyeva 2007). Kurak şartlarda yetiştirilen mazıların (*Platycladus orientalis*) yaş ağırlığının *B. subtilis* bakteri uygulaması ile normal koşullardaki bitkilere göre %31,50 arttırdığı bildirilmiştir. Şeker pancarında PGPB uygulamalarının bitkide meydana getirdiği değişimler incelendiğinde yaprak ve kök ağırlığının bitki gelişiminin erken safhalarında önemli bir şekilde artmıştır (Cakmakci *et al.* 2006). Bu çalışmadan elde edilen bulgular önceki araştırma bulgularını destekler niteliktedir.

5.2. Kuraklık Stresinde PGPB Uygulamalarının Bitki ve Toprakta Bazı Kimyasal Özellikler Üzerine Etkisi

Bu çalışmada kısıntılı sulamaların genel olarak toprakta organik madde, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir, bakır, mangan ve çinko (Çizelge 4.86, Çizelge 4.88, Çizelge 4.90, Çizelge 4.92, Çizelge 4.94, Çizelge 4.96, Çizelge 4.98, Çizelge 4.100, Çizelge 4.102) miktarını azalttığı, pH ve CaCO₃ miktarını arttırdığı görülmüş (Çizelge 4.82 ve Çizelge 4.84), bitkide ise azot, fosfor, potasyum, magnezyum, kalsiyum, çinko, demir, bakır ve mangan miktarını azalttığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.64, Çizelge 4.66, Çizelge 4.68, Çizelge 4.70, Çizelge 4.72, Çizelge 4.75, Çizelge 4.76, Çizelge 4.78 ve Çizelge 4.80). Kuraklık stresi toprakta makro ve mikro mineral madde miktarını azaltmaktadır (Garg 2003). Pamukta yapılan bir çalışmada kuraklık stresinin toprakta azot ve potasyum miktarını azalttığını bildirmişlerdir (McWilliams 2003). Kısıntılı sulamaların bitkilerde mineral madde miktarını düşürdüğü ve yarayırlı forma dönüşümünde problemler oluşturduğu belirlenmiştir. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada verilen su miktarındaki azalışa bağlı olarak bitkinin topraktan azot alımında azaldığı görülmüştür (Marsic *et al.* 2012). Kuraklığa bağlı olarak mineral madde miktarındaki değişimin mısır üzerinde de benzer sonuçlar gösterdiği belirlenmiştir (Zoppellari *et al.* 2014). Kuraklık stresine maruz kalan mısır

bitkilerine uygulanan *Pseudomonas syringae* ve *P. fluorescens* bakterilerinin mısır bitkilerinde azot, fosfor ve potasyum miktarını arttırdığı belirlenmiştir (Zafar-ul-Hye *et al.* 2014). Kuraklık stresinin toprakta mineral madde miktarının azalmasına neden olarak bitkilerde besin maddesi alımında problemler yaşanmasına ve bitkide besin miktarında azalmalara neden olabilmektedir.

Bu çalışmada uygulanan bakterilerin lahanada azot, fosfor, potasyum, magnezyum, kalsiyum, çinko, demir, bakır ve mangan alımını arttırdığı, uygulamalar arasında en fazla artışın B1 bakteri uygulamasında olduğu görülmüş, fakat bu artış istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.64, Çizelge 4.66, Çizelge 4.68, Çizelge 4.70, Çizelge 4.72, Çizelge 4.75, Çizelge 4.76, Çizelge 4.78 ve Çizelge 4.80). Lahana fidelerine uygulanan benzer bakteri uygulamalarının (*B. megaterium* strain TV-91C, *P. agglomerans* strain RK-92 ve *B. subtilis* strain TV-17C) bitkide azot, fosfor, potasyum, magnezyum, kalsiyum, çinko, demir, bakır ve mangan miktarını uygulama yapılmayan bitkilere göre arttırdığı bildirilmiştir (Turan *et al.* 2014). Bitkilerde ACC diaminaz enzim aktivitesine sahip PGPB uygulamalarının besin maddesi alımını teşvik ettiği bildirilmektedir (Glick *et al.* 2007b). Bu araştırmada da ACC diaminaz enzim aktivitesine sahip B1 bakterisi (Erman vd 2010; Gökçe 2013; Ekinci *et al.* 2014; Gökçe ve Kotan 2014; Ekinci *et al.* 2015; Esrüngü vd 2015; Sahin *et al.* 2015a), bitkide besin maddesi alımını arttırarak bitki gelişimini teşvik ettiği düşünülmektedir. PGPB uygulamalarının buğday, mısır, arpa, balkabağında ve domateste bitki besin maddesi alımını arttırarak uygulama yapılmayan kontrol bitkilerine göre sırasıyla %259, %112, %234, %112 ve %119 kuru madde artışı sağladığı rapor edilmiştir (Saber 2001). Tütün bitkisine uygulanan PGPB uygulamalarının bitkide azot, demir, mangan ve çinko alımını arttırdığı bildirilmektedir (Cakmakci *et al.* 2007). Bazı PGPB uygulamalarının farklı bakteri grupları ile birlikte uygulanması sorgumda fosfor, azot, çinko, bakır ve demir alımını (Veeraswamy *et al.* 1992) artırmıştır. Domates ve biberde yapılan bir çalışmada, azot fikse eden PGPB kullanımının bitkilerde makro ve micro besin maddesi miktarını arttırdığı bildirilmiştir (Islam *et al.* 2013). Su stresi koşullarında yetiştirilen *Pinus halepensis* Mill. (Halep meşesi) ve *Quercus coccifera* L. (kırmızı

çam) bitkilerine uygulanan PGPB'ların bitkilerde azot, fosfor, potasyum, magnezyum, ve mangan miktarını arttırdığı bildirilmiştir (Rincon *et al.* 2008).

Araştırmada bakteri uygulamalarının toprağın pH ve CaCO₃ miktarındaki azalmalarının ve organik madde miktarındaki değişimlerinin istatistiksel olarak önemli bulunmadığı görülmüştür (Çizelge 4.82, Çizelge 4.84 ve Çizelge 4.86). Benzer çalışmalarda PGPB uygulamalarının fasulye ve ahududu kök bölgesinden alınan toprak örneklerinde pH 'yı kontrol uygulamasına göre azalttığı, organik madde miktarını ise arttırdığı bildirilmiştir (Orhan *et al.* 2006; Das and Singh 2014). Bu çalışmada ayrıca bakteri uygulamalarının toprağın fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir, bakır, mangan ve çinko miktarında artışlara neden olan değerlerinin istatistiksel olarak önemli bulunmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.88, Çizelge 4.90, Çizelge 4.92, Çizelge 4.94, Çizelge 4.96, Çizelge 4.98, Çizelge 4.100, Çizelge 4.102). Arpada (Heba *et al.* 2013), fasulyede (Das ve Singh, 2014) ve yapılan bir çok araştırmada PGPB uygulamalarının toprakta makro ve mikro besin maddesi miktarını arttırdığı bildirilmiş (Gunasekaran *et al.* 2004; Shinde *et al.* 2008), bu artışların uygulanan PGPB'ların bitki yetiştirme ortamına sağladığı faydalı etkiden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu durum PGPB uygulamaları ile toprakta bitki için yararlı forma dönüşmeyen yada toprakta çözünürlüğü zor olan besin elementlerinin bitkiye faydalı etkisinin artırılmasından kaynaklanmış olabileceği bildirilmektedir (Karlıdağ *et al.* 2011; Çakmaç *et al.* 2014).

5.3. Kuraklık Stresinde PGPB Uygulamalarının Lahanada Toplam Antioksidan ve Fenolik Madde Miktarı Üzerine Etkisi

Bu çalışmada farklı sulama seviyelerinden kaynaklanan yetiştirme koşullarının lahanada toplam antioksidan ve fenolik madde miktarını değiştirmiş, tam sulamanın yapıldığı stressiz konularda en yüksek değerler gözlemlenirken, özellikle S4 sulama konusundaki belirgin azalma dikkate değer görülmüştür (Çizelge 4.32 ve Çizelge 4.34). Yapılan çalışmalarda lahanada bulunan suda ve yağda çözünen antioksidanların miktarları ve antioksidan kapasiteleri değerlendirilmiş, brassica

sebzelerinin yüksek antioksidan miktarına ve fenolik bileşenlere sahip olduğu bildirilmiştir (Podsędek *et al.* 2006). Bitkilerde bulunan fenolik bileşiklerin miktarı bitkinin türüne, çeşidine, iklim ve yetiştirme şekline göre değişiklik göstermektedir. Çalışmamızdan elde edilen bilgilere paralel olarak buğdayda yapılan bir çalışmada, kuraklık stresinin toplam fenolik madde miktarını azalttığı görülmüştür (Naveed *et al.* 2014). Sebzelerde ve meyvelerde toplam fenolik bileşenler ve antioksidan miktarları arasında pozitif bir ilişki olduğu bildirilmektedir (Liu *et al.* 2002; Yang *et al.* 2004). Bu çalışmada lahanalarda toplam fenolik madde ve antioksidan miktarının kuraklığa bağlı olarak azaldığı görülmüş, fakat uygulanan bakterilerin bu değeri arttırdığı, en fazla artışın B2 bakteri uygulamasında olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 4.32 ve Çizelge 4.34). Buğdayda yapılan bir çalışmada kuraklık stresine karşı *B. phytofirmans* PsJN uygulamasının kontrol bitkilerine kıyasla toplam fenolik madde miktarını %58 arttırdığı bildirilmiştir (Naveed *et al.* 2014). Bazı çalışmalarda fenolik bileşiklerden zengin besinlerin antioksidan etki göstererek serbest radikal oluşumunu engelledikleri bildirilmektedir (Barut Uyar vd 2013). Bitkilerde bulunan fenolik bileşiklerin (flavonoidler, fenolik asitler ve tanenler) çoğu stres sırasında oluşabilen serbest radikalleri süpürücü özellikleri, dolayısıyla antioksidan fonksiyonları nedeniyle biyolojik aktif maddeler olarak adlandırılmakta ve pek çok çalışmaya konu olmaktadır (Wach *et al.* 2007).

5.4. Kuraklı Stresinde PGPB Uygulamalarının Fotosentez Hızı, Stoma İletkenliği ve Terleme Üzerine Etkisi

Bu çalışmada kuraklık stresine bağlı olarak lahanalarda fotosentez hızının azaldığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.20). Kuraklık, bitki büyümesinde duraklama ile birlikte meristem dokulardaki hücre bölünmesinin ve genişlemesinin durmasına sebep olmakta, bu durum ise kuraklık stresine bağlı olarak fotosentez hızını azaltmaktadır. Kuraklık stresi bitki dokularında fotosentetik aktiviteyi ışığın yakalanması ve kullanımı arasındaki bir dengesizliğe bağlı olarak azaltmaktadır (Noctor and Foyer , 1998). Fotosentezde strese bağlı olarak azalmaların meydana gelmesinde artan ABA hormon seviyesinin önemli rolü olabilir. Bitkilerde kuraklık stresine bağlı

olarak ABA hormon seviyesinin katabolizmasının azaldığı yada biyosentezinin arttığı bildirilmektedir (Bray 2002). Bitkiler su kaybını azaltmak için artan ABA sinyallerin etkisi ile stomalarını kapatma yoluna gitmektedir (Zhang and Outlaw 2001). Domateste yapılan bir çalışmada kuraklığa bağlı olarak ABA hormonu kök hidrolik kondaktivitesi ve transpirasyon etkinliğinin artmasına etki ederek yaprak gelişimini arttırmıştır (Thompson *et al.* 2007).

Yapılan bu çalışmadan elde edilen verilere paralel olarak lahanada benzer şekilde farklı su stresi uygulamasının bitkide fotosentez hızını azalttığı bildirilmiştir (Simpson *et al.*, 2012). Çalışmada uygulanan PGPB'ler ile kontrol uygulamalarına göre fotosentez hızında artışlar sağlandığı görülmüş özellikle B1 bakteri uygulaması ile bu artışın en yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.20). Tarla şartlarında farklı kısıntılı sulama koşullarında (%90, 60 ve 30) yetiştirilen Banotu (*Hyoscyamus niger*) bitkisinin su kısıntının artması ile klorofil a+b değerinin azaldığı, fakat kontrol uygulamaları ile karşılaştırıldığında *P. putida* ve *P. fluorescens* uygulamalarına bağlı olarak artış gösterdiği bildirilmiştir (Ghorbanpour *et al.* 2013). Yapılan bazı çalışmalarda; uygun PGPB seçiminin fotosentetik aktivitede yaşanan olumsuzlukları önemli düzeyde hafiflettiği bildirilmektedir. Kurak şartlarda yetiştirilen *Arabidopsis thaliana* bitkisinde *Azospirillum brasilense* uygulaması ile bitkide fotosentetik ve fotoprotektif pigmentlerin uyarılarak bitkide fotosenteze bağlı verim kayıplarının önüne geçilmiştir (Cohen *et al.* 2015). Özellikle ABA'nın sinyal merkezlerinin uyarılması ile bitki büyüme ve gelişmesi için düzenleyici rolü önemli görülmektedir (Zhang and Davies 1990). Yapılan çalışmalarda su kısıtlamalarına bağlı olarak meydana gelen stresin bitkilerde topraktan su alımını, stoma iletkenliğini azalttığı ve CO₂ alımının engellenmesi ile fotosentetik pigment kaybı ya da fotosentetik membranlardaki hasara bağlı olarak fotosentetik aktivitenin inhibisyonuna neden olduğu bildirilmiştir (Cuevas *et al.* 2006; Praxedes *et al.* 2006). Fotosentezin strese bağlı olarak gerilemesinde stomaların kapanması bir etken olabileceği gibi ve stoma kaynaklı olmayan sınırlamalarda etki edebilmektedir. Bu çalışmada kuraklık stresine bağlı olarak lahanalarda stoma iletkenliğinin azaldığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.22).

Çalışmada sulama seviyeleri arasında stoma iletkenliğinde en fazla azalışın S4 sulama seviyesinde olduğu, bu değişimin bitkiye yetiştirme sezonu boyunca uygulanan sulama suyunun bitkinin fotosentetik aktivitesinde azalmalara neden olacak düzeyde eksik verilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Lahanada yapılan bir çalışmada benzer şekilde farklı su stresi uygulamasının bitki de stoma iletkenliğini azalttığı bildirilmiştir (Simpson *et al.* 2012). Ayrıca kabakta kısıntılı sulama seviyelerinin fotosentez hızını azalttığı bildirilmiştir (Ors *et al.* 2016). Çalışmada uygulanan PGPB'ler ile kontrol uygulamalarına göre stoma iletkenliğinde artışlar sağlandığı görülmüştür (Çizelge 4.22). Her iki yılın ortalamaları göz önüne alındığında stoma iletkenliği en fazla B1 bakteri uygulamasında artış göstermiş, uygulanan bakteri ırkı bitkide su durumunun korumasına yardımcı olmuştur. B1 bakteri uygulama konusundaki bitkilerin en az bitki su tüketimini yapan grup olduğu dikkate alındığında B1 bakterisinin bitkilerde mevcut su durumunun muhafaza edilmesinde en etkili bakteri olduğu görülmektedir. Bitkide mevcut su durumunun muhafaza edilmesinde stomaların kapanması önemli bir sinyal olarak görülmüştür. Aynı zamanda bakterilerin kökler aracılığıyla topraktaki su kaybının algılanmasında ve toprak kurummasına bir tepki olarak bitkide farklı sinyal merkezlerinin uyarılmasını sağlamış olabilir.

Kuraklık stresinin bitkilerde stresten kaçınma mekanizması olarak geliştirdiği stomalarını kapatması olayı CO₂ özümlemesinde aksamalara neden olarak fotosentezdeki azalmaları beraberinde getirmektedir (Lawlor 1995). Bitkiler terleme yaparak kökler aracılığıyla topraktan aldıkları suyu ksilem dokusu ile yapraklara taşınmakta ve stomalar aracılığıyla buhar halinde atmosfere vermektedir. Bitkilerde mevcut su durumunun korunmasında terleme hızı önemli bir parametre olarak görülmekte ve stres sırasında bitkide su miktarının muhafaza edilmesinde ve bitkinin strese karşı tolerans kazanmasında etkili olmaktadır. Bitkilerin suyu dokularında tutmalarını sağlayan ve kuraklıktan kaçınma mekanizmalarından biri olan stomaların kapanması olayı, CO₂'nin mezofil hücrelerine girmesini önlediğinden fotosentetik hızı azaltmakta ve bitkide büyüme hızını yavaşlatmaktadır (Costa França *et al.* 2000). Bu çalışmada kuraklık stresine

bağlı olarak lahanalarda terleme miktarının azaldığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.24). Lahanada yapılan bir çalışmada benzer şekilde farklı su stresi uygulamasının bitki de terleme miktarını azalttığı bildirilmiştir (Simpson *et al.* 2012). Çalışmada uygulanan PGPB'ler ile kontrol uygulamalarına göre terleme miktarında artışlar sağlandığı görülmüştür (Çizelge 4.24). Her iki yılın ortalamaları göz önüne alındığında terleme miktarı en fazla B2 bakteri uygulamasında artış göstermiş, bu artış uygulanan bakteri ırkının bitkide su durumunun korumasına yardımcı olmuştur. Bu durumun oluşmasında yaprak su potansiyeli ve hücre turgoru etkili olarak görülebilir. Yapılan araştırmalar bitkilerde yaprak sayısı ve yaprak yüzey genişliğinin artmasının terleme ile kaybedilen suyun artmasına neden olacağı için yaprak sayısı ve yaprak yüzey genişliğinin terlemeye etki eden en önemli faktörlerden birisi olarak düşünülmektedir. Bitkilerde yaprak ile atmosfer arasında yaşanan buhar basıncı gradiyentinden dolayı topraktan bitkiye su alımı ve bitkiden atmosfere terleme hızı artmaktadır (Mahajan and Tuteja 2005). Yapılan bu çalışmada bitkiden atmosfere terleme hızının artması bitkinin vejetasyon süreci boyunca kullandığı su değerleri ile ilişkili bulunmaktadır. Ayrıca kuraklık stresine karşı bitki tarafından geliştirilen toleransın artmasında, fotosentetik mekanizmayı etkileyen hormonal düzeydeki değişimlerin etkisi söylenilebilir. Bu değişimler bitkilerde PGPB uygulamaları ile içsel AAC diaminaz enziminin ve etilen seviyesinin azalması ile ilişkilendirilmektedir (Mayak *et al.* 2004a; Zahir *et al.* 2008). Bu çalışmadaki sonuçların fotosentetik mekanizma ile ilgili değişimlerinin daha önce yapılmış çalışmalar ile uyum içerisinde olduğu görülmektedir (Sandhya *et al.* 2010a; Vardharajula *et al.* 2011; Marcinska *et al.* 2013). Kuraklık stresine maruz bırakılan buğdayda *B. phytofirmans* PsJN uygulamasının kontrol ile karşılaştırıldığında stoma iletkenliği, fotosentetik oran ve terleme miktarını arttırdığı fakat fotosentetik oran/transpirasyon oranı azalttığı gözlemlenmiştir (Naveed *et al.* 2014). Benzer çalışmalarda da faydalı PGPB uygulamalarının olumlu sonuçlar gösterdiği bildirilmiştir (Saravanakumar *et al.* 2011; Yandigeri *et al.* 2012). Marul ve fasulyede kuraklık stresinin fotosentetik mekanizmayı olumsuz yönde etkilediği fakat *Paenibacillus polymyxa* ve *Pseudomonas mendocina palleroni* uygulamalarının bu olumsuz etkiyi azalttığı görülmüş, bu durum bitkilerde sitokinin ve antioksidan aktivitede meydana gelen artışların olumlu etkisi

ile ilişkilendirilmiştir (Benabdellah *et al.* 2001; Ma'rcia *et al.* 2008). Kuraklık stresine maruz bırakılan hıyar bitkilerinde *B. cereus* AR156, *B. subtilis* SM21 ve *Serratia sp.* XY21 uygulamalarının kontrol gurupları ile karşılaştırıldığında klorofil a, b ve a+b değerini %25,9, 31,5 ve 27,4 oranlarında arttırmış, bu durum bakteri uygulamaları ile bitkide fotosentetik etkinliğin artmasını sağlamıştır (Wang *et al.* 2012). Patateste stres koşullarının bitkide PSII'nin potansiyel fotokimyasal etkinliğini azaltmış, *Bacillus pumilus* ve *Bacillus firmus* uygulamaları bu değeri kontrol bitkilerine kıyasla %43 arttırmıştır (Gururani *et al.* 2013).

5.5. Kuraklık Stresinde PGPB Uygulamalarının Hormon Miktarı Üzerine Etkisi

Bu çalışmada su kısıntılarına bağlı olarak lahanada oluşan kuraklık stresinin salisilik asit, giberallik asit ve indol asetik asit hormon miktarını azalttığı, absisik asit miktarını ise arttırdığı görülmüş, bakteri uygulamalarındaki değişimlerin ise istatistiki olarak önemli olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.40, Çizelge 4.42, Çizelge 4.44 ve Çizelge 4.46). Yapılan farklı çalışmaların bu çalışma ile benzer sonuçlar gösterdiği belirlenmiştir. PGPB uygulamalarının yapılan bazı çalışmalarda absisik asit, salisilik asit, giberallik asit ve indol asetik asit miktarlarına etkisi dikkate değer bulunmuştur. Lahanada *B. megaterium* TV-91C, *P. agglomerans* RK-92 ve *B. subtilis* TV-17C uygulamalarının salisilik asit, giberallik asit ve indol asetik asit değerlerini sırasıyla bakteri uygulaması yapılmayan bitkilere göre sırasıyla %12, 40 ve 27 arttırdığı rapor edilmiştir (Turan *et al.* 2014).

Kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde ozmotik dengenin sağlanmasında bitkisel hormonlarının değişimi önemli görülmektedir. Bu hormonlardan özellikle absisik asit, sitokinin, etilen, salisilik asit, giberallik asit ve indolasetik asit miktarlarındaki değişimler bitkide bazı mekanizmaların harekete geçmesi için uyarı oluşturmaktadır. Fotosentezde meydana gelen bir dizi olaylar bu hormonlardaki değişimler ile kontrol edilmektedir. Örneğin, stomaların kapanması ve böylece transpirasyonun önlenmesinde absisik asit önemli rol alırken, stomaların uyarılarak

açılmasında ise sitokinin ve giberallik asit etkili bulunmaktadır (Aharoni *et al.* 1977). Kuraklık stresi konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde genel olarak bitkide ABA miktarı artarken, sitokinin ve giberallik asit miktarı azalmaktadır (Hsiao 1973). *Platyclus orientalis* (Doğu mazısı) bitkisinde benzer şekilde kuraklığın absisik asit miktarını arttırdığı bildirilmiş olup, çalışmada PGPB uygulaması ile bu değerin %60 arttırdığı, stres şartlarına maruz kalamayan bitkilerde ise %42 arttırdığı bildirilmiştir (Liu *et al.* 2013). Kurak şartlarda yetiştirilen *Arabidopsis thaliana*'da absisik asit miktarının stressiz koşullara göre %83 arttığı, *Azospirillum brasilense* uygulaması ile bu değerin %33 artış gösterdiği, stres koşullarında ise uygulama yapılmayan bitkilere göre %66 artış sağladığı bildirilmiştir (Cohen *et al.* 2015). Bu durum stres sırasında artan absisik asit hormon aktivitesinin enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidan savunma sisteminin kapasitesini artırarak yada antioksidan genlerin ifadesini uyararak gerçekleşebilmektedir (Zhang and Jiang 2002).

Toprakta belirgin su kaybı yaşandığı zaman yada toprak kuruduğu zaman stomalardaki kapanmaya bağlı olarak bitkide sitokinin miktarı azalmakta ve yapraklarda su kaybını azaltmaktadır (Weyens *et al.* 2009). Bazı PGPB uygulamaları bitkide giberallik asit, indol asetik asit üretimini teşvik ederek yada sentezlenmesinde uyarıcı rol alarak strese karşı koruyucu görev üstlenmektedirler (Crozier *et al.* 1988; Fulchieri *et al.* 1993; Bottini *et al.* 2004; Bashan and de-Bashan 2010). PGPB'lerin bitki gelişimini doğrudan uyarma mekanizmaları oksinler, giberellinler ve sitokininler gibi hormonların bakteriler tarafından üretiminin yada rizosferdeki yoğunluklarının arttırılmasını (ACC-deaminaz ile etilen sentezinin düzenlenmesi gibi) sağlama ile etki etmektedirler (Barea *et al.* 2005; Tilak *et al.* 2005).

5.6. Kuraklık Stresinde PGPB Uygulamalarının Doku Oransal Su İçeriği Üzerine Etkisi

Bu çalışmada kuraklık stresine bağlı olarak bitkide doku oransal su içeriğinin azaldığı görülmüştür (Çizelge 4.16). Çalışmada kısıntılı sulamaların bitkilerde doku oransal su içeriğini azalttığı görülmüş, özellikle S4 sulama seviyesinde bu değerlerin %70'in altına indiği gözlemlenmiştir. Yapılan bu çalışmada kuraklık stresinin bitkilerde doku oransal su içeriğini azaltması ile ilgili verilerin yapılan benzer çalışmalar ile uyum içerisinde olduğunu göstermiştir (Mayak *et al.* 2004a; Yuan *et al.* 2010; Asrar and Elhindi 2011; Benabdellah *et al.* 2011). Fasulyede oransal su içeriğinin kuraklıktan büyük oranda etkilendiği gözlemlenmiş, bu durum bitki biyokütle dağılımı ile ilişkilendirilmiştir (Ramirez and Kelly 1998). Yüksek yapılı bitkilerin fotosentez hızının; doku oransal su içeriği ve yaprak su potansiyelindeki azalmaya bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir (Lawlor and Cornic 2002). Doku oransal su içeriğindeki azalmanın, stomaların kapanması ile fotosentez hızında paralel bir azalmaya neden olduğu bildirilmektedir (Cornic 2000). Kuraklık stresinin bitkilerde noksanlık belirtileri, terleme hızının su alımını aştığı zaman gerçekleşmektedir (Bray 1997). Bitkilerde hormonal etkilerin neden olduğu sinyaller aracılığıyla gerçekleşen stoma kapanması olayı bitkide oransal su içeriğinin yaklaşık %70'te kaldığı hafif su noksanlığına sebep olmakta ve karbondioksit alımında kısıtlamalar meydana getirmektedir (Kalefetoğlu 2006). Kurumaya duyarlı vasküler (damarlı) bitkilerin çoğunun vejetatif dokusu, %30'un altındaki oransal su içeriğinin altında iyileşme sürecine giremediği bildirilmektedir (Smirnoff 1993). Ayrıca doku oransal su içeriğinin %30'un altına düşmesi durumunda bitkilerin fotosentetik kapasitesinde azalmaların başladığı ve bu durumun kloroplastlardaki membran hasarına neden olabileceğini bildirilmiştir (Kaiser 1987). Kuraklığa bağlı bitkilerde meydana gelen hücresel su noksanlığında hücre hacminde ve membran şeklinde meydana gelen değişiklikler, hücrelerde membran bütünlüğünün bozulması, turgor kaybı ve protein denatürasyonu gibi sonuçlara neden olabilmektedir (Bray 1997).

Bu çalışmada kuraklık stresine karşı PGPB uygulamalarının doku oransal su içeriğini arttırdığı görülmüştür (Çizelge 4.16). Çalışmada her iki yılın verileri dikkate alındığında doku oransal su içeriğindeki azalmanın S4 sulama seviyesinde en fazla olduğu, fakat bu azalmanın bakteri uygulamaları ile arttırılabildiği gözlemlenmiştir. Uygulama konuları arasında doku oransal su içeriğinde en fazla artışın B1 uygulamasında olduğu görülmüştür. B1 bakteri uygulamasında bitki su tüketiminin en az gerçekleştiği düşünüldüğünde, uygulanan bakterinin bitkide mevcut su durumunun muhafaza edilmesinde önemli etkileri olmuştur. Yapılan bir çalışmada kuraklık stresine maruz bırakılan hıyar bitkilerinde *B. cereus* AR156, *B. subtilis* SM21 ve *Serratia sp.* XY21 uygulamalarının kontrol gurupları ile karşılaştırıldığında doku oransal su içeriğini arttırmış, bu durumun bitkilerde fotosentetik etkinliğini arttırdığı bildirilmiştir (Wang *et al.* 2012). Maş fasulyesinde kuraklık stresi ile azalan doku oransal su içeriğini *P. aeruginosa* GGRJ21 uygulaması %23 arttırmıştır (Sarma and Saikia 2014). Buğdayda bakteri uygulamaları ile kuraklık stresinde doku oransal su içeriğinin arttırıldığı görülmektedir (Chakraborty *et al.* 2013). Buğdayda kuraklık stresinin doku oransal su içeriğini azalttığı fakat *B. phytofirmans* PsJN uygulamasının kontrol konularına göre bu değeri arttırdığı görülmüştür (Naveed *et al.* 2014). Tarla şartlarında farklı kısıntılı sulama koşullarında (%90, 60 ve 30) yetiştirilen banotu (*Hyoscyamus niger*) bitkisinde doku oransal su içeriğinin su kısıtının artması ile azaldığı, fakat kontrol uygulamaları ile karşılaştırıldığında *P. putida* ve *P. fluorescens* uygulamaları ile artış gösterdiği bildirilmektedir (Ghorbanpour *et al.* 2013). Başka bir çalışmada ise *Arabidopsis thaliana* da kuraklık stresinin doku oransal su içeriğine olan olumsuz etkisi *Phyllobacterium brassicacearum* STM196 uygulaması ile azaltılmıştır (Bresson *et al.* 2014). Yapılan farklı çalışmaların bu çalışma ile uyum içerisinde olduğu belirlenmiştir. Bu durum çalışmada kullanılan bakterilerin bitkide bazı biyokimyasal süreçleri etkilemesinden kaynaklanmaktadır. Özellikle stres sırasında artan etilen miktarı ile etilen seviyesinin azaltılmasında ACC'nin farklı enzim mekanizmalarının uyarılması etkili olabilir. Bu enzimlerden biri olan S-adenozilmetionin enzimi veya ACC deaminaz enzimleridir. Bakteriler bitki rizosfer bölgesine uygulanmasının ardından burada bitkilerin indol asetik asit sentezlemesine yardımcı olmaktadır. Sentezlenen bu indol asetik asitle birlikte

içsel indol asetik asitin bitkilerde ACC'nin oluşumunu katalizleyen ACC sentaz'ın kopyalanmasını sağlamaktadır (Kende 1993).

5.7. ET, WUE, IWUE ve Su-Verim İlişkilerine Etkisi

Bitkilerin çoğunda yaş ağırlığın %85-90'nını su oluşturmaktadır. Bitkiler ihtiyaç duydukları suyu yağışlardan, toprak neminden ve sulama suyundan karşılamaktadırlar. Bitkilerin normal gelişimlerinde, gerekli olan ancak doğal yollarla karşılanamayan suyun bitki kök bölgesine gereken zamanda, miktarda ve kontrollü olarak verilmesi önemlidir. Ancak su kaynaklarının yetersizliği söz konusu olduğunda suyun optimal kullanılmasının yollarının araştırılması gerekmektedir. Bu çalışmada tam ve kısıntılı sulama koşullarında yetiştirilen lahanada bakteri uygulamaları altında ET, WUE ve IWUE'nin sulama seviyelerine göre değişimi incelenmiş ve artan kısıntılı sulamalarda ET değeri azalırken, WUE ve IWUE değerlerinin artış gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.104, Çizelge 4.106, Çizelge 4.108). Yapılan farklı çalışmalarda ET, WUE ve IWUE değerlerinin benzer sonuçlar gösterdiği tespit edilmiştir. Lahanada farklı kısıt seviyelerinde yapılan sulama (damla ve yağmurlama sulama) uygulamalarının bitkilerde WUE değerini arttırdığı bildirilmiştir (Marsic *et al.* 2012). Karpuzda farklı sulama seviyeleri (%100, 80, 60, 40, 20 ve susuz) ile oluşturulan kuraklık stresinin ET'nin azalmasına neden olduğu bildirilmiştir (Çamoğlu vd 2011). Benzer şekilde farklı gelişme dönemlerinde su kısıtı uygulamalarının (%80, 60, 40 ve 20) brokolide bitki başına verimin ve ET'nin azalmasına neden olduğu saptanmıştır (Erken 2012). Yine kuraklık stresinde yetiştirilen brokolide verim ve mevsimlik su tüketimi değerlerinin ilkbahar döneminde en fazla 233 ile 328 mm arasında, sonbahar döneminde 276 ile 344 mm arasında olduğu tespit edilmiştir (Erdem vd 2010).

Erzurum koşullarında farklı bitki türlerinde daha önce yapılan su kısıntısı denemelerin sonuçlarının da bu çalışma ile uyumlu olduğu görülmüştür. Nitekim farklı sulama seviyelerinde (%100, 80, 60, 40 ve 20) yetiştirilen kıvırcık marulda su

kısıtlarının artması ile sezonluk ET'nin 232 mm'den 121 mm'ye düştüğü ve IWUE'nin 225,85 kg ha⁻¹mm⁻¹'den 398,87 kg ha⁻¹mm⁻¹'ye yükseldiği tespit edilmiştir (Kuslu *et al.* 2008). Yörede yapılan başka bir çalışmada farklı sulama seviyelerinde (%100, 80, 60, 40, 20 ve 0) yetiştirilen şeker pancarında kısıntılı sulamalara bağlı olarak WUE artmış, en yüksek değer 91,84 kg ha⁻¹mm⁻¹ olarak belirlenmiştir (Kiziloglu *et al.* 2006). Yine şeker pancarında A sınıfı buharlaşma kabında olan buharlaşmanın %70, 60 ve 50'sine göre sulama yapılan koşullarda en yüksek IWUE değeri en az suyun uygulandığı konuda belirlenmiştir (Sahin *et al.* 2014). Kısıntılı sulama koşullarında A sınıfı buharlaşma kabı buharlaşmasının %100, 85 ve 70'inde yetiştirilen yazlık kabakta en yüksek IWUE en fazla sulama suyu verilen (452,9 mm) %100 konusunda elde edilmiş, ancak en az su verilen konu ile istatistiksel fark bulunmamıştır (Kuslu *et al.* 2014). Aynı çalışmada sulama suyu ile verim arasındaki lineer ilişkide sulama suyunun verimi önemli derecede etkilediğini göstermiştir (Şekil 4.2). Damla sulama sistemi ile farklı sulama seviyelerinde A sınıfı buharlaşma kabı buharlaşmasının %100, 85 ve 70'inde yetiştirilen hıyarda bitki gelişiminin sulama suyu miktarı ile pozitif lineer bir ilişki içinde olduğu, en yüksek IWUE değerinin 134,94 kg ha⁻¹mm⁻¹ ile %85 sulama seviyesinden elde edildiği bildirilmiştir (Sahin *et al.* 2015b). Benzer sulama seviyelerinde yetiştirilen turp'ta IWUE değerleri 5,63 kg m⁻³ ile en yüksek yine %85 sulama seviyesinde tespit edilmiştir (Sahin *et al.* 2015c). Farklı sulama seviyelerinde (%100, 80, 60, 40, 20 ve 0) yetiştirilen silajlık mısırdaki ve yoncada ET ile verim arasında önemli lineer bir ilişki gözlenmiştir (Kiziloglu *et al.* 2009; Kuslu *et al.* 2010). Sera koşullarında farklı sulama seviyelerinde (%100, 67 ve 33) yetiştirilen sakız kabağında bitki ağırlığı ve WUE ile transpirasyon oranı arasında dikkate değer doğrusal ilişkiler belirlenmiştir (Ors *et al.* 2016). Benzer şekilde kıvırcık marul ve şeker pancarında sezonluk ET ve verim arasında lineer bir ilişki saptanmıştır (Kiziloglu *et al.* 2006; Kuslu *et al.* 2008).

Çalışmada kuraklık stresine karşı bakteri uygulamalarının ET, WUE ve IWUE değerleri üzerine olumlu etkiler gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.104, Çizelge 4.106, Çizelge 4.108). Özellikle bakteri uygulamaları arasında B1 bakterisinin en az

ET değerini sağladığı görülmüş, WUE ve IWUE değerlerinin ise kısıntılı sulamalara bağlı olarak arttığı ve bakteri uygulamaları arasında en yüksek değerlerin B1 konusunda olduğu görülmüştür. Çalışmada bakteri uygulanmış bitkilerde su kullanma etkinliğinin stres ile birlikte artışı (Çizelge 4.106), bakterilerin bitkilerde su kullanımını mekanizmalarını olumlu yönde etkilemesinden kaynaklanabilir. Erzurum koşullarında farklı üç sulama seviyesinde (%100, 75 ve 50) yetiştirilen marulda su kısıntılarına bağlı olarak gelişimin azaldığı, uygulanan *B. megaterium* TV-6D ve *B. subtilis* TV-12H bakteri ırklarının bitkilerde WUE değerini arttırarak bitki gelişimini iyileştirdiği tespit edilmiştir (Sahin *et al.* 2015a). Bu çalışmada verim değerleri incelendiğinde benzer şekilde en fazla verimin B1 bakteri uygulamasında olduğu görülmüştür (Çizelge 4.18). Verime paralel olarak lahanada WUE ve IWUE değerlerinin B1 bakteri uygulamasında en yüksek değerler göstermesi B1 bakteri uygulamasının bitkide suyu en etkili kullanılmasını sağlayan uygulama olduğunu göstermiştir. Ayrıca bakteri uygulamalarına göre su-verim ilişkileri incelendiğinde en önemli lineer ilişkinin B1 ve B4 uygulamalarından elde edildiği ancak, farklı su kısıntılarında yetiştirilen lahanada bakteri uygulamalarının su-verim ilişkilerinde benzer değişimler sağladığı görülmüştür (Şekil 4.2).

5.8. Kuraklık Stresinde PGPB Uygulamalarının MDA ve H₂O₂ Miktarı Üzerine Etkisi

Yapılan bu çalışmada kısıntılı sulamalara bağlı olarak lahanalarda oluşan kuraklık stresinin MDA birikimini arttırdığı görülmüştür (Çizelge 4.30). Bitkiye verilen sularda yapılan kısıtlamalarla kuraklık stresinin şiddeti artmış, buna paralel olarak da MDA birikimi artmıştır. Yapılan benzer çalışmalar MDA birikiminin strese bağlı olarak arttığını göstermektedir. Kuraklık stresinin buğdayda strese maruz kalan bitkilerde MDA miktarını arttığı bildirilmiştir (Naveed *et al.* 2014). Kısıntılı sulamalarla meydana gelen su stresi bitkilerde birtakım değişiklikler meydana getirmektedir. Bunlar; özellikle kuraklık stresine karşı daha fazla su kaybetmemek için bitkilerin stomalarını kapatarak fotosentezde fiksasyon için gerekli CO₂

alımının kısıtlanmasına neden olmasıdır (Farooq *et al.* 2009). Bu durum, kuantum verimini azaltarak ve fotosentetik aparatın reaksiyon merkezlerindeki eksitasyon enerjisinin aşırılığına neden olmaktadır (Farooq *et al.* 2009). Böylelikle stres sırasında bitkilerde fotosistem I (PSI) 'in elektronlarının O_2 'ye transferi sonucunda reaktif O_2^- radikali üretilmektedir. Birçok türde kuraklık stresi altında artan reaktif O_2^- radikali oluşum hızı; lipid peroksidasyonuna, yağ asidi doygunluğuna ve sonucunda membranların bütünüyle zarar görmesine neden olmaktadır (Fu and Huang 2001; Reddy *et al.* 2004). Süperoksit radikali daha reaktif olan H_2O_2 ve daha sonra OH^- oluşturarak kalvin döngüsünün birçok enziminin inaktivasyonuna yol açmaktadır (Monakhova and Chernyadëv 2002). Serbest oksijen radikalleri hücre membranlarında lipid peroksidasyonuna neden olarak, membran lipidlerindeki peroksidasyon reaksiyonunu radikal olmayan konjuge ürünleri meydana getirmek için karbon veya peroksi radikalleri ile çapraz bağ kurarak sonlandırmaktadır (Cicerale 2004). Reaksiyon sonunda malondialdehit gibi aldehitler ve hidrokarbonlar lipid peroksidasyonunun son ürünleri olarak ortaya çıkmaktadırlar (McKersie 2000). Özellikle stres koşullarında MDA, hücrelerdeki doymamış yağ asitlerinin enzimatik parçalanması ve oksidasyonu sonucu oluşmakta (Behera *et al.* 2002) ve bitkiler oksidatif strese maruz kaldıklarında membran lipidlerinin peroksidasyonunun son ürünü olan MDA'nın birikimi artmaktadır (Guo *et al.* 2004).

Çalışmada strese bağlı olarak lahanalarda artan MDA birikiminin bakteri uygulamaları ile azaldığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.30). Kuraklık stresi ile bitkilerde artan reaktif oksijen türleri ve MDA birikimi yapılan farklı çalışmalarda bakteri uygulamaları ile azaltılabilmektedir (Va'zquez *et al.* 2001; Benabdellah *et al.* 2011). Fasulye ve marulda kurak şartlarda uygulanan bakteri kullanımının MDA miktarını azalttığı belirlenmiştir (Ma'rcia *et al.* 2008; Benabdellah *et al.* 2011). Buğdayda yapılan başka bir çalışmada stresin MDA miktarını arttırdığı fakat uygulanan *P. aeruginosa* ile kontrol uygulamasına göre %55 azaldığı gözlemlenmiştir (Islam *et al.* 2014). Kuraklık stresine maruz kalan hıyar bitkilerinde MDA konsantrasyonun arttığı fakat *B. cereus* AR156, *B. subtilis* SM21

ve *Serratia sp.* uygulamaları ile bu değerin kontrol uygulamalarına göre %40 azaldığı bildirilmiştir (Wang *et al.* 2012). Pirinç'te stres uygulamalarının MDA miktarını arttırdığı fakat *Bacillus spp.* ve *Ochrobactrum sp.* uygulamaları ile bu değerin %50'den fazla azalma gösterdiği bildirilmiştir (Pandey *et al.* 2013). Bu çalışmada MDA miktarındaki değişimlerin daha önce yapılmış çalışmalar ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

Kuraklık strese maruz kalan bitkilerde superoksit radikalleri, hidrojen peroksit, singlet oksijen ve hidroksil radikalleri gibi reaktif oksijen türlerinin üretiminin arttığı bilinmektedir (Farooq *et al.* 2009). Bu çalışmada lahanalarda su kısıtı uygulamaları ile H_2O_2 aktivitesinin arttığı görülmüştür (Çizelge 4.28). Yapılan farklı çalışmalarda H_2O_2 aktivitesinin strese bağlı olarak artışı ile ilişkili benzer sonuçlar tespit edilmiştir. Buğdayda yapılan bir çalışmada stresin H_2O_2 aktivitesini arttırdığı bildirilmiştir (Islam *et al.* 2014). Bu çalışmada strese maruz kalan lahanalarda H_2O_2 aktivitesinin PGPB uygulamaları ile azaltılabildiği görülmektedir (Çizelge 4.28). Strese bağlı olarak H_2O_2 aktivitesinin artışının PGPB uygulamaları ile azalmasına ilişkili benzer sonuçlar yapılan farklı çalışmalarda belirlenmiştir. Kuraklık stresinin H_2O_2 miktarını arttırdığı, fakat *P. aeruginosa* uygulaması ile kontrol guruplarına göre buğdayda H_2O_2 miktarını %21 azalttığı bildirilmiştir (Islam *et al.* 2014).

Kloroplastlarda ve mitokondride H_2O_2 'yi temizleyen enzimatik antioksidan savunmaları, sırasıyla APX ve GR, H_2O_2 'yi hızlı bir şekilde temizleyen CAT ve süperoksit anyonlarını temizleyen SOD'dan oluşmaktadır (Scandalios 1997). Bu gibi enzimatik antioksidanlar H_2O_2 gibi reaktif oksijen türlerinin olumsuz etkilerini azaltabilmektedir. Bu çalışmada lahanalarda su kısıtlamalarına bağlı olarak serbest radikal birikiminin MDA ve H_2O_2 miktarını arttırması nedeniyle bitkilerde verim kayıplarına neden olmuştur. Diğer yandan, artan MDA birikimi ve H_2O_2 değerlerinin enzim aktivitelerinin inhibasyonuna ve enzimlerin koruyucu fonksiyonlarının kaybolmasına neden olabileceği için membran hasarını daha da artmış olabilir. Bitkilerin kuraklığa karşı direnç yeteneklerinin koruyucu enzimlerle

ve bu enzimlerin savunma fonksiyonları ile ilişkili olduğu bildirilmektedir (Ge *et al.* 2006).

5.9. Kuraklık Stresinde PGPB Uygulamalarının Organik Asit ve Prolin Miktarı Üzerine Etkisi

Ozmotik düzenlemeye yardımcı olan organik asitlerin strese bağlı olarak birikiminin artması hücre turgorunun muhafazasında önemli yer tutmaktadır (Farooq *et al.* 2009). Bu çalışmada kuraklık stresine bağlı olarak suksinik, fumarik, maleik, sitrik, laktik, malik ve bütirik gibi organik asitlerin miktarı artmıştır. Ayrıca kontrol uygulamalarına göre en fazla B3 bakteri uygulamasındaki artış dikkate değer bulunmuştur (Çizelge 4.52, Çizelge 4.54, Çizelge 4.56, Çizelge 4.58, Çizelge 4.60 ve Çizelge 4.62). Yapılan çalışmalarda organik asit miktarının PGPB uygulamaları ile arttığı bildirilmektedir. Kuraklık stresine maruz kalan *Platycladus orientalis* (doğu mazısı) bitkisinde organik asit miktarındaki değişimler incelenmiş ve sitokinin üreten PGPB uygulamasının (*B. subtilis*) stresli ve stressiz koşullarda organik asit miktarını %18,29 ve 16,27 arttırdığı bildirilmiştir (Liu *et al.* 2013).

Bitkiler stres sırasında meydana gelen oksidatif hasarın neden olduğu olumsuz etkilerle yağda çözünen antioksidanlar (α - tokoferol, β -karoten) ve suda çözünen antioksidanlardan (prolin, glutatyon, askorbat) oluşan antioksidan koruyucu sistemler ile strese karşı mücadele etmektedir (Farooq *et al.* 2009). Bitkilerde ozmotik düzenleyici rolü bulunan aminoasit ve organik asitlerin bitki hücre sitozolünde birikmesi kuraklığa karşı toleransı arttırmakta ve stres altındaki bitkilerde ozmotik ayarlamaya yardımcı olmaktadır. Bitkide su alımında yaşanan sıkıntılara bağlı olarak bitki hücrelerinde prolin gibi aminoasitler birikerek koruma sağlamakta (Crowe and Crowe 1992) ve hücre veya dokularda turgorun azalmasını sağlayıp su potansiyelini düşürerek (Sandhya *et al.* 2010a) su kaybına (dessikasyon) karşı ozmotik koruyucu görevleri bulunmaktadır.

Kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde aminoasit miktarının arttığı bildirilmektedir (Farooq *et al.* 2009). Bu çalışmada kuraklık stresinin bitkilerde prolin aminoasitinin miktarını arttırdığı gözlenmiştir (Çizelge 4.26). Yapılan bir çalışmada prolin miktarının su noksanlığı şiddetine ve zamana bağlı olarak artış gösterdiği bildirilmiştir (Tan *et al.* 2006). Buğdayda kuraklık stresinin şiddetli olarak uygulandığı bitkilerde orta ve ılımlı kuraklığa göre daha fazla prolin birikiminin sağlandığı bildirilmiştir (Marcinska *et al.* 2013). Kuraklık stresinin şiddeti arttıkça prolin birikimi artarak (Gutsa and Chen 1987) hücre yapısının korunması ile serbest radikallerin uzaklaştırılmasında önemli rol almaktadır (Mani *et al.* 2002). Bamyada %60 kısıntılı sulama konusunda bitkilerin kök, gövde ve yapraklarında prolin miktarının kontrol bitkilerine göre artış gösterdiği, bu durumun prolin'in bir ozmoregülatör olarak oksijen radikallerinin yok edilmesindeki etkisinden kaynaklanabileceği bildirilmiştir (Sankar *et al.* 2007). Bitkilerde stres sırasında artan prolin birikimi reaktif oksijen türlerine karşı koruma sağlayarak bitkinin kuraklığa karşı toleransını arttırmaktadır (Armada *et al.* 2014). Kuraklıkta bitkide bazı suda çözünbilir aminoasitlerin birikimi artmakta olup, net karbondioksit asimilasyon oranı da önemli bir şekilde azalmaktadır (P'erez-Alfocea and Larcher 1995; Zhang *et al.* 2009; Changhai *et al.* 2010; Sumera and Asghari 2010). Bitkide kuraklık stresine bağlı olarak prolin birikimindeki artış diğer aminoasitlere göre daha fazla olmaktadır (Ghaderi and Siosemardeh 2011). Prolin'in hücre içindeki görevi, lipid oksidasyonunu engelleyerek membran sistemlerini ve oluşturdıkları bileşikler aracılığıyla da protein yapılarını korumaktır. Son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalar, prolin'in aynı zamanda sinyal iletiminde, mitokondri fonksiyonlarının düzenlenmesinde, hücre bölünmesi veya ölümünde ve gen anlatım seviyelerinin düzenlenmesinde rol oynamaktadır (Anjum *et al.* 2011; Liang *et al.* 2013; Kishor ve Sreenibasulu 2014). Bitkilerde ayrıca prolin birikiminin artması reaktif oksijen türlerinden biri olan hidroksil radikallerinin süpürücü fonksiyonlarına katkıda bulunmaktadır (Smirnoff and Cumbes 1989).

Bu çalışmada strese maruz kalan bitkilerde artan prolin birikiminin bakteri uygulamaları ile daha fazla arttığı görülmüştür (Çizelge 4.26). Tam sulama konusunun olduğu S1 sulama seviyesinden en fazla su kısıntısının yapıldığı S4 sulama seviyesine kadar aminoasit miktarında belirgin artış gözlemlenmiş ayrıca bakteri uygulamaları arasında B3 bakterisinin prolin miktarını daha fazla arttırdığı bulunmuştur. Kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde bakteri uygulamalarının prolin birikimini arttırdığı yapılan çalışmalarda bildirilmiştir. Tarla şartlarında farklı kısıntılı sulama koşullarında (%90, 60 ve 30) yetiştirilen banotu (*Hyoscyamus niger*) bitkisinin prolin miktarının kontrol uygulamaları ile karşılaştırıldığında *P. putida* ve *P. fluorescens* uygulamalarına bağlı olarak artış gösterdiği bildirilmektedir (Ghorbanpour *et al.* 2013). Benzer şekilde kuraklık stresine maruz kalan *Salvia officinalis* bitkilerine uygulanan PGPB'lerin bitkide prolin birikimini arttırdığı bildirilmiştir (Armada *et al.* 2014). Hücre turgorunu kontrol ederek hücresel suyun alıkonmasını sağlayan aminoasitler, membran ve makro moleküllerin çevresinde sudan bir kılıf oluşmasını sağlayarak serbest radikallerin uzaklaştırılmasında görev almaktadır (Kalefetoğlu 2006). Bu çalışmada kuraklık stresine bağlı olarak lahanalarda oluşan stresin artan aminoasit miktarı ile azaldığı, B3 bakteri uygulaması ile artan aminoasit miktarının ise lahanaların stresten en az düzeyde etkilenmelerini sağlamış olabilir.

5.10. Kuraklık Stresinde PGPB Uygulamalarının Antioksidan Aktivitesi Üzerine Etkisi

Araştırmada kuraklık stresine bağlı olarak APX, SOD ve POD antioksidan enzim aktivitesinin azalmış fakat uygulanan bakteriler ile antioksidan bu mekanizmasının arttığı görülmüştür (Çizelge 4.36, Çizelge 4.38 ve Çizelge 4.40). Kuraklık stresine maruz kalan birçok bitkide reaktif oksijen türlerine karşı savunmada enzimatik antioksidan mekanizmanın önemli rol oynadığına dair pek çok çalışma bulunmaktadır (Chakraborty *et al.* 2013; Ghorbanpour *et al.* 2013; Jha and Subramanian 2013; Armada *et al.* 2014; Islam *et al.* 2014; Naveed *et al.* 2014; Sarma and Saikia 2014). Tarla şartlarında farklı kısıntılı sulama koşullarında (%90,

60 ve 30) yetiştirilen banotu (*Hyoscyamus niger*) bitkisinin SOD, CAT ve POD aktivitesinin kontrol uygulamaları ile karşılaştırıldığında *P. putida* ve *P. fluorescens* uygulamalarına bağlı olarak artış gösterdiği bildirilmektedir (Ghorbanpour *et al.* 2013).

Bitkiler SOD, CAT, POD, APX ve GR enzim aktivitesinden oluşan enzimatik antioksidan koruyucu sistemler ile strese karşı mücadele etmektedirler. Enzimatik olmayan antioksidan moleküllerin temel görevi fotosentetik membranların korunması iken, enzimatik antioksidan moleküller reaktif oksijen bileşiklerini indirgeyerek birikimlerini engellemektedirler (Farooq *et al.* 2009; Anjum *et al.* 2011; Dolferus 2014; Osakabe *et al.* 2014).

SOD aktivitesi O_2^- ve H_2O_2 'nin oransal miktarlarını değiştirerek membranlarda, proteinlerde ve DNA'da şiddetli hasarlara neden olabilecek reaktif OH radikalının oluşum riskini azaltarak fayda sağlamaktadır (Bowler *et al.* 1994). Bu çalışmada kuraklık stresi ile birlikte miktarı artan toksik bir bileşik olan H_2O_2 'nin strese maruz kalan bitkilerde arttığı fakat PGPB uygulamaları ile azaltılabildiği görülmüş, bu durumun bakteri uygulamaları ile artan SOD enzim aktivitesinin H_2O_2 'nin zararlı etkilerini önlemede etkili olabileceğini göstermiştir (Çizelge 4.38).

POD enzimi, SOD enzimi tarafından katalizlenen O_2^- 'nin dismutasyonu ile üretilen H_2O_2 'nin ortadan kaldırılmasında görev almakta ve kuraklık stresi koşullarında bitki yapraklarında hücre membran bütünlüğü ile hücre duvarındaki mekaniksel değişiklikleri kontrol etmektedir (Asada and Takahashi 1987). Abiyotik stres şartlarında peroksidaz enziminin DNA ve membranların zararlanmasına karşı koruyucu etki gösterdikleri ve serbest radikalleri elemine etme yeteneğine sahip oldukları bilinmektedir (Scandalios 1994). Bu çalışmada toksik bir bileşik olan H_2O_2 'in zararlı etkisinin ortadan kaldırılmasına yardımcı olan POD enzim aktivitesi PGPB uygulamaları ile artmıştır (Çizelge 4.40). Benzer şekilde marulda da *P. mendocina* ve *G. intraradices* uygulamaları ile artan antioksidan aktivitenin kuralığa toleransın arttırılmasına katkı sağladığı bildirilmiştir (Kohler *et al.* 2008).

Bitkilerde H_2O_2 'nin hücre içi seviyesini düzenlenmesinde görevli enzimlerden biri olan APX, askorbat-glutasyon döngüsünün ilk basamağında elektron verici olarak görev yapmakta ve askorbat kullanarak H_2O_2 detoksifikasyonunda önemli bir antioksidan olarak görülmektedir (Noctor and Foyer 1998). Bu çalışmada lahanaların strese karşı koruyucu etkinliğinin sağlanmasında PGPB uygulamalarının olumlu etkileri görülmüş, bu etkide artan APX enzim aktivitesi önemli bulunmuştur (Çizelge 4.36). Antioksidan aktivitenin bitkinin strese karşı toleransının arttırılmasındaki farklı fizyolojik düzenlemeler önemli rol oynamaktadır. Ayçiçeği fidelerinde kuraklık stresine karşı *P. putida* GAP-P45 uygulamasının antioksidan aktiviteyi arttırmasındaki önemli katkısı ekzopolisakkarit üretimini teşvik etmesi ile ilişkilendirilmektedir (Sandhya *et al.* 2009). Su stresi şartlarında yetiştirilen maş fasulyesi bitkilerine uygulanan *P. aeruginosa* GGRJ21 ile SOD, POD ve CAT enzim aktivitesinin arttığı bildirilmiştir (Sarma and Saikia 2014). Marulda kuraklık stresine bağlı olarak PGPB uygulamalarının CAT ve POD enzim aktivitesini arttırdığı bildirilmiştir (Kohler *et al.* 2009a).

Bu çalışmanın daha önce yapılmış çalışmalar ile uyum içinde olduğu görülmektedir. Çalışmada strese bağlı olarak bitkide artan aminoasit birikimi ile meydana gelen ozmotik düzenleme, bitki dokularında serbest kalan reaktif oksijen türlerinin üretimini azaltmaktadır. Bu durumun oluşmasında bitkide ozmolit birikimi ve antioksidan mekanizma arasındaki ilişkinin etkili olduğu düşünülebilir.

5.11. Sonuç ve Öneriler

Küresel iklim değişikliği ve buna bağlı olarak kuraklık stresi suyun önemini arttırmaktadır. Ülkemizde kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı dikkate alındığında su azlığı yaşayan ülkeler konumunda bulunmaktadır. Bu durumda; ileriki yıllarda su sıkıntısı yaşayacağımız göz önünde bulundurulduğunda, kuraklık stresine karşı hassas grupta yer alan diğer bitkilerde olduğu gibi lahana yetiştiriciliğinde de kısıtlamaların olacağı görülmektedir. Lahana gelişiminde verim

ve kalite kayıplarının önüne geçebilmek için mevcut su kaynaklarının akılcı bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Bu durum tarımsal su tüketiminin azaltılması ve sulama etkinliğinin arttırılması ile mümkün olabilir.

Lahanada strese karşı toleransın arttırılması ve daha az su tüketiminin sağlanması için kolay uygulanabilir, maliyeti düşük ve özellikle çevre ile dost uygulamalar ile strese karşı koruyucu önlemler alınması gerekmektedir. Son yıllarda abiyotik stres koşullarında bitki yetiştiriciliği için PGPB uygulamalarının kullanım olanakları yoğun olarak araştırılmaktadır.

Araştırmamızdan elde edilen sonuçlara göre; tam (S1) ve kısıntılı sulama (S2, S3 ve S4) seviyelerinde yetiştirilen lahana bitkilerinde bitki gelişimini teşvik eden B1-B. *megaterium* TV-6D, B2-B. *subtilis* TV-12H, B3-B. *megaterium* TV-6D,+P. *agglomerans* RK-92+B. *choshinensis* TV-53D ve B4-P. *agglomerans* RK-92+B. *pumilus* TV-67C+B. *megaterium* TV-20E bakteri uygulamalarının olumlu etkileri gözlemlenmiş, çalışmada özellikle B. *megaterium* TV-6D bakteri uygulaması ile bitki gelişimi ile verim, fotosentetik mekanizma, pazarlanabilir verim, amino asit, organik asit, antioksidan, hormon ve mineral madde miktarını ve toprakta bazı kimyasal özellikleri iyileştirici özellikler belirlenmiştir. Aynı zamanda çalışmada kısıntılı sulama seviyelerinde bakteri uygulamaları ile WUE ve IWUE değerlerinde artış sağlanmış, en fazla artış B. *megaterium* TV-6D ve B. *megaterium* TV-6D+P. *agglomerans* RK-92+B. *choshinensis* TV-53D bakteri uygulamalarında dikkat çekici bulunmuştur. Ayrıca çalışmada verim ile sezonluk ET ve verim ile sezonluk sulama suyu aralarında pozitif lineer bir ilişki belirlenmiştir. Çalışmada bakteri uygulamaları ile ET'nin tam ve kısıntılı sulama seviyelerinde azaldığı görülmüş, bu azalış en fazla B. *megaterium* TV-6D ve B. *megaterium* TV-6D+P. *agglomerans* RK-92+ B. *choshinensis* TV-53D uygulamalarında tespit edilmiştir.

Lahana yetiştiriciliğinde mevcut su kaynaklarından maksimum düzeyde yararlanmak için verim değerlerindeki değişimler dikkate alınarak su ihtiyacının tam karşılanması yerine eksik karşılanması ile sulama suyundan tasarruf

sağlanabilir. Bu çalışmanın sonuçları *B. megaterium* TV-6D ve *B. megaterium* TV-6D+*P. agglomerans* RK-92+ *B. choshinensis* TV-53D bakteri uygulamaları ile tam sulama konusuna göre daha düşük sulama seviyelerinde verim ve kalitede azalma olmaksızın sulama suyunun daha etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir. Ayrıca PGPB uygulamalarının tam sulama konusundaki olumlu etkileri alternatif biyogübre olarak değerlendirilebileceği kanaati oluşturmuştur.

Bu çalışma ile bitkide kısıntılı sulama seviyelerinde meydana gelen stresten kaynaklanan zararlanmaların PGPB uygulamaları ile azaldığı görülmüştür. Araştırmada ayrıca, PGPB uygulamaları ile bitkilerde gelişimsel ve biyokimyasal seviyelerde aksamalara neden olmayacak düzeyde yapılacak kısıntılı sulamalarla verimde istenilen sonuçların elde edilebileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Adesemoye, A.O., 2008. Enhanced plant nutrient use efficiency with PGPR and AMF in an integrated nutrient management system. *Canadian Journal of Microbiology*, 54 (10), 876–886.
- Agarwal, S., Pandey, V., 2004. Antioxidant enzyme response to NaCl stress in *Cassia angustifolia*, *Biologia Plantarum*, 48 (4), 555-560.
- Aharoni, N., Blumenfeld, A., Richman, A.E., 1977. Hormonal activity in detached lettuce leaves as affected by leaf water content. *Plant Physiology*, 59 (6), 1169-1173.
- Ahemad, M., Kibret, M., 2014. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. *Journal of King Saud University - Science*, 26 (1), 1-20.
- Akbay, 2012. Farklı azot dozlarında yetiştirilen marulda (*Lactuca Sativa* L.) *Paenibacillus polymyxa* uygulamalarının verim, bitki gelişimi ve besin elementi içeriğine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Erzurum.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, Rome.
- Alonso, R., Elvira, S., Castillo, F.J., Gimeno, B.S., 2001, Interactive effects of ozone and drought stress on pigments and activities of antioxidative enzymes in *Pinus halepensis*, *Plant Cell Environment*, 24 (9), 905-916.
- Angelini, R., Federico R., 1989. Histochemical evidence of polyamine oxidation and generation of hydrogen peroxide in the cell wall, *Journal of Plant Physiology*, 135 (2), 212-217.
- Angelini, R., Manes, F., Federico., R., 1990. Spatial and functional correlation between diamine-oxidase and peroxidase activities and their dependence upon deetilation and wounding in chick-pea, *Planta*, 182 (1), 89-96.
- Anjum, S.A., Xie, X., Wang, L., Saleem, M.F., Man, C., Lei, W., 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research*, 6 (9), 2026-2032.
- Anonim, 2013. Türkiye istatistik kurumu (TÜİK), (2013).
- Anonim, 2014a. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2014).
- Anonim, 2014b. Türkiye istatistik kurumu (TÜİK), (2014).
- Anonim, 2015. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, (2015).
- Anonim, 2016. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, (2016).
- Ansary, M.H., Rahmani, H.A., Ardakani, M.R., Paknejad, F., Habibi, D., Mafakheri, S., 2012. Effect of *Pseudomonas fluorescens* on proline and phytohormonal status of maize (*Zea mays* L.) under water deficit stress. *Annals of Biological Research*, 3(2), 1054-1062.

- Antoine, F.R., Wei, C. I., Littell, R.C., Marshall, M.R. 1999. HPLC method for analysis of free amino acids in fish using o-phthaldialdehyde precolumn derivatization, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 47 (12), 5100-5107.
- AOAC, 2005. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Editor: Helrich, K, Washington, DC.
- Aristoy, M.C., Toldra, F., 1991. Deproteinization techniques for HPLC amino acid analysis in fresh pork muscle and dry-cured ham, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 39 (10), 1792-1795.
- Armada, E., Roldan, A., Azcon, R., 2014. Differential activity of autochthonous bacteria in controlling drought stress in native lavandula and salvia plants species under drought conditions in natural arid soil. *Microbial Ecology*, 67 (2), 410-420.
- Arshad, M., Shaharoona, B., Mahmood, T., 2007. Inoculation with plant growth promoting rhizobacteria containing ACC-deaminase partially eliminates the effects of water stress on growth, yield and ripening of *Pisum sativum* L. *Pedosphere* (in press). plant growth. A critical assessment. *Advances in Agronomy*, 108,77–136.
- Arshad, M., Shaharoona, B., Mahmood, T., 2008. Inoculation with *Pseudomonas* spp. containing ACC-deaminase partially eliminates the effects of drought stress on growth, yield, and ripening of pea (*Pisum sativum* L.). *Pedosphere* 18 (5), 611-620.
- Arzanesh, M.H., Alikhani, H.A., Khavazi, K., Rahimian, H.A., Miransari, M., 2011. Wheat (*Triticum aestivum* L.) growth enhancement by *Azospirillum* sp under drought stress. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 27 (2), 197-205.
- Asada, K., Takahashi, M., 1987. Production and scavenging of active oxygen radicals in photosynthesis. *Photoinhibition*. Kyle, D.J. (ed.), Elsevier, pp. 227-297.
- Ashraf, M., Foolad, M.R., 2007. Roles of glycine betaine ve proline in improving plant abiotic stres resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59 (2), 206-216.
- Asrar, A.W.A., Elhindi, K.M., 2011. Alleviation of drought stress of marigold (*Tagetes erecta*) plants by using arbuscular mycorrhizal fungi. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 18(1), 93–98.
- Atalay, İ., 1978. Erzurum ovası ve çevresinin jeolojisi ve jeomorfolojisi. Atatürk Üniversitesi Yayınları, No:91.
- Babalola, O. O., Osir, E. O., Sanni, A. I., Odhiambo, G. D., Bulimo, W. D., 2003. Amplification of 1-amino-cyclopropane-1-carboxylic acid (acc) deaminase from plant growth promoting rhizobacteria in *striga*-infested aoil. *African Journal of Biotechnology*, 2 (6),157–160.
- Bakker, P.A.H.M., Pieterse, C.M.J., Van Loon, L.C., 2007. Induced systemic resistance by fluorescent *Pseudomonas* spp. *Phytopathology*, 97 (2), 239–243.
- Barea, H.M., Pozo, M.J., Azcon, R. Azcon-Aguilar, C., 2005. Microbial co-operation in rhizosphere. *journal of experimental botany*, 56 (417), 1761-1778.

- Barea, J.M., Azco'n, R., Azco'n-Aguilar, C., 2002. Mycorrhizosphere interactions to improve plant fitness and soil quality. *Antonie Van Leeuwenhoek* 81 (1-4), 343–351.
- Barón, M., López-Gorgé, J., Lachica, M., Sadmann, G., 1992. Changes in carotenoids and fatty acids in photosystem II of Cu-deficient pea plants. *Physiologia Plantarum*, 84 (1), 1-5.
- Barut Uyar, B., Gezmen-Karadağ, M., Sanlier, N., Günyel, S., 2013. Bitkilerde bulunan fenolik bileşiklerin miktarı bitkinin türüne, çeşidine, iklim ve yetiştirme şekline göre değişiklik göstermektedir. *Gıda*, 38 (1), 23-29.
- Bashan, Y., de-Bashan, L., 2010. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth. A critical assessment. *Advances in Agronomy*, 108, 77-136.
- Battal, P., Tilekioğlu, B., 2001. The effects of different mineral nutrients on the levels of cytokinins in Maize (*Zea mays* L.). *Turkish Journal Botany*, 25 (3), 123-130.
- Behera, R.K., Mishra, P.C., Choudhury, N.K. 2012. High irradiance and water stress induce alterations in pigment composition and chloroplast activities of primary wheat leaves, *Journal of Plant Physiology*, 159 (9), 967-973.
- Benabdellah, K., Abbas, Y., Abourouh, M., Aroca, R., Azco'n, R., 2011 Influence of two bacterial isolates from degraded and non-degraded soils and arbuscular mycorrhizae fungi isolated from semi-arid zone on the growth of *Trifolium repens* under drought conditions: mechanisms related to bacterial effectiveness. *European Journal of Soil Biology* 47(5), 303–309.
- Bernstein, L., Ayers, A.D., 1949. Salt Tolerance of Cabbage and Broccoli. United States Salinity Laboratory Report to Collaborators. Riverside, CA, 39.
- Blaha, D., Prigent-Combaret, C., Mirza, M. S., Moe'ne-Loccoz, Y. 2006. Phylogeny of the 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase-encoding gene *acdS* in phytobeneficial and pathogenic Proteobacteria and relation with strain biogeography. *FEMS Microbiology Ecology*, 56 (3), 455–470.
- Bohnert, H.J., Jeensen, R.G., 1996. Strategies for engineering water-stress tolerance in plants. *Trends Biotechnology*, 14 (3), 89–97.
- Bota, J., Flexas, J., Medrano, H., 2004. Is photosynthesis limited by decreased Rubisco activity and RuBP content under progressive water stress? *New Phytology*, 162 (3), 671–681.
- Bottini, R., Cassán, F., Piccoli, P., 2004. Gibberellin production by bacteria and its involvement in plant growth promotion and yield increase. *Applied microbiology and biotechnology*, 65 (5), 497–503.
- Bouyoucos, G. J., 1951. A recalibration of the hydrometer method for the making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, 43 (9), 434 – 438.
- Bowler, C., Camp, W.V., Montagu, M.V., Inze, D., 1994. Superoxide dismutase in plants, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 13(3), 199-218.
- Bray, E.A., 1997. Plant responses to water deficit, *Trends in Plant Science*, 2, 48-54.
- Bray, E.A., 2002. Absciscic acid regulation of gene expression during water-deficit stress in the era of the *Arabidopsis* genome. *Plant, cell and environment*, 25(2), 153–161

- Bremner, J.M., Mulvaney C.S. 1982. Nitrogen–Total. In Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties 2nd Edition. Editors: A.L. 595-622. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney, eds), Agronomy, Madison, Wisconsin, 9.
- Bresson, J., Vasseur, F., Dauzat, M., Labadie, M., Varoquaux, F., Touraine, B., Vile, D., 2014. Interact to survive: *Phyllobacterium brassicacearum* improves arabidopsis tolerance to severe water deficit and growth recovery. Plos One 9 (9), 12.
- Broekaert, W. F., Delaure, S. L., De Bolle, M. F., Cammue, B. P., 2006. The role of ethylene in host-pathogen interactions. Annual Review. Phytopathology, 44, 393–416.
- Burd, G.I., Dixon, D.G., Glick, B.R., 2000. Plant growth-promoting bacteria that decrease heavy metal toxicity in plants. Canadian Journal of Microbiology. 46 (3), 237–235.
- Burr, T.J., Caesar, A., 1984. Beneficial plant bacteria. Critical Review Plant Sciences 2 (1), 1–20
- Cakmakci, R., Dönmez, F., Aydın, A., Şahin, F., 2006. Growth promotion of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. Soil Biology and Biochemistry, 38 (6), 1482–1487.
- Candido, V., Campanelli, G., D'Addabbo, T., Castronuovo, D., Perniola, M., Camele, I., 2015. Growth and yield promoting effect of artificial mycorrhization on field tomato at different irrigation regimes. Scientia Horticulturae, 187, 35-43.
- Cappellari, L.D., Santoro, M.V., Reinoso, H., Travaglia, C., Giordano, W., Banchio, E., 2015. Anatomical, morphological, and phytochemical effects of inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria on peppermint (*Mentha piperita*). Journal of Chemical Ecology, 41 (2), 149-158.
- Cattelan, A. J., Hartel, P. G., Fuhrmann, J. J., 1999. Screening for plant growth-promoting rhizobacteria to promote early soybean growth. Soil Science Society of America Journal, 63 (6), 1670–1680.
- Chakraborty, U., Chakraborty, B.N., Chakraborty, A.P., Dey, P.L., 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.
- Changhai, S., Baodi, D., Yunzhou, Q., 2010. Physiological regulation of high transpiration efficiency in winter wheat under drought conditions. Plant Soil Environment, 56 (7), 340–347.
- Cheikh, N., Jones, R.J., 1994. Distruption of maize kernel growth and development by heat stress, Plant Physiology, 106 (1), 45-51.
- Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Agronomy. 9, 2. Edition, Madison, Wisconsin.
- Chen, W.S., 1991. Changes in cytokinins before and during early flower bud differentiation in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.), Plant Physiology, 96 (4), 1203-1206.

- Chung, F.L., Kelloff, G., Steele, V., Pittman, B., Zang, E., Jiao, D., Rigotty, J., Choi, C.I., Rivenson, A., 1996. Chemopreventive efficacy of arylalkyl isothiocyanates and N-acetylcysteine for lung tumorigenesis in Fischer rats. *Cancer Research*, 56 (4), 772–778.
- Cicerali, I. N., 2004. Effect of salt stress on antioxidant defense systems of sensitive and resistant cultivars of lentil (*Lens culinaris* M.) (Doctoral dissertation, MSc Thesis submitted to the graduate school of natural and applied sciences of middle east technological Univ).
- Clemente, G., Melegari, A., Quadrelli, A., Bucki, P., Lemanceau, P., Escande, A., 2000. Effect of geographical and rhizosphere or non- rhizosphere origins of fluorescent pseudomonads on their suitability to protect tomato seedlings cv 'Earlymech' from *Rhizoctonia solani* Ag-4 infection. Proc. 5th Int. Conf. Plant Growth Promoting Rhizobacteria, Brasil.
- Cleyet-Marcel J.C., Larcher, M., Bertrand, H., Rapior, S., Pinochet, X., 2001. Plant growth enhancement by rhizobacteria. In: Morot Gaudry, J.F., (ed) Nitrogen assimilation by plants: physiological, biochemical and molecular aspects. Science Publishers, Plymouth, 185–197.
- Cohen, A.C., Bottini, R., Pontin, M., Berli, F.J., Moreno, D., Boccanlandro, H., Travaglia, C.N., Piccoli, P.N., 2015. *Azospirillum brasilense* ameliorates the response of *Arabidopsis thaliana* to drought mainly via enhancement of ABA levels. *Physiologia Plantarum*, 153 (1), 79-90.
- Cornic, G., 2000. Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture-not by affecting ATP synthesis, *Trends in Plant Science*, 5 (5), 187–188.
- Cornic, G., Massacci, A., 1996. Leaf photosynthesis under drought stress, in: Baker N.R., (Ed.), *Photosynthesis and the Environment*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Costa França, M.G., Pham-Thi, C.A.T., Pimentel, R.O.P., Rossiello, Y., Fodil, Z., Laffray, D., 2000. Differences in growth and water relations among *Phaseolus vulgaris* cultivars in response to induced drought stress, *Environmental and Experimental Botany*, 43 (3), 227–237.
- Cowan, A.K., 1999. Regulation of abscisic acid metabolism: towards a metabolic basis for abscisic acid-cytokinin antagonism. *Journal of Experimental Botany*, 50 (334), 595–603.
- Craufurad, P.Q., Wheeler, T.R., Ellis, R.H., Summerfield, R.J., Prasad, P.V.V., 2000. Escape and tolerance to high temperature at flowering in groundnut. *The Journal of Agricultural Science*, 135 (04), 371–378.
- Creus, C.M., Sueldo, R.J., Barassi, C.A., 2004. Water relations ve yield in *Azospirillum*-inoculated wheat exposed to drought in the field. *Canadian Journal of Botany*, 82 (2), 273–281.
- Crowe, J. H., Crowe, L. M., 1992. Membrane integrity in anhydrobiotic organisms: toward a mechanism for stabilizing dry cells. In *Water and Life*, Springer Berlin Heidelberg, 87-103.
- Crozier, A., Arruda, P., Jasmim, J.M., Monteiro, A.M., Sandberg, G., 1988. Analysis of indole-3-acetic acid and related indoles in culture medium from *Azospirillum lipoferum* and *Azospirillum brasilense*. *Applied and Environmental Microbiology*, 54 (11), 2833-2837.

- Cuevas, E., Baeza, P., Lissarrague, J.R., 2006. Variation in stomatal behaviour and gas exchange between mid-morning and mid-afternoon of north-south oriented grapevines (*Vitis vinifera* L. cv. tempranillo) at different levels of soil water availability, *Scientia Horticulturae*, 108 (2), 173-180.
- Cutting, J.G.M., 1991. Determination of the cytokinin complement in healthy and witchesbroom malformed protease, *Journal of Plant Growth Regulation*, 10 (1-4), 85-89.
- Çakmakçı, R., 2005, Bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin tarımda kullanımı. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 36 (1), 97-107.
- Çakmakçı, R., Dönmez, M.F., Erdogan, Ü., 2007. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on barley seedling growth, nutrient uptake, some soil properties, and bacterial counts. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31 (3), 189-199.
- Çakmakçı, R., Turan, M., Güllüce, M., Şahin, F. 2014. Rhizobacteria for reduced fertilizer inputs in wheat (*Triticum aestivum* spp. *vulgare*) and barley (*Hordeum vulgare*) on Aridisols in Turkey. *International Journal of Plant Production* 8 (2), 1735-8043
- Çakmakçı, R., Dönmez, F., Aydın, A., Şahin, F., 2006. Growth promotion of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. *Soil Biology Biochemistry*, 38 (6), 1482-1487.
- Çamoğlu, G., Genç, L., Aşık, Ş., 2011. Tatlı mısırdada (*Zea mays saccharata sturt*) su stresinin fizyolojik ve morfolojik parametreler üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48 (2), 141-149.
- Çetinkaya Yıldız, R., 2007. Domates Bakteriyel Solgunluk Hastalığı Etmeni (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (Smith) Davis *et. al.*)'nin Tanılanması ve Bitki Büyüme Düzenleyici Rizobakteriler ile Biyolojik Mücadele Olanaklarının Araştırılması. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Dağdelen, N., 2010. Aydın koşullarında damlama sulama yöntemi ile sulanan mısırdada kontrollü kısıtlı sulama uygulama olanaklarının araştırılması. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7 (1), 43-53.
- Dalal, M., Dani, R.G., Kumar, P.A., 2006. Current trends in the genetic engineering of vegetable crops, *Scientia Horticulturae*, 107, 215-225.
- Das, I., Singh, A.P., 2014. Effect of PGPR and organic manures on soil properties of organically cultivated mungbean, *The Bioscan*, 9(1), 27-29.
- Davidson, E.A., Verchot, L.V., Cattanio, J.H., Ackerman, I.L., Carvalho, H.M., 2000. Effects of soil water content on soil respiration in forests and cattle pastures of eastern Amazonian, *Biogeochemistry*, 48 (1), 53-69.
- Davies, P.J. 1995. The plant hormones; Their nature, occurrence and functions. *Plant Hormones*. Kluwer Academic Publishers, Boston, 1-39.
- De Smet, I., Zhang, H., Inze, D., Beeckman, T., 2006. A novel role for abscisic acid emerges from underground. *Trends Plant Science*, 11 (9), 434-439
- Demiralay, İ., 1993. Toprak fiziksel analizleri. Atatürk Üniversitesi Yayınları, 143, 90-95, Erzurum.

- Demirel, K., Genç, L., Çamoğlu, G., Aşık, Ş., 2010. Karpuz bitkisinde yaprak su içeriği ve klorofil okumalarından yararlanılarak su stresinin belirlenmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 7 (3), 155-162.
- Dodd, I.C., Belimov, A.A., Sobeih, W.Y., Safronova, V.I., Grierson, D., Davies, W.J., 2005. Will Modifying plant ethylene status improve plant productivity in water-limited environments? 4th International Crop Science Congress.
- Doğan, N., 2006. Su stresi altındaki fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) bitkisinin iyon alım mekanizmasının araştırılması, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Dolferus, R., 2014. To grow or not to grow: A stressful decision for plants. Plant Science, 2229, 247-261.
- Egamberdiyeva, D., 2007. The effect of plant growth promoting bacteria on growth and nutrient uptake of maize in two different soils. Applied Soil Ecology, 36 (2), 184-189.
- Ekinci, M., Kotan, R., Mohammadi, P., Yıldırım, E., Tozlu, E., Esringü, A., Nadaroğlu, H. ve Katırcıoğlu, H., 2015. PGPR biyoformülasyonlarının marulda bitki gelişim parametreleri, enzim düzeyi ve bakteriyel leke hastalığının (*Xanthomonas axonopodis* pv. *vitiensis*) kontrolü üzerine etkilerinin araştırılması. İç Anadolu Bölgesi, 2. Tarım ve Gıda Kongresi, Nevşehir.
- Ekinci, M., Turan, M., Yıldırım, E., Güneş, A., Kotan, R. Dursun, A., 2014. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on growth, nutrient, organic acid, amino acid and hormone content of cauliflower (*Brassica oleracea* l. var. *botrytis*) transplants. Acta Scientiarum. Polonorum Hortorum Cultus, 13 (6), 71-85.
- Encu, S., 2010. Lahana Çeşitlerinin Antioksidan Kapasiteleri Ve Bileşenleri Açısından Değerlendirilmesi Yüksek Lisans Tezi. Kimya Anabilim Dalı İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Erdem, Y., Arin, L., Polat, S., Deveci, M., Okursoy, H., Gültas, H.T., 2010. Crop water stres index for assessing irrigation scheduling of drip irrigated broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*). Agricultural Water Manage, 98 (1), 148-156.
- Erken, O., 2012. Değişik Gelişme Dönemlerinde Farklı Derecede Su Stresi Uygulamalarının Brokolide (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) Verim, Morfolojik ve Biyokimyasal Değişimlere Etkisi. Doktora Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Çanakkale.
- Erman, M., Kotan, R., Çakmakçı, R., Çığ, F., Karagöz, F. Sezen, M., 2010. Van Gölü Havzası'ndan izole edilen azot fikseri ve fosfat çözücü bakterilerin buğday ve şeker pancarında büyüme ve verim özellikleri üzerine etkileri. Türkiye IV. Organik Tarım Sempozyumu, Erzurum.
- Esringü, A., Kotan, R., Bayram, F., Ekinci, M., Yıldırım, E., Nadaroğlu, H. ve Katırcıoğlu, H., 2015. Sarımsak yetiştiriciliğinde farklı bakteri biyoformülasyonu uygulamalarının bitki gelişim parametreleri, verim ve enzim düzeyleri üzerine etkisi. İç Anadolu Bölgesi, 2. Tarım ve Gıda Kongresi, Nevşehir.

- Estrada-Campuzano, G., Miralles, D.J., Slafer, G.A., 2008. Genotypic variability and response to water stress of pre- and post-anthesis phases in triticale, *European Journal of Agronomy*, 28 (3), 171–177.
- Eşitken, A., 2011. Use of plant growth promoting rhizobacteria in horticultural crops. *bacteria in agrobiolgy: crop ecosystems*. Dinesh K. Maheshwari, Springer, 189-235.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., Basra, S.M.A., 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29, 185-212.
- Fernando, W.G.D., Nakkerean, S., Zhang, Y., 2006. Biosynthesis of antibiotics by PGPR and its relation in biocontrol of plant diseases. *PGPR: biocontrol and biofertilization*. Edited by Zaki A. Siddiqui. Springer, The Netherlands, 67-109.
- Figueiredo, M.V.B., Seldin, L., de Araujo, F.F., Mariano, R.L.R., 2010. Plant growth promoting rhizobacteria: fundamentals and applications. In: Maheshwari DK (ed) *Plant growth and health promoting bacteria*. Springer, Berlin Heidelberg, 21–43.
- Foyer, C.H., Lelandais, M., Kunert, K.J., 1974. Photooxidative stress in plants. *Physiologia Plantarum*, 92 (4), 696-717.
- Frederick, J.R, Camp, C.R., Bauer, P.J. 2001. Drought-stress effects on branch and main stem seed yield and yield components of determinate soybean, *Crop Science*, 41 (3), 759–763.
- Freitas, A.D.S., Vieira, C.L., Santos, C.E.R.S., Stamford, N.P., Lyra, M.C.C.P., 2007. Caracterização de rizóbios isolados de Jacatupé cultivado em solo salino no Estado de Pernanbuco, Brasil. *Bragantia*, 66 (3), 497–504.
- Fu J., Huang, B., 2001. Involvement of antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation of two cool-season grasses to localized drought stress, *Environmental and Experimental Botany*, 45 (2), 105–114.
- Fujita, M., Fujita, Y., Noutoshi, Y., Takahashi, F., Narusaka, Y., Yamaguchi-Shinozaki, K., Shinozaki, K. 2006. Crosstalk between abiotic and biotic stress responses: a current view from the points of convergence in the stress signaling networks. *Current opinion in plant biology*, 9(4), 436-442.
- Fulchieri, M, Lucangeli, C, Bottini, R., 1993. Inoculation with *Azospirillum lipoferum* affects growth and gibberellin status of corn seedling roots. *Plant and Cell Physiology*, 34 (8), 1305–1309.
- Garg, B.K., 2003. Nutrient uptake and management under drought: nutrient-moisture interaction, *Current Agriculture Research Journal*, 27 (1/2), 1–8.
- Ge, T., Sui, F., Bai, L., Lu, Y., Zhou, G., 2006. Effects of water stress on the protective enzyme activities and lipid peroxidation in roots and leaves of summer maize, *Agricultural Sciences in China*, 5 (4), 291-298.
- Gee, G.W., Hortage, K.H., 1986. Particle- Size Analysis. *Methods of Soil Analysis*. Part 1. Physical and Minerological Methods Second Edition. Agronomy, 9, 383-441. 2. Edition. McLean, E.O. 1982. Soil pH and lime requirement. In 'Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties 2nd Ed'. Editors: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R., Agronomy, Madison, Wisconsin, 9, 199-224.

- Ghaderi, N., Siosemardeh, A., 2011. Response to drought stress of two strawberry cultivars (cv. Kurdistan and Selva). *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 52 (1), 6–12.
- Gholami, A., Biyari, A., Gholipour, M., Rahmani, H.A., 2012. Growth promotion of maize (*Zea mays* L.) by plant-growth-promoting rhizobacteria under field conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 43 (9), 1263-1272.
- Ghorbanpour, M., Hatami, M., Khavazi, K., 2013. Role of plant growth promoting rhizobacteria on antioxidant enzyme activities and tropane alkaloid production of *Hyoscyamus niger* under water deficit stress. *Turkish Journal of Biology* 37 (3), 350-360.
- Ghosh, S., Penterman, J. N., Little R.D., Chavez, R., Glick, B. R., 2003. Three newly isolated plant growth-promoting bacilli facilitate the growth of canola seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry*, 41 (3), 277-281.
- Glick, B.R., 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Canadian Journal of Microbiology*. 41 (2), 109-117.
- Glick, B.R., Cheng, Z., Czarny, J., Duan, J., 2007a. Promotion of plant growth by ACC deaminase-producing soil bacteria. *European Journal of Plant Pathology*, 119 (3), 329-339.
- Glick, B.R., Todorovic, B., Czarny, J., Cheng, Z.Y., Duan, J., McConkey, B., 2007b. Promotion of plant growth by bacterial ACC deaminase. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 26 (5-6), 227-242.
- Gökçe, A. Y., 2013. Buğday kök çürüklüğüne neden olan *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) fungusunun PGPR ve antagonist bakteriler kullanılarak kontrollü koşullarda biyolojik mücadele imkânlarının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Gökçe, A. Y., Kotan, R., 2014. Buğday kök çürüklüğüne neden olan *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) fungusunun PGPR ve antagonist bakteriler kullanılarak kontrollü koşullarda biyolojik mücadele imkânlarının araştırılması. Türkiye V. Bitki Koruma Kongresi, Antalya, Türkiye.
- Gray, E.J., Smith, D.L., 2005. Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes. *Soil Biology and Biochemistry*, 37 (3), 395-412.
- Grichko, V. P., Glick, B. R. 2001a. Amelioration of flooding stress by ACC deaminase-containing plant growth-promoting bacteria. *Plant Physiology and Biochemistry*, 39 (1), 11–17.
- Grossman, A., Takahashi, H., 2001. Macronutrient utilization by photosynthetic eukaryotes and the fabric of interactions. *Annual review of plant biology*, 52 (1), 163-210.
- Grover, M., Madhubala, R., Ali, S.Z., Yadav, S.K., Venkateswarlu, B., 2014. Influence of *Bacillus* spp. strains on seedling growth and physiological parameters of sorghum under moisture stress conditions. *Journal of basic microbiology*, 54(9), 951-961.
- Gunasekaran, S., Balachandar, D., Sundaram, K.M., 2004. Studies on synergism between *Rhizobium*, plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and phosphate solubilizing bacteria in blackgram. *Biofertilizers Technology*, 269-272.

- Guo, T., Zhang, G., Zhou, M., Wu, F., Chen, J. 2004. Effects of aluminium and cadmium toxicity on growth and antioxidant enzyme activities of two barley genotypes with different Al resistance. *Plant and Soil*, 258 (1), 241-248.
- Gururani, M.A., Upadhyaya, C.P., Baskar, V., Venkatesh, J., Nookaraju, A., Park, S.W., 2013. Plant growth-promoting rhizobacteria enhance abiotic stress tolerance in *solanum tuberosum* through inducing changes in the expression of ROS-scavenging enzymes and improved photosynthetic performance. *Journal of Plant Growth Regulation*. 32 (2), 245-258.
- Gutsa, L.V., Chen, T.H.H., 1987. The physiology of water and temperature stress. *Wheat and wheat improvement*, 115-150.
- Gyaneshwar, P., 2002. Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. *Plant Soil* 245, 83–93
- Hamidou, F.; Zombre, G., Diouf O.; Diop, N. N., Guinko, S., Braconnier, S., 2007. Physiological, biochemical and agromorphological responses of five cowpea genotypes (*Vigna unguiculata* (L.) walp.) to water deficit under glasshouse conditions. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 11 (3), 225-234.
- Hayat, R., Ali, S., Amara, U., Khalid, R., Ahmed, I., 2010. Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. *Annals of Microbiology* 60 (4), 579-598.
- Heba, M.A., Khalil, Afifi, M.M.I., El-Akshar, Y.S., El-Sayed, G. A. M., 2013. Effect of bio- organic fertilizers on barley plants in a saline soil. *Journal of Applied Sciences Research*, 9 (8), 5337-5343.
- Hecht, S.S., Trushin, N., Rigotty, J., Carmella, S.G., Borukhova, A., Akerkar, S., Desai, D., Amin, S., Rivenson, A., 1996. Inhibitory effects of 6-phenylhexyl isothiocyanate on 4-(methylnitrosamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone metabolic activation and lung tumorigenesis in rats. *Carcinogenesis* 17 (9), 2061–2067.
- Heidari, M., Golpayegani, A. 2012. Effects of water stress and inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on antioxidant status and photosynthetic pigments in basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 11 (1), 57–61.
- Hernández, M., Chailloux, M., 2004. Las microrizas arbusculares y las bacterias rizosféricas como alternativa a la nutrición mineral del tomate. *Cultivos Tropicales* 25 (2), 5–16.
- Hernandez-Minea, F.M., 1991. Identification of cytokinins and the changes in their endogenous levels in developing *Citrus sinensis* leaves, *Journal of Horticultural Science*, 66 (4), 505-511.
- Hoberg, E., Marschner, P., Lieberei, R. 2005. Organic acid exudation and pH changes by *Gordonia* sp. and *Pseudomonas fluorescens* grown with P adsorbed to goethite. *Microbiological research*, 160(2), 177–87.
- Hoekstra, F.A., Golovina, E.A., Buitink, J., 2001. Mechanisms of plant desiccation tolerance, *Trends in Plant Science*, 6, 431–438.
- Horgan, R., Kramers, M.R., 1979. High-performance liquid chromatography of cytokinins. *Journal of Chromatography*, 173 (2), 263-270.
- Howell, T. A., 2001. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. *Agron. J.* 93(2), 281-289.

- Hsiao, T.C., 1973. Plant responses to water stress. *Annual Review of Plant Physiology*, 24 (1), 519-570.
- Huang, B., Liu, J.Y., 2006. Cloning and functional analysis of the novel gene GhDBP3 encoding a DRE-binding transcription factor from *Gossypium hirsutum*, *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Gene Structure and Expression*, 1759 (6), 263-269.
- Hussain, M., Malik, M.A., Farooq, M., Ashraf, M.Y., Cheema, M.A., 2008. Improving drought tolerance by exogenous application of glycinebetaine and salicylic acid in sunflower, *Journal of Agronomy and Crop Science*, 194(3), 193-199.
- Islam, F., Yasmeen, T., Ali, Q., Ali, S., Arif, M.S., Hussain, S., Rizvi, H., 2014. Influence of *Pseudomonas aeruginosa* as PGPR on oxidative stress tolerance in wheat under Zn stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 104, 285-293.
- Islam, M.R., Sultana, T., Joe, M.M., Yim, W., Cho, J.C., Sa, T., 2013. Nitrogen-fixing bacteria with multiple plant growth-promoting activities enhance growth of tomato and red pepper. *Journal of basic microbiology*, 53 (12), 1004-1015.
- Jacobson, C.B., Pasternak, J.J., Glick, B.R., 1994. Partial purification ve characterization of ACC deaminase from the plant growth-promoting rhizobacterium *Pseudomonas putida* GR12-2, *Canadian Journal of Microbiology*, 40(12), 1019-1025.
- Jenks, M.A., Hasegawa, P.M., 2005. *Plant Abiotic Stress*, 1. Baskı, Blackwell, UK, 270s.,
- Jha, Y., Subramanian, R.B., 2013. Paddy plants inoculated with PGPR show better growth physiology and nutrient content under saline conditions. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 73 (3), 213-219.
- John, P., 1991. How plant molecular biologists revealed a surprising relationship between two enzymes, which took an enzyme out of a membrane where it was not located, and put it into the soluble phase where it could be studied. *Plant Molecular Biology Reporter*, 9, 192-194.
- Kacar, B., 2009. *Toprak Analizleri (Genişletilmiş 2. Baskı)*. Nobel Yayın Dağıtım. Nobel yayın No: 1387, Feb Bilimleri: 90, Nobel Bilim ve Araştırma Merkezi Yayın No: 44.
- Kaiser, W.M., 1987. Effects of water deficit on photosynthetic capacity, *Physiologia Plantarum*, 71(1), 142-149.
- Kalefetoğlu, T., 2006. *Nohut (Cicer Arietinum L.) Çeşit ve Hatlarının Kuraklık Stresine Karşı Dayanıklılığının Karakterizasyonu*. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı. Ankara.
- Kara, M., 2005. *Sulama ve sulama tesisleri*. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Konya.
- Karlıdağ, H., Eşitken, A., Yıldırım, E., Donmez, M.F., Turan, M. 2011. Effects of plant growth promoting bacteria (PGPB) on yield, growth, leaf water content, membrane permeability and ionic composition of strawberry under saline conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 34 (1), 34-45.

- Kaya, C., Ak, B. E., Higss, D., 2003. Response of salt-stressed strawberry plants to supplementary calcium nitrate and/or potassium nitrate. *Journal of Plant Nutrition*, 26 (3), 543-560.
- Kende, H., 1993. Ethylene biosynthesis. *Annual review of plant biology*, 44 (1), 283-307.
- Kende, H., Zeevaart, J.A.D., 1997. The five “classical” plant hormones. *The plant cell*, 9(7), 1197.
- Kızıloğlu, F.M., Kuşlu, Y., Şahin, Ü., Diler, S., 2006. Erzurum Daphan Ovası Sulama Sahasında Optimum Bitki Deseninin Doğrusal Programlama Yöntemiyle Belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37 (1), 73-80.
- Kim, B.E., Nevitt, T., Thiele, D.J., 2008. Mechanisms for copper acquisition, distribution and regulation, *Nature chemical biology*, 4(3), 176-185.
- Kishor, P.B., Sreenivasulu, N., 2014. Is proline accumulation *per se* correlated with stress tolerance or is proline homeostasis a more critical issue? *Plant Cell Environ.*, 37, 300-311.
- Kızıloğlu, F. M., Sahin, U., Kuslu, Y., Tunc, T., 2009. Determining water–yield relationship, water use efficiency, crop and pan coefficients for silage maize in a semiarid region. *Irrigation science*, 27(2), 129-137.
- Kızıloğlu, F., Şahin Ü., Angın, İ., Anapalı, Ö., 2006. The Effect of Deficit Irrigation on Water-Yield Relationship of Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) Under Cool Season and Semi-Arid Climatic Conditions. *International Sugar Journal*, 90-94.
- Kloepper, J.W., Ryu, C.M., Zhang, S., 2004. Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. *Phytopathology*, 94 (11), 1259–1266.
- Kloepper, J.W., Schroth, M.N., 1981. Relationship of in vitro antibiosis of plant growth promoting rhizobacteria to plant growth ve the displacement of root microflora. *Phytopathology*, 71 (10), 1020–1024.
- Kloepper, J.W., Schroth, M.N., 1981. Relationship of in vitro antibiosis of plant growth promoting rhizobacteria to plant growth ve the displacement of root microflora. *Phytopathology*, 71, 1020–1024.
- Kohler, J., Antonio Hernandez, J., Caravaca, F., Roldan, A., 2009a. Induction of antioxidant enzymes is involved in the greater effectiveness of a PGPR versus AM fungi with respect to increasing the tolerance of lettuce to severe salt stress. *Environmental and Experimental Botany*, 65, 245-252.
- Kohler, J., Caravaca, F., Alguacil, M.d.M., Roldan, A., 2009b. Elevated CO₂ increases the effect of an arbuscular mycorrhizal fungus and a plant-growth-promoting rhizobacterium on structural stability of a semiarid agricultural soil under drought conditions. *Soil Biology Biochemistry*, 41 (8), 1710-1716.
- Kohler, J., Caravaca, F., Roldan, A., 2009c. Effect of drought on the stability of rhizosphere soil aggregates of *Lactuca sativa* grown in a degraded soil inoculated with PGPR and AM fungi. *Applied Soil Ecology*, 42, 160-165.

- Kohler, J., Hernández, J.A., 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*, 35 (2), 141–151.
- Koshimizo, K., Iwamura, H., 1986. Cytokinins. *Chemistry of Plant Hormones*, Editor: Takahashi, N., CRC Press Inc., Florida. 154-199.
- Kotan, R., Sahin, F., 2006. Biological control of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* and nutritional similarity in carbon source utilization of pathogen and its potential biocontrol agents. *Journal of Turkish Phytopathology*, 35 (1-3), 1-13.
- Kotan, R., 2002. Doğu Anadolu Bölgesi'nde yetiştirilen yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarından izole edilen patojen ve saprofitik bakteriyel organizmaların klasik ve moleküler metotlar ile tanısı ve biyolojik mücadele imkânlarının araştırılması. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı.
- Kotan, R., 2014. Faydalı bakterilerin tarımda kullanımı. *Harman Time*, 11, 44-48.
- Kotan, R., 2014. Faydalı bakterilerin tarımda kullanımı. *Harman Time*, 11, 44-48.
- Kotan, R., Dikbas, N., Bostan, H., 2009. Biological control of post harvest disease caused by *Aspergillus flavus* on stored lemon fruits. *African Journal of Biotechnology*, 8 (2), 209-214.
- Kotan, R., Sahin, F. Ala, A., 2004. Nutritional similarity in carbon source utilization of *Erwinia amylovora* and its potential biocontrol agents. *Journal of Turkish Phytopathology*, 33 (1-3), 25-38.
- Kovac, M., Zel J. 1994. The effect of aliminium on the cytokinins in the mycelia of *Lactarius 130 piperatus*, *Planta Sicience*, 97, 137-142.
- Kumar, H., Dubey, R.C., Maheshwari, D.K., 2011. Effect of plant growth promoting rhizobia on seed germination, growth promotion and suppression of Fusarium wilt of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Crop Protection*, 30, 1396-1403.
- Kuraishi, S., Tasaki, K., Sakurai, N., Sadatoku K. 1991. Changes in levels of cytokinins in etiolated squash seedlings after illumination, *Plant Cell Phsiology*, 32 (5), 585-591.
- Kuslu, Y., Dursun, A., Şahin, Ü., Kızıloğlu, F., Turan, M., 2008. Short communication. Effect of deficit irrigation on curly lettuce grown under semiarid conditions, *Spanish Journal Of Agricultural Research*, 4, 714-719.
- Kuslu, Y., Sahin, U., Kiziloglu, F.M., Memis, S., 2014. Fruit Yield and Quality, and Irrigation Water Use Efficiency of Summer Squash Drip-Irrigated with Different Irrigation Quantities in a Semi-Arid Agricultural Area. *Journal of Integrative Agriculture*. 13 (11), 2518-2526
- Kuşvuran, Ş., 2010. Kavunlarda kuraklık ve tuzluluğa toleransın fizyolojik mekanizmaları arasındaki bağlantılar. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Adana.
- Laheurte, F., Berthelin J., 1988. Effect of a phosphate solubilizing bacteria on maize growth and root exudation over four levels of labile phosphorus. *Plant and soil*, 105 (1), 11-17.

- Lambers, H., Atkin, O.K., Scheureater, I., 1996, Respiratory patterns in roots in relation to their function, in: Waisel Y. (Ed.), *Plant Roots, The Hidden Half*. Marcel Dekker, New York.
- Larson, R.A., 1988. The antioxidants of higher plants. *Photochemistry*, 27, 969-978.
- Lawlor, D.H., Cornic, G., 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants, *Plant Cell Environment*, 25 (2), 275–294.
- Lawlor, D.W., 1995. The effects of water deficit on photosynthesis. *Environment and Plant Metabolism*. Smirnoff, N. (ed.), Bios Scientific Publishers, Oxford, UK, 129-160.
- Lazaridou, M., Koutroubas, S.D., 2004. Drought effect on water use efficiency of berseem clover at various growth stages. New directions for a diverse planet: Proceedings of the 4th International Crop Science Congress Brisbane, Australia.
- Liang, X., Zhang, L., Natarajan, S.K., Becker, D.F., 2013. Proline mechanism of stress survival. *Antioxidants Redox Signaling*, 19 (9), 998-1011.
- Lin, W., Okon, Y., Hardy, R.W.F., 1983. Enhanced mineral uptake by *Zea mays* and *Sorghum bicolor* roots inoculated with *Azospirillum brasilense*. *Applied and Environmental Microbiology*, 45 (6), 1775-1779.
- Lindhauer, M.G., 2007. Influence of K nutrition and drought on water relations and growth of sunflower (*Helianthus annuus* L.), *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 148 (6), 654–669.
- Lindsay, W.L., Norvell W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil science society of America journal*, 42 (3), 421-428.
- Liu, F., Xing, S., Ma, H., Du, Z., Ma, B., 2013. Cytokinin-producing, plant growth-promoting rhizobacteria that confer resistance to drought stress in *Platycladus orientalis* container seedlings. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97 (20), 9155-9164.
- Liu, H.S., Li, F.M., 2005. Root respiration, photosynthesis and grain yield of two spring wheat in response to soil drying, *Plant Growth Regulation*, 46 (3), 233–240.
- Liu, M., Li, X. Q., Weber, C., Liu, R. H., 2002. Antioxidant and antiproliferative activities of raspberries. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(10), 2926-2930.
- Liu, Y., Zhang, S. 2004. Phosphorylation of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase by MPK6, a stress-responsive mitogen-activated protein kinase, induces ethylene biosynthesis in *Arabidopsis*. *Plant Cell*, 16 (12), 3386–3399.
- Lynch, J. M. 1983. *Soil biotechnology*. Blackwell, Oxford Zahir AZ, Arshad M, Frankenberger WT Jr 2004 *Plant growth promoting rhizobacteria: application and perspectives in Agriculture*. *Advances in Agronomy*, 81, 97-168.

- Ma'rcia, V.B.F., Burity, H.A., Marti'nez, C.R., Chanway, C.P., 2008. Alleviation of drought stress in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by co-inoculation with *Paenibacillus polymyxa* and *Rhizobium tropici*. *Applied soil ecology*, 40 (1), 182–188
- Machackova, I., Krekule, J., Eder, J., Seidlova, F., Strnad, M., 1993. Cytokinins in photoperiodic induction of flowering in *Chenopodium* species, *Physiologia Plantarum*, 87, 160-166.
- Madhaiyan, M., Poonguzhali, S., Ryu, J., Sa, T., 2006. Regulation of ethylene levels in canola (*Brassica campestris*) by 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminasecontaining methylobacterium fjisawaense. *Planta*, 224 (2), 268–278.
- Maggio, A., Pascale, S.D., Ruggiero, C., Barbieri, G., 2005. Physiological response of field-grown cabbage to salinity and drought stress. *European journal of agronomy*, 23 (1), 57-67.
- Mahajan, S., Tuteja, N., 2005. Cold, salinity and drought stresses: an overview. *Archives of biochemistry and biophysics*, 444, 139-158.
- Mani, S., Van De Cotte, B., Montagu, M.V., Verbruggen, N., 2002. Altered levels of proline dehydrogenase cause hypersensitivity to proline and its analogs in arabidopsis. *Plant Physiology*, 128, 73-83.
- Mantelin, S. and Touraine, B., 2004. Plant growth-promoting bacteria and nitrate availability impacts on root development and nitrate uptake. *Journal of experimental Botany*, 55 (394), 27–34
- Marcinska, I., Czyczylo-Mysza, I., Skrzypek, E., Filek, M., Grzesiak, S., Grzesiak, M.T., Janowiak, F., Hura, T., Dziurka, M., Dziurka, K., Nowakowska, A., Quarrie, S.A., 2013. Impact of osmotic stress on physiological and biochemical characteristics in drought-susceptible and drought-resistant wheat genotypes. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35 (2), 451-461.
- Marsic, N.K., Sturm, M., Zupanc, V., Lojen, S., Pintar, M., 2012. Quality of white cabbage yield and potential risk of ground water nitrogen pollution, as affected by nitrogen fertilisation and irrigation practices. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92 (1), 92-98.
- Marulanda, A., Barea, J.M., Azco'n, R. 2009. Stimulation of plant growth ve drought tolerance by native microorganisms (am fungi ve bacteria) from dry environments: mechanisms related to bacterial effectiveness. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28 (2), 115-124.
- Mayak, S., Tirosh, T., Glick B.R., 2001. Stimulation of the Growth of Tomato, Pepper and Mung Bean Plants by the Plant GrowthPromoting Bacterium *Enterobacter cloacae* CAL3, *Biological Agriculture and Horticulture*, 19 (3), 261-274.
- Mayak, S., Tirosh, T., Glick, B.R., 2004a. Plant growth-promoting bacteria that confer resistance to water stress in tomato and pepper. *Plant Science*, 166 (2), 525–530.
- Mayak, S., Tirosh, T., Glick, B.R., 2004b. Plant Growth-Promoting Bacteria Confer Resistance In Tomato Plants To Salt Stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 42 (6), 565-572.
- McKersie, D. B., 2000. Oxidative Stress, Retrieved October 25, from the world wide web: <http://www.agronomy.psu.edu/Courses/AGRO518/Oxygen.htm>.

- McLean, E.O., 1982. Soil pH and lime requirement. In 'Methods of soil analysis part 2. Chemical and microbiological properties 2nd Ed'. Editors: A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R., Agronomy, Madison, Wisconsin, 9, 199-224.
- McWilliams, D., 2003. Drought strategies for cotton, cooperative extension service circular 582, college of agriculture and home economics, New Mexico State University, USA.
- Mertens, D. 2005a. AOAC official method 922.02. Plants Preparation of Laboratory Sample. Official Methods of Analysis, 18th edn. Horwitz, W., and GW Latimer,(Eds), 20877-2417.
- Mertens, D. 2005b. AOAC Official Method 975.03. Metal in Plants and Pet Foods. Official Methods of Analysis, 18th edn. Editors: Horwitz, W., and G.W. Latimer. 20877-2417. Chapter 3, pp 3-4, AOAC-International Suite 500, 481. North Frederick Avenue, Gaithersburg, Maryland, USA.
- Millar, C. E., Turk, L. M., Foth, L. D., 1966. Fundemantal of Soil Science Fourt Edition, John Wiley and Sons Inc., New York.
- Mittler, R., 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance, Trends in plant science, 7 (9), 405-410.
- Monakhova, O.F., Chernyadèv, I.I., 2002. Protective role of kartolin-4 in wheat plants exposed to soil drought, Applied Biochemistry and Microbiology, 38 (4), 373-380.
- Monclus, R., Dreyer, E., Villar, M., Delmotte, F.M., Delay, D., Petit, J.M., Barbaroux, C., Thiec, D.L., Bréchet, C., Brignolas, F. 2006. Impact of drought on productivity and water use efficiency in 29 genotypes of *Populus deltoids* × *Populus nigra*, New Phytologist, 169 (4), 765–777.
- Money, P.A., Staden, J.V., 1984. Seasonal changes in the levels of endogenous cytokinins in *Sargassum heterophyllum* (*Phaeophyceae*), Botanica Marina, 17, 437-442.
- Morgan, P. W., Drew, M. C., 1997. Ethylene and plant responses to stress. Plant Physiol., 100, 620-630.
- Morgan, P.W., 1990. Effects of abiotic stresses on plant hormone systems, in: Stress Responses in plants: adaptation and acclimation mechanisms, Wiley-Liss, Inc., 113–146.
- Morgan, P.W., 1990. Effects of abiotic stresses on plant hormone systems, in: Stress Responses in plants: adaptation and acclimation mechanisms. Wiley-Liss, Inc., 113–146.
- Morris, J.W., Doumas, P., Morris, R.O., Zaer, J.B., 1990. Cytokinins in vegetative and reproductive buds of *Pseudotsuga menziesii*, Plant Physiology, 9, 67-71.
- Mulvaney, R.L., 1996. Nitrogen Inorganic Forms. Editors: Bartels, J. M. and Bigham, J. M. Methods of Soil Analysis. Part III. Chemical Methods. 2nd edn. ASA SSSA Publisher, Agronomy pp. 1123-1185. No. 5, Madison, Wisconsin, USA.
- Naveed, M., Hussain, M.B., Zahir, Z.A., Mitter, B., Sessitsch, A., 2014. Drought stress amelioration in wheat through inoculation with *Burkholderia phytofirmans* strain PsJN. Plant Growth Regulation, 73 (3), 121-131.

- Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1982. Organic matter. In 'Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties 2nd Ed.' Editors: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney, Agronomy. 9, Madison, Wisconsin. 574-579.
- Nelson, R.E., 1982. Carbonate and Gypsum. Methods of Soil Analysis Part 2. 191-197.
- 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.
- Noctor, G., Foyer, C.H., 1998. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control, Annual review of plant biology, 49(1), 249-279.
- Nonami, H., 1998. Plant water relations and control of cell elongation at low water potentials, Journal of Plant Research, 111 (3), 373-382.
- Olsen, S.R., Sommers, L. E., 1982. Phosphorus. In 'Methods of Soil Analysis Part2. Chemical and Microbiological Properties 2nd Ed.' Editors: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney, Agronomy. pp. 403-427. No: 9, Madison, Wisconsin.
- Orhan, E., Esitken, A., Ercisli, S., Turan, M., Şahin, F., 2006. Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient contents in organically growing raspberry, Scientia Horticulturae, 111, 38-43.
- Ors, S., Ekinci, M., Yildirim, Ertan., Sahin,U., 2016. Changes in gas exchange capacity and selected physiological properties of squash seedlings (*Cucurbita pepo* L.) under well-watered and drought stress conditions. Archives of Agronomy and Soil Science, 1-11.
- Osakabe, Y., Osakabe, K., Shinozaki, K., Tran, L.P., 2014. Response of plants to water stress. Frontiers in plant science, 5, 86.
- Osawa, T., 1961. Studies on the salt tolerance of vegetable crops in sand cultures. II. Leafy vegetables. Journal of Japanase Society for Horticultural Science, 30, 48-56.
- Özden, M., U. Demirel, A. Kahraman, 2009. Effects of proline on antioxidant system in leaves of grapevine (*Vitis vinifera* L.) exposed to oxidative stress by H₂O₂. Scientia Horticulturae, 119 (2), 163-168.
- P'erez-Alfocea, F., Larcher, F., 1995. Sucrose and proline accumulated and sugar efflux in tomato leaf discs affected by NaCl and polyethylene glycol 6000 isoosmotic stresses. Plant Science, 107 (1), 9-15.
- Palni, L.M.S, Summons, R.E., Letham, D.S., 1983. Mass spectrometric analysis of cytokinins in plant tissues, V, Identification of the cytokinin complex of *Datura innoxia* crown eall tissue, Plant Physiology, 72 (3), 858-863.
- Pandey, S., Ghosh, P.K., Ghosh, S., De, T.K., Maiti, T.K., 2013. Role of heavy metal resistant *Ochrobactrum* sp and *Bacillus* spp. strains in bioremediation of a rice cultivar and their PGPR like activities. Journal of Microbiology, 51 (1), 11-17.
- Parmar, N., Dadarwal, K.R., 2000. Pathogenic Suppressive Abilities of Rhizosphere Bacteria from Healthy Chickpea Plants. In: Proc.5th Int. Conf. Plant Growth Promoting Rhizobacteria, Brasil.

- Pasakdee, S., Banuelos, G., Shennan, C., Cheng, W., 2006. Organic N Fertilizers and Irrigation Influence Organic Broccoli Production in Two Regions of California. *Journal of Vegetable Science*, 12, 4.
- Podsedek, A., Sosnowska, D., Redzynia, M., Anders, B., 2006, Antioxidant capacity and content of Brassica oleracea dietary antioxidants. *International Journal of Food Science and Technology*, 41, 49-58.
- Potts, M., 1994. Desiccation tolerance of prokaryotes. *Microbiol Reviews*, 58, 755–805.
- Praxedes, S.C., DaMatta, F.M., Loureiro, M.E., Ferrão, M.A.G., Cordeiro, A.T., 2006. Effects of long-term soil drought on photosynthesis and carbohydrate metabolism in mature robusta coffee (*Coffea canephora* Pierre var. *kouillou*) leaves, *Environmental and Experimental Botany*, 56 (3), 263-273.
- Prayitno, J., Rolfe, B. G., Mathesius, U. 2006. The Ethylene-Insensitive Sickie Mutant Of *Medicago Truncatula* Shows Altered Auxin Transport Regulation During Nodulation. *Plant Physiology*, 142 (1), 168–180.
- Qamarudddin, M., 1996. Apperance of the zeatin riboside type of cytokinin in *Pinus sylvestris* seeds after red light treatment, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 6 (1-4), 41-46.
- Quartacci, M., Pinzino, C., Sgheri, C., Navari-İzzo, F., 1995. Lipid composition and protein dynamics in thylakoids of two wheat cultivars differently sensitive to drought, *Plant Physiology*, 108 (1), 191-197.
- Ramirez, V. P. Kelly, J.D., 1998. Traits related to drought resistance in common bean, *Euphytica*, 99 (2), 127–136.
- Rana, A., Joshi, M., Prasanna, R., Shivay, Y.S., Nain, L., 2012. Biofortification of wheat through inoculation of plant growth promoting rhizobacteria and cyanobacteria. *European Journal of Soil Biology*, 50, 118-126.
- Rasche, F., Velvis, H., Zachow, C., Berg, G, Van Elsas, J.D., Sessitsch, A., 2006. Impact of transgenic potatoes expressing anti-bacterial agents on bacterial endophytes is comparable with the effects of plant genotype, soil type and pathogen infection. *Journal of Applied Ecology*, 43 (3), 555–566.
- Rashid, M., Khalil, S., Ayub, N., Alam, S., Latif, F., 2004 Organic acids productions solubilization by phosphate solubilizing microorganisms (PSM) under in vitro conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7 (2), 187–196.
- Reddy, A.R., Chaitanya, K.V., Vivekanandan, M., 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology*, 161 (11), 1189–1202.
- Rhoades, J. D., 1982a. Cation exchange capacity. *Methods of Soil Analysis Part2. Chemical and Microbiological Properties* 2 nd. Ed. Agronomy. 9; 149-157.
- Rhoades, J.D., 1982b. Exchangeable cations. *Methods of soil analysis Part2. Chemical and Microbiological Properties* 2 nd. Ed. Agronomy. pp: 159-164. No: 9.
- Richards, R.A., Rawson, H.M., Johnson, D.A., 1986. Glaucousness in wheat: its development, and effect on water-use efficiency, gas exchange and photosynthetic tissue temperatures, *Functional Plant Biology*, 13 (4), 465–473.

- Rincon, A., Valladares, F., Gimeno, T.E., Pueyo, J.J., 2008. Water stress responses of two Mediterranean tree species influenced by native soil microorganisms and inoculation with a plant growth promoting rhizobacterium. *Tree Physiology*, 28, 1693-1701.
- Rivero, R.M., Kojima, M., Gepstein, A., Sakakibara, H., Mittler, R., Gepstein, S., Blumwald, E., 2007. Delayed leaf senescence induces extreme drought tolerance in a flowering plant, *Proceeding National Academy of Sciences*, U. S. A. 104, 19631-19636.
- Rodriguez, H., Fraga, R., 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnology Advances*, 17 (4-5), 319-339.
- Ryu, C-M., Mohamed, A.F., Hu, C-H., Munagala, S.R., Kloepper, J.W., Pare, P.W., 2004. Bacterial volatiles induce systemic resistance in *Arabidopsis*. *Plant Physiology*, 134, 1017-1026.
- Saber, M.S.M., 2001. Clean Biotechnology for sustainable farming. *Engineering in Life Sciences*. 1 (6), 217-223.
- Sadeghi, A., Karimi, E., Dahaji, P.A., Javid, M.G., Dalvand, Y., Askari, H., 2012. Plant growth promoting activity of an auxin and siderophore producing isolate of *Streptomyces* under saline soil conditions. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28 (4), 1503-1509.
- Safronova, V.I., Stepanok, V.V., Engqvist, G.L., Alekseyev, Y.V., Belimov, A.A., 2006. Root-associated bacteria containing 1-aminocyclopropane- 1-carboxylate deaminase improve growth and nutrient uptake by pea genotypes cultivated in cadmium supplemented soil. *Biology and Fertility of Soils*, 42, 267- 272
- Sahin, U., Ekinci, M., Kiziloglu, F.M., Yildirim, E., Turan, M., Kotan, R., Ors, S., 2015a. Ameliorative effects of plant growth promoting bacteria on water-yield relationships, growth, and nutrient uptake of lettuce plants under different irrigation levels. *Hortscience*, 50(9), 1379-1386.
- Sahin, U., Kuslu, Y., Kiziloglu, F.M., 2015b. Response of cucumbers to different irrigation regimes applied through drip-irrigation system. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 25(1), 198-205.
- Sahin, U., Kuslu, Y., Kiziloglu, F.M., 2015c. The effect of different irrigation levels on yield and water use of radish under semiarid conditions at high attitude. *International Scientific Practical Conference on " Innovative Development of Agricultural Science and Educations: World Experience and current properties*, Ganja Azerbaijan, 1, 197-201.
- Sahin, U., Ors, S., Kiziloglu, F.M., Kuslu, Y., 2014. Evaluation of water use and yield responses of drip-irrigated sugar beet with different irrigation techniques. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 74(3), 302-310.
- Saleem, A.R., Bangash, N., Mahmood, T., Khalid, A., Centritto, M., Siddique, M.T., 2015. Rhizobacteria capable of producing acc deaminase promote growth of velvet bean (*Mucuna pruriens*) under water stress condition. *International Journal of Agriculture and Biology*, 17 (3), 663-667.
- Sanchez-Rodriguez, E., Rubio-Wilhelmi, M., Cervilla, L.M., Blasco, B., Rios, J.J., Rosales, M.A., Romero, L., Ruiz, J.M., 2010. Genotypic differences in some physiological parameters symptomatic for oxidative stress under moderate drought in tomato plants. *Plant Science*, 178, 30-40.

- Sandhya, V., Ali, S.Z., Grover, M., Reddy, G., Venkateswarlu, B. 2010a. Effect of plant growth promoting *Pseudomonas spp.* on compatible solutes, antioxidant status and plant growth of maize under drought stress. *Plant Growth Regulation*, 62, 21–30.
- Sandhya, V., Ali, S.Z., Venkateswarlu, B., Reddy, G., Grover, M., 2010b. Effect of osmotic stress on plant growth promoting *Pseudomonas spp.* *Archives of Microbiology* 192 (10), 867-876.
- Sandhya, V., Z, A.S.K., Grover, M., Reddy, G., Venkateswarlu, B., 2009. Alleviation of drought stress effects in sunflower seedlings by the exopolysaccharides producing *Pseudomonas putida* strain GAP-P45. *Biology and Fertility of Soils* 46 (1), 17-26.
- Sankar, B., Abdul Jaleel, C., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Somasundaram, R., Panneerselvan, R., 2007. Drought-Induced Biochemical Modifications and Proline Metabolism in *Abelmoschus Esculentus* (L.) Moench. *Acta Botanica Croatica*, 66 (1), 43–56.
- Saravanakumar D, Lavanya N, Muthumeena B, Raguchander T, Suresh S, Samiyappan R., 2008. *Pseudomonas fluorescens* enhances resistance and natural enemy population in rice plants against leaf folder pest. *Journal of Applied Entomology*, 132(6), 469–479.
- Saravanakumar, D., Kavino, M., Raguchander, T., Subbian, P., Samiyappan, R., 2011. Plant growth promoting bacteria enhance water stress resistance in green gram plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, 33 (1), 203-209.
- Sarma, R.K., Saikia, R., 2014. Alleviation of drought stress in mung bean by strain *Pseudomonas aeruginosa* GGRJ21. *Plant Soil*, 377, 111-126.
- SAS Institute. 1997. SAS/STAT software: Changes and enhancements through release 6.12. SAS Inst., Cary, NC.
- Scandalios, J.G., 1997. Oxidative Stress and Molecular Biology of Antioxidant Defenses. Cold Spring Laboratory Press.
- Serraj, R., Sinclair, T.R., 2002. Osmolyte Accumulation: Can It Really Help increase crop yield under drought conditions? *Plant Cell Environment*, 25, 333-341.
- Sessitsch, A., Coenye, T., Sturz, A.V., Vandamme, P., Ait Barka, E., Faure, D., Reiter, B., Glick, B.R., Wang-Pruski, G., Nowak, J., 2005. *Burkholderia phytofirmans* sp. nov., a novel plant-associated bacterium with plant beneficial properties. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 55 (3), 1187–1192
- Shikanai, T., Müller-Moulé, P., Munekage, Y., Niyogi, K.K., Pilon, M. 2003. PPA1, a P-type ATPase of Arabidopsis, functions in copper transport in chloroplasts. *Plant Cell*, 15 (6), 1333-1346.
- Shinde, D.B.; Cheruku, V.; Jadhav, A.C. 2008. Influence of plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) on nutrient availability and rhizobacterial population in groundnut cropped soil. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities* 33(3), 335-338.
- Shrivastava, P., Kumar, R., 2015. Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 22(2), 123-131

- Simova-Stoilova, L., Demirevska, K., Petrova, T., 2009. Antioxidative protection and proteolytic activity in tolerant and sensitive wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties subjected to long-term field drought. *Plant Growth Regulation*, 58 (1), 107–117.
- Simpson, K.L.S., Jackson, G.E., Grace, J., 2012. The response of aphids to plant water stress the case of *Myzus persicae* and *Brassica oleracea* var. *capitata*. *Entomologia Experimentalis Et Applicata*, 142, 191-202.
- Singh, S., Kapoor, K. K., 1999. Inoculation with phosphate-solubilizing microorganisms and a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus improves dry matter yield and nutrient uptake by wheat grown in a sandy soil. *Biol Fertility of Soils*, 28, 139-144.
- Singleton, V. L., Orthofer, R., Lamuela-Raventos, R. M., 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent, *Methods in Enzymology*, 299, 152-178.
- Singleton, V.L., Rossi, J.A., 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic – phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.
- Smirnoff, N., Cumbes, Q.J., 1989. Hydroxyl radical scavenging activity of compatible solute. *Phytochemistry*, 28 (4), 1057–1060.
- Sturm, M., Kacjan-Marsic, N., Zupanc, V., Bracic-Zeleznik, B., Lojen, S., Pintar, M., 2010. Effect of different fertilisation and irrigation practices on yield, nitrogen uptake and fertiliser use efficiency of white cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.). *Scientia Horticulturae*, 125 (2), 103-109.
- Sumera, I., Asghari, B., 2010. Effect of drought and abscisic acid application on the osmotic adjustment of four wheat cultivars. *Journal Chemical Society of Pakistan*, 32(1), 13–19.
- Şalk, A., Arın, L., Deveci M., Polat S. 2008. Özel Sebzeçilik. Tekirdağ, 485.
- Taiz, L., Zeiger, E., 2006 *Plant Physiology*, 4th Ed., Sinauer Associates Inc. Publishers, Massachusetts.
- Tan, Y., Liang, Z., Shao, H., Du, F., 2006. Effect of water deficits on the activity of anti-oxidative enzymes and osmoregulation among three different genotypes of *Radix astragali* at seeding stage, *Colloid. Surface. B.*, 49, 59–64.
- Thompson, A.J., Andrews, J., Mulholland, B.J., McKee, J.M., Hilton, H.W., Horridge, J.S., Farquhar, G.D., Smeeton, R.C., Smillie, I.R., Black, C.R., Taylor, I.B., 2007. Overproduction of abscisic acid in tomato increases transpiration efficiency and root hydraulic conductivity and influences leaf expansion. *Plant Physiology*, 143 (4), 1905–1917.
- Tilak, K.V.B.R., Ranganayaki, N., Pal, K.K., De, R., Saxena, A.K., Shekhar Nautiyal, C., Mittal, S., Tripathi, A. K. Johri, B. N., 2005. Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria, *Current Science*, 89, 1.
- Timmusk, S., Grantcharova, N., Gerhar, E., Wagner, H., 2005. *Paenibacillus polymyxa* invades plant roots and forms biofilms. *Applied and Environmental Microbiology*, 71 (11), 7292–7300.
- Timmusk, S., Wagner, G.H., 1999. The plant growth-promoting rhizobacterium *Paenibacillus polymyxa* induces changes in *Arabidopsis thaliana* gene expression: a possible connection between biotic ve abiotic stress responses. *Molecular Plant Microbe Interactions*. 12 (11), 951-959.

- Tovep., 1991. Türkiye toprakları verimlilik envanteri . T.C.Tarım Orman Ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü.
- Tripathy, J.N., Zhang J., Robin S., Nguyen T.T., Nguyen H.T. 2000. QTLs for cell-membrane stability mapped in rice (*Oryza sativa* L.) under drought stress. Theoretical and Applied Genetics, 100, 1197–1202.
- Turan, M., Ataoğlu N., Sezen, Y., 2004. Fosfor çözücü bakterinin (*Bacillus megaterium*) domates (*Lycopersicon esculentum* L.) bitkisinin verimi ve fosfor alımı üzerine etkilesi. Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Tokat.
- Turan, M., Ekinci, M., Yildirim, E., Gunes, A., Karagoz, K., Kotan, R., Dursun, A., 2014. Plant growth-promoting rhizobacteria improved growth, nutrient, and hormone content of cabbage (*Brassica oleracea*) seedlings. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 38 (3), 327-333.
- Turner N.C., Wright G.C., Siddique K.H.M., 2001. Adaptation of grain legumes (pulses) to water-limited environments, Advances in agronomy, 71, 123–231.
- U. S. Salinity Laboratory Staff., 1954. Diagnosis and improvomed of saline and alkali soils. U. S. Dept. Of Agr., Handbook, Washington D. C., 60.
- Uchiumi, T., Oowada, T., Itakura, M., Mitsui, H., Nukui, N., Dawadi, P., Kaneko, T., Tabata, S., Yokoyama, T., Tejima, T., Saeki, K., Oomori, H., Hayashi, M., Maekawa, T., Sriprang, R., Murooka, Y., Tajima, S., Simomura, K., Nomura, M., Suzuki, A., Shimoda, S., Sioya, K., Abe, M., Minamisawa, K., 2004. Expression islves clustered on symbiosis islve of Mesorhizobium loti genome. Journal of Bacteriology, 186, 2439–2448.
- Upreti, K.K., Murti, G.S.R., Bhatt, R.M., 2000. Response of pea cultivars to water stress: changes in morpho-physiological characters, endogenous hormones and yield, Vegetation Science, 27 (1), 57–61.
- Vardharajula, S., Ali, S.Z., Grover, M., Reddy, G., Bandi, V., 2011. Drought-tolerant plant growth promoting Bacillus spp.: effect on growth, osmolytes, and antioxidant status of maize under drought stress. Journal of Plant Interactions, 6, 1–14.
- Vazquez, P., Holguin, G., Puente, M. E., Lopez-Cortes, A., Bashan, Y., 2000. Phosphate-solubilizing microorganisms associated with the rhizosphere of mangroves in a semiarid coastal lagoon. Biology and Fertility of Soils, 30, 460-468.
- Veeraswamy, J., Padmavathi, T., Venkateswarlu, K., 1992. Interaction effects of *Glomus intraradices* and *Azospirillum lipoferum* on sorghum. Indian Journal of Microbiology, 32, 305-308.
- Wach, A., Pyrzynska, K., Biesaga, M., 2007, Quercetin content in some food and herbal samples, Food Chemistry, 100 (2), 699-704.
- Wang, C., Knill, E., Glick, B. R., D'efago, G., 2000. Effect of transferring 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) deaminase genes into *Pseudomonas fluorescens* strain CHA0 ve its *gacA* derivative CHA96 on their growth-promoting ve disease-suppressive capacities. Canadian Jorنال of Microbiology, 46, 898–907.

- Wang, C.J., Yang, W., Wang, C., Gu, C., Niu, D.D., Liu, H.X., Wang, Y.P., Guo, J.H., 2012. Induction of drought tolerance in cucumber plants by a consortium of three plant growth-promoting rhizobacterium strains. *Plos One* 7 (12).
- Wang, S.Y., Jiao, H. and Faust, M., 1991. Changes in ascorbate, glutathione and related enzyme activity, during thidiazuron-induced bud break of apple, *Plant Physiology*, 82, 231-236.
- Weyens, N., Lelie, D.V.D., Taghavi, S., Newman, L., Vangronsveld, J., 2009. Exploiting plant-microbe partnerships to improve biomass production and remediation. *Trends in Biotechnology*, 27 (10), 591-598.
- Yandigeri, M.S., Meena, K.K., Singh, D., Malviya, N., Singh, D.P., Solanki, M.K., Yadav, A.K., Arora, D.K., 2012. Drought-tolerant endophytic actinobacteria promote growth of wheat (*Triticum aestivum*) under water stress conditions. *Plant Growth Regulation*, 68, 411-420.
- Yang, J., Kloepper, J. W., Ryu, C. M., 2009. Rhizosphere Bacteria Help Plants Tolerate Abiotic Stress. *Trends In Plant Science*, 14 (1), 1-4
- Yang, J., Meyers, K. J., Van der Heide, J., Liu, R. H., 2004. Varietal differences in phenolic content and antioxidant and antiproliferative activities of onions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 6787-6793.
- Yee, Y., Tam, N.F.Y., Wong, Y.S., Lu C.Y., 2002. Growth and physiological responses of two mangrove species (*Bruguiera gymnorhiza* and *Kandelia candel*) to waterlogging. *Environmental and Experimental Botany*, 1-13.
- Yildirim, E., Taylor, A.G., Spittler, T. D., 2006. Ameliorative effects of biological treatments on growth of squash plants under salt stress. *Scientia Horticulturae*, 111, 1-6.
- Yordanova, R.Y., Christov, K.N., Popova L.P. 2004. Antioxidative enzymes in barley plants
- Yuan, G.F., Jia, C.G., Li, Z., Sun, B., Zhang, L.P., 2010. Effect of brassinosteroids on drought resistance and abscisic acid concentration in tomato under water stress. *Scientia Horticulturae*, 126 (2), 103-108.
- Yuwono, T., Hveayani, D., Soedarsono, J., 2005. The role of osmotolerant rhizobacteria in rice growth different drought conditions. *Australian Journal of Agricultural Research*, 56, 715-721.
- Zafar-ul-Hye, M., Farooq, H.M., Zahir, Z.A., Hussain, M., Hussain, A., 2014. application of acc-deaminase containing rhizobacteria with fertilizer improves maize production under drought and salinity stress. *International Journal of Agriculture and Biology*, 16 (3), 591-596.
- Zahir, Z.A., Munir, A., Asghar, H.N., Arshad, M., Shaharoona, B., 2008. Effectiveness of rhizobacteria containing ACC-deaminase for growth promotion of peas (*Pisum sativum*) under drought conditions. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 18 (5), 958-963.
- Zhang J., Jiang M., 2002. Involvement of plasma-membrane NADPH oxidase in abscisic acid- and water stress-induced antioxidant defense in leaves of maize seedlings, *Planta*, 215, 1022-1030.

- Zhang, J. H., Huang, W. D., Liu, Y. P., Pan, Q. H., 2005. Effects of temperature acclimation pretreatment on the ultrastructure of mesophyll cells in young grape plants (*Vitis vinifera* L. cv. Jingxiu) under cross-temperature stresses. *Journal of Integrative Plant Biology*, 47, 959-970.
- Zhang, J., Davies, W.J., 1990. Does ABA in the xylem control the rate of leaf growth in soil-dried maize and sunflower plants, *Jornal of Experimental Botany*, 41, 1125–1132.
- Zhang, J., Dell, B., Conocono, E., Waters, I., Setter, T., Appels, R., 2009. Water deficits in wheat: fructan exohydrolase (1-FEH) mRNA expression and relationship to soluble carbohydrate concentrations in two varieties. *New Phytologist*, 81(4), 843–850.
- Zhang, S.Q., Outlaw, W.H., Jr., 2001. Absciscic acid introduced into the transpiration stream accumulates in the guard-cell apoplast and causes stomatal closure. *Plant Cell Environment*, 24, 1045–1054.
- Zheng, P., Zhang, L.X., Tian, L., Zhang, L., Chen, F., Li, B.Z., Cui, Z.Y., 2014. Isolation and characterization of novel bacteria containing ACC deaminase from the rhizosphere resource on dry-farming lands. *Pakistan Journal of Botany*, 46(5), 1905-1910.
- Zoppellari, F., Malusa, E., Chitarra, W., Lovisolo, C., Spanna, F., Bardi, L., 2014. Improvement of drought tolerance in maize (*Zea mays* L.) by selected rhizospheric microorganisms. *Italian Journal of Agrometeorology-Rivista Italiana Di Agrometeorologia* 19, 5-18.

ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Osmaniye’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Osmaniye’de tamamladı. 2009 yılında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü’nde Lisans öğrenimini tamamlayarak aynı yıl içinde Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü’nde yüksek lisans öğrenimine başladı ve 2011 yılında yüksek lisans öğrenimini tamamladı. 2012 yılında Atatürk Üniversitesi Bahçe Bitkileri anabilim dalı sebze yetiştirme ve ıslahı bilim dalında doktora öğrenimine başladı. 2011 yılında Araştırma Görevlisi olarak göreve başladığı Bingöl Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümü’nde halen Araştırma Görevlisi olarak görev yapmakta olup evli ve bir çocuk annesidir.