T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİTKİ AKTİVATÖRLERİNİN GAP BÖLGESİNDE YETİŞTİRİLEN PAMUK (*Gossypium hirsutum L.)* ÇEŞİTLERİNİN KURAKLIK TOLERANSI ÜZERİNE ETKİSİ

Semra ALMAS

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2016

T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİTKİ AKTİVATÖRLERİNİN GAP BÖLGESİNDE YETİŞTİRİLEN PAMUK (*Gossypium hirsutum L.)* ÇEŞİTLERİNİN KURAKLIK TOLERANSI ÜZERİNE ETKİSİ

Semra ALMAS

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2016

Doç. Dr. Tijen DEMİRAL SERT danışmanlığında, Semra ALMAS'ın hazırladığı "**Bitki Aktivatörlerinin Gap Bölgesinde Yetiştirilen Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) Çeşitlerinin Kuraklık Toleransı Üzerine Etkisi**" konulu bu çalışma 21/04/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Doç.Dr. Tijen DEMİRAL SERT .....

Üye : Prof.Dr. Canan CAN .....

Üye : Yrd.Doç.Dr. Ebru SAKAR .....

Bu tezin Biyoloji Anabilim Dalında yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına göre düzenlediğini onaylarım.

Prof. Dr. Recep GÜNDOĞAN
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma HÜBAK Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: 14175

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

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ vi
SİMGELER DİZİNİ vii
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 6
2.1. Kuraklık Stresi 6
2.2. Kuraklık Stresinin Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi 6
2.2.1. Kuraklık stresinin bitkiler üzerindeki morfolojik ve fizyolojik etkileri 6
2.2.2. Bitkilerin kuraklık stresi koşullarında verdikleri fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler yanıtlar 9
2.2.3. Oksidatif stres ve antioksidan savunma sistemi 10
2.3. Bitkilerde Kuraklığa Dayanıklılık Mekanizmaları 13
2.3.1. Bitkinin kuraklıktan kaçması 14
2.3.2. Su kaybının önlenmesi 14
2.3.2.1. Kök gelişiminin teşvik edilmesi 14
2.3.2.2. Su kaybının azaltılması 14
2.3.2.3. Su kullanım etkinliğinin yüksek olması 15
2.3.2.4. Mevcut nemden en iyi şekilde faydalanma 15
2.3.2.5. Ozmotik basıncın ayarlanması 15
2.3.2.6. Dokuların elastiki olması 16
2.3.3. Su kaybına karşı toleranslı 16
2.4. Pamuk 16
2.4.1. Pamukta kuraklık ile ilgili çalışmalar 18
2.5. Bitki Aktivatörleri 20
2.5.1. Sistemik kazanılmış dayanıklılık mekanizması (SAR) 24
2.5.2. Bitki aktivatörlerinin özellikleri 25
2.5.3. Bitki aktivatörlerinin kullanım amaçları 25
2.5.4. Bitki aktivatörlerini karakterize eden özellikler 25
2.5.5. Dünyada kullanılan ruhsatlı bazı bitki aktivatör preparatları 26
2.6. Bitki Aktivatörlerinin Tarımsal Alanlarda Kullanımı İle İlgili Literatürler 27
3. MATERYAL VE YÖNTEM 31
3.1. Materyal 31
3.1.1. Bitki materyallerinin temini 31
3.1.1.1 Beyaz altın-119 (BAï 119) 31
3.1.1.2. Candia 32
3.1.2. Bitki aktivatörleri 33
3.1.2.1. Soil-set 33
3.1.2.2. Crop-set 33
3.2. Yöntem 34
3.2.1. Tohum yüzey sterilizasyonu 34
3.2.2. Deney düzeneğinin hazırlanması 35
3.2.3. Ekim yöntemi 36
3.2.4. Besin çözeltisinin hazırlanması 38
3.3. Ölçüm ve Analizler 39
3.3.1. Büyüme parametrelerinin ölçülmesi 39
3.3.2. Yapraklarda nispi su içeriği (NSİ) tayini 40
3.3.3. Yaprak ozmotik potansiyeli (Ψs) 41
3.3.4. Fotosentetik pigment konsantrasyonlarının belirlenmesi 42
3.3.5. Hücre zarı geçirgenliği (Elektrolit Sızıntısı) 42
3.3.6. Prolin tayini 43

3.3.7. Lipit peroksidasyonunun belirlenmesi 43
3.3.8. Antioksidan enzim aktivite analizleri 44
3.3.8.1. Enzim ekstraktlarının hazırlanması 44
3.3.8.2. Total protein miktarının belirlenmesi 44
3.3.8.3. Süperoksit dismutaz (SOD; EC 1.15.1.1) enzim aktivitesi tayini 45
3.3.8.4. Askorbat peroksidaz (APOX; EC 1.11.1.11) enzim aktivitesi tayini 45
3.3.8.5. Peroksidaz (POX; EC 1.11.1.7) enzim aktivitesi tayini 45
3.3.9. Reaktif oksijen türlerinin (ROT) tayini 45
3.3.9.1. Hidrojen peroksit (H_2O_2) birikiminin belirlenmesi 45
3.3.9.2. Süperoksit ($O_2^{\bullet}$) birikiminin belirlenmesi 46
3.3.10. Verilerin istatistiksel analizi 46
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 47
4.1. Büyüme Parametreleri Sonuçları 47
4.1.1. Gövde büyümesi 47
4.1.2. Kök büyümesi 49
4.1.3. Gövde yaş ve kuru ağırlığı 51
4.1.4. Kök yaş ve kuru ağırlığı 54
4.2. Yaprak Nispi Su İçeriği (NSİ) 57
4.3. Yaprak Ozmotik Potansiyeli (ψ_s) 58
4.4. Fotosentetik Pigment Konsantrasyonları 60
4.5. Hücre Zarı Geçirgenliği (Elektrolit Sızıntısı) 64
4.6. Prolin Birikimi 65
4.7. Lipit Peroksidasyonu 67
4.8. Antioksidan Enzim Aktivite Analizleri 69
4.8.1. Süperoksit dismutaz (SOD; EC 1.15.1.1) enzim aktivitesi 69
4.8.2. Askorbat peroksidaz (APOX; EC 1.11.1.11) enzim aktivitesi 71
4.8.3. Peroksidaz (POX; EC 1.11.1.7) enzim aktivitesi 73
4.9. Reaktif Oksijen Türlerinin Tayini 76
4.9.1. Hidrojen peroksit (H_2O_2) birikimi 76
4.9.2. Süperoksit ($O_2^{\bullet}$) radikali birikimi 77
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 88
KAYNAKLAR 90
ÖZGEÇMİŞ 102

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİTKİ AKTİVATÖRLERİNİN GAP BÖLGESİNDE YETİŞTİRİLEN PAMUK (*Gossypium hirsutum* L.) ÇEŞİTLERİNİN KURAKLIK TOLERANSI ÜZERİNE ETKİSİ

Semra ALMAS

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Doç.Dr. Tijen DEMİRAL SERT
Yıl: 2016, Sayfa:103

Bu çalışmada bitkisel materyal olarak Şanlıurfa Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünden temin edilen pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) türüne ait Candia ve Beyaz Altın-119 (BA-199) çeşitlerinin tohumları ve aktivatör uygulaması için ALTECH firmasının ürettiği Crop-Set ve Soil-Set bitki aktivatörleri kullanılmıştır. GAP Bölgesinde yetiştirilen ve farklı kuraklık stresi tepkilerine sahip olduğunu belirlediğimiz pamuk çeşitlerinin kuraklık stresi toleransları üzerine, aktivatör uygulamasının etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada bitkiler 5-6 yapraklı evreye kadar yetiştirilmiştir. Daha sonra bitkilere aktivatör uygulamaları yapılmak ve 7-10 gün sonra ozmotik stres oluşturmak amacıyla bitkilere Hoagland besin solüsyonu içinde 13 gün boyunca % 30 PEG-6000 uygulanmıştır. Pamuk çeşitlerinin kuraklık stresi tepkileri üzerine bitki aktivatörlerinin etkilerini ortaya koymak amacıyla kök ve gövdelerin boyu, yaş ve kuru ağırlıkları gibi temel büyüme parametreleri, yaprak nispi su içeriği (NSİ), ozmotik potansiyel, fotosentetik pigment konsantrasyonları, hücre zarı geçirgenliği, prolin birikimi, malondialdehit (MDA) miktarı, H_2O_2 ve süperoksit radikali birikim düzeylerinin yanı sıra, süperoksit dismutaz (SOD), askorbat peroksidaz (APOX), ve peroksidaz (POX) gibi antioksidan enzim aktiviteleri belirlenmiştir. PEG-6000 teşvikli kuraklık stresi uygulamasının her iki pamuk genotipinde gövde yaş ağırlıklarını azalttığı, Candia'da kök uzunluğunu arttırdığı, yaprak NSİ'ni her iki çeşitte etkilemediği, yaprak ozmotik potansiyelini düşürdüğü gözlenmiştir. Ayrıca fotosentetik pigment miktarlarının Candia'da kuraklık stresinden etkilenmediği ancak BA-119'da artış gösterdiği, hücre zarı geçirgenliklerinde bir değişim gözlenmediği ve her iki çeşitte yapraklardaki prolin birikiminin teşvik edildiği belirlenmiştir. Candia'da kuraklık stresi MDA birikimini arttırırken, BA-119'da azaltmıştır. Candia'da Mn-SOD1, ï SOD2 ve ï SOD3 izozimlerinin yanı sıra Fe-SOD tespit edilmiştir. BA-119'da Cu/Zn-SOD1-, -SOD2 ve ï SOD3 izozimlerinin aktivitelerine rastlanmıştır. Kuraklık stresiyle Candia'nın APOX aktivitesinde artış gözlenirken, BA-119'da düşük gözlenmiştir. Candia'nın POX aktivitesi kuraklık stresi altında değişim göstermemesine rağmen BA-119'da hafif bir artış sergilemiştir. Kuraklık stresi uygulamasının her iki pamuk genotipinde H_2O_2 ve süperoksit radikali birikimini arttırdığı görülmüştür. Kuraklık stresinin pamuk çeşitlerinde neden olduğu oksidatif hasar düzeyinin, aktivatör uygulamaları sayesinde, ölçülen fizyolojik veya biyokimyasal parametrelere bağlı olarak genel bir iyileşme sağladığı söylenebilir.

ANAHTAR KELİMELER: Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.), kuraklık, antioksidan enzimler, lipid peroksidasyonu, bitki aktivatörü

ABSTRACT

MSc Thesis

THE EFFECTS OF PLANT ACTIVATORS ON DROUGHT TOLERANCE OF COTTON (*Gossypium hirsutum* L.) GENOTYPES GROWN IN GAP REGION IN TURKEY

Semra ALMAS

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Tijen DEMİRAL SERT
Year: 2016, Page: 103

The seeds of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) genotypes Candia and Beyaz Altın-119 (BA-119) were obtained from Şanlıurfa Agricultural Research Institute; and the plant activators Crop-Set and Soil-Set produced by Altech company were used in the present study. The effects of plant activators on drought tolerance of the cotton genotypes with different drought stress responses were studied. The cotton plants were grown to 5-6 leaf stage and treated with the plant activators. After 7-10 days of treatment with activators, the plants were exposed to 30 % PEG-6000 treatment in Hoagland nutrient solution to mimic osmotic stress for 13 days. To determine the effects of plant activators on drought stress responses of cotton genotypes, growth parameters (lengths, fresh (FW) and dry (DW) weights of shoots and roots), leaf relative water content (RWC), leaf osmotic potential, concentrations of photosynthetic pigments, ion leakage, proline accumulation, malondialdehyde (MDA) content, H_2O_2 and superoxide accumulation, and activities of antioxidant enzymes including superoxide dismutase (SOD), ascorbate peroxidase (APOX) and peroxidase (POX) were determined. Drought stress, induced by PEG-6000, reduced shoot FW of both cotton genotypes and increased root length of Candia, did not affect leaf RWC but reduced osmotic potential of both cotton plants. Although photosynthetic pigment contents of Candia were not affected by drought but they showed increase in BA-119. Drought stress did not change cell membrane permeability in both cotton genotypes but induced proline accumulation. Despite increased level of MDA occurred in Candia by drought stress, MDA level of BA-119 showed decrements by drought stress. Mn-SOD1, ï SOD2 and ï SOD3 isozymes activity bands as well as Fe-SOD isozyme were detected in Candia, whereas Cu/Zn-SOD1- - SOD2 and ï SOD3 isozymes were observed in BA-119. APOX activity in leaves of Candia was increased by drought stress while it was decreased in BA-119 by drought. Drought stress did not affect POX activity in Candia but slighly increased POX activity in BA-119. Accumulation levels of H_2O_2 and superoxide radical were enhanced by drought stress in both cotton genotypes. The degree of oxidative damage in both cotton genotypes induced by drought stress was alleviated by plant activators treatment depending on each physiological or biochemical parameters measured.

KEY WORDS: Cotton (*Gossypium hirsutum* L.), drought stress, lipid peroxidation, antioxidant enzymes, plant activator

TEŞEKKÜR

Lisans ve Yüksek Lisans öğrenimim ve tez çalışmalarım boyunca sevgisini, bilgisini ve deneyimlerini esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Tijen DEMİRAL SERTÇE, manevi desteklerinden ötürü Öğr. Gör. Mustafa SERTÇE, destekleri ile her zaman yanımda olan aileme, lisansüstü eğitime başladığımız günden beri her an yanımda olan ve her zaman olacağını bildiğim canım dostum Özgür ÇELİKÇE, tez çalışmalarım boyunca maddi, manevi olarak varlığını hep yanımda hissettiğim Sevgili Hocam Öğr. Gör. Hatice Tosyagülü ÇELİKÇE, yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Lokman VARIŞLIoğlu, laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen sevgili arkadaşlarım Selda SERTKAYA, Aykegül ÇİFTÇİ ve Nurcan SERTÇE, manevi desteklerinden ötürü Elif ALMAS, Tuba ACI ve Mehmet AVCIoğlu, tez çalışmamda kullandığım tohumların temin edilmesinde yardımcı olan Şanlıurfa Tarımsal Araştırma Enstitüsünden Ziraat Yüksek Müh. Bülent ÇETİNÇE, tez çalışmamı finansal olarak 14175 nolu proje ile destekleyen Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinatörlüğü (HÜBAK)'ne değerli katkılarından dolayı çok teşekkür ederim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan Beyaz Altın-119 ve Candia tohumlarının distile suda ıslatılması 34
Şekil 3.2. Çalışmada oluşturulan deney gruplarının şematik gösterimi 35
Şekil 3.3. Kontrollü şartlarda yetiştirilen pamuk genotiplerine ait resimler 36
Şekil 3.4. Pamuk çeşitlerine aktivatör uygulanması 37
Şekil 3.5. Kuraklık stresi uygulamasının 13. gününde Candia bitkilerinin görünümü 39
Şekil 3.6. Kuraklık stresi uygulamasının 13. gününde BA-119 bitkilerinin görünümü 40
Şekil 3.7. 13. günde hasat edilen pamukların gövde uzunluklarının belirlenmesi 40
Şekil 3.8. Yapraklarda nispi su içeriğinin belirlenmesi 41
Şekil 3.9. Yapraklarda osmotik potansiyelin belirlenmesi 42
Şekil 3.10. Yapraklarda elektrolit sızıntısının ölçülmesi 43
Şekil 3.11. Yaprak örneklerinin ekstraksiyonu 44
Şekil 4.1. Candia pamuk çeşidinin uygulamalara bağlı olarak gövde uzunluk değerlerinde gözlenen değişimler (cm bitki^{-1}) 48
Şekil 4.2. BA-119 pamuk çeşidinin uygulamalara bağlı olarak gövde uzunluk değerlerinde gözlenen değişimler (cm bitki^{-1}) 49
Şekil 4.3. Candia pamuk çeşidinin uygulamalara bağlı olarak kök uzunluk değerlerinde gözlenen değişimler (cm bitki^{-1}). 50
Şekil 4.4. BA-119 pamuk çeşidinin uygulamalara bağlı olarak kök uzunluk değerlerinde gözlenen değişimler (cm bitki^{-1}) 51
Şekil 4.5. Candia pamuk çeşidinin uygulamalara bağlı olarak gövde yaş (YGA) ve kuru ağırlıklarında (KGA) gözlenen değişimler (g bitki^{-1}) 53
Şekil 4.6. BA-119 pamuk çeşidinin uygulamalara bağlı olarak gövde yaş (YGA) ve kuru ağırlıklarında (KGA) gözlenen değişimler (g bitki^{-1}) 54
Şekil 4.7. Candia pamuk çeşidinin uygulamara bağlı olarak kök yaş (YKA) ve kuru ağırlıklarında (KKA) gözlenen değişimler (g bitki^{-1}) 56
Şekil 4.8. BA-119 pamuk çeşidinin uygulamalara bağlı olarak kök yaş (YKA) ve kuru ağırlıklarında (KKA) gözlenen değişimler (g bitki^{-1}) 56
Şekil 4.9. Candia pamuk çeşidinin yaprak nispi su içeriğinde (NSİ) gözlenen değişimler (%) 58
Şekil 4.10. BA-119 pamuk çeşidinin yaprak nispi su içeriğinde (NSİ) gözlenen değişimler (%) 58
Şekil 4.11. Candia pamuk çeşidinin yaprak ozmotik potansiyelinde (MPa) gözlenen değişimler 60
Şekil 4.12. BA-119 pamuk çeşidinin yaprak ozmotik potansiyelinde (MPa) gözlenen değişimler 60
Şekil 4.13. Candia pamuk çeşidinin yapraklarındaki klorofil-a (Kl-a), klorofil-b (Kl-b) ve karotenoidlerde (Kar) gözlenen değişimler (mg g^{-}1 YA) 63
Şekil 4.14. BA-119 pamuk çeşidinin yapraklarındaki klorofil-a (Kl-a), klorofil-b (Kl-b) ve karotenoidlerde (Kar) gözlenen değişimler (mg g^{-1} YA) 63
Şekil 4.15. Candia çeşitlerinin yapraklarındaki elektrolit sızıntısı sonuçları (%) 65
Şekil 4.16. BA-119 pamuk çeşitlerinin yapraklarındaki elektrolit sızıntısı sonuçları (%) 65
Şekil 4.17. Candia pamuk çeşidinin yapraklarındaki prolin (µmol g^{-1} YA) birikimi 67
Şekil 4.18. BA-119 pamuk çeşidinin yapraklarındaki prolin birikimi (µmol g^{-1} YA) 67
Şekil 4.19. Candia yapraklarındaki malondialdehit (MDA) içerikleri (nmol g^{-1} YA) 69
Şekil 4.20. BA-119 yapraklarındaki malondialdehit (MDA) içerikleri (nmol g^{-1} YA) 69
Şekil 4.21. PEG-6000-tavsiyeli kuraklık stresi uygulamasının 0. ve 13. günlerinde Candia ve BA-119 pamuk çeşitlerinin yapraklarındaki SOD izozimlerinin native SDS-PAGE ile tespiti 71

Şekil 4.22. Candia pamuk çeşidinin yapraklarındaki askorbat peroksidaz (APOX) aktiviteleri (Unite mg^{-1} protein) 73

Şekil 4.23. BA-119 pamuk çeşidinin yapraklarındaki askorbat peroksidaz (APOX) aktiviteleri (Unite mg^{-1} protein) 73
Şekil 4.24. Candia pamuk çeşidinin yapraklarındaki peroksidaz (POX) aktivite değerleri (Ünite mg^{-1} protein) 75
Şekil 4.25. BA-119 pamuk çeşidinin yapraklarındaki peroksidaz (POX) aktivite değerleri (Ünite mg^{-1} protein) 75
Şekil 4.26. Candia pamuk çeşidinin yapraklarındaki H_2O_2 (µmol g YA^{-1}) değişimleri..... 77
Şekil 4.27. BA -119 pamuk çeşidinin yapraklarındaki H_2O_2 (µmol g YA^{-1}) değişimleri. 77
Şekil 4.28. Candia pamuk çeşidinin yapraklarındaki $O_2^{\bullet-}$ miktarı(µmol g YA^{-1}) değişimleri 79
Şekil 4.29. BA -119 pamuk çeşidinin yapraklarındaki $O_2^{\bullet-}$ miktarı(µmol mL^{-1}) değişimleri 79

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. Beyaz altın-119'un genel özellikleri 32
Çizelge 3.2. Candia'nın genel özellikleri 32
Çizelge 3.3. PEG-6000 uygulamasının (kuraklık stresi) 0. gününde pamuk gruplarının 36
Çizelge 3.4. PEG-6000 uygulamasının (kuraklık stresi) 13. gününde pamuk gruplarının 38
Çizelge 3.5. Hoagland besin solüsyonu içeriği 38
Çizelge 4.1. Kuraklık stresi uygulamasının 0. ve 13. günlerinde pamuk bitkilerinin gövde uzunluklarında (cm bitki^{-1}) gözlenen değişimler 48
Çizelge 4.2. Kuraklık stresi uygulamasının 0. ve 13. günlerinde pamuk bitkilerinin kök uzunluklarında (cm bitki^{-1}) gözlenen değişimler 50
Çizelge 4.3. 0. ve 13. günlerde pamuk bitkilerinin gövde yaş ağırlıklarında (g bitki^{-1}) gözlenen değişimler 52
Çizelge 4.4. 0. ve 13. günlerde pamuk bitkilerinin gövde kuru ağırlıklarında (g bitki^{-1}) gözlenen değişimler 53
Çizelge 4.5. 0. ve 13. günlerde pamuk bitkilerinin kök yaş ağırlıklarında (g bitki^{-1}) gözlenen değişimler 55
Çizelge 4.6. 0. ve 13. günlerde pamuk bitkilerinin kök kuru ağırlıklarında (g bitki^{-1}) gözlenen değişimler 55
Çizelge 4.7. 0. ve 13. günlerde pamuk bitkilerinin yaprak nispi su içeriğinde (NSİ) gözlenen değişimler (%) 57
Çizelge 4.8. 0. ve 13. günlerde pamuk bitkilerinin yaprak ozmotik potansiyelinde (MPa) gözlenen değişimler 59
Çizelge 4.9. 0. ve 13. günlerde pamuk bitkilerinin yapraklarında klorofil-a (mg g^{-1} YA) miktarında gözlenen değişimler 61
Çizelge 4.10. 0. ve 13. günlerde pamuk bitkilerinin yapraklarında klorofil-b (mg g^{-1} YA) miktarında gözlenen değişimler 62
Çizelge 4.11. 0. ve 13. günlerde pamuk bitkilerinin yapraklarında karotenoid (Kar) miktarında gözlenen değişimler (mg g^{-1} YA) 62
Çizelge 4.12. Candia ve BA-119 pamuk çeşitlerinin elektrolit sızıntısı (ES) sonuçları (%) 64
Çizelge 4.13. Candia ve BA-119 pamuk çeşitlerinin prolin değerleri (µmol g^{-1} YA) 66
Çizelge 4.14. Candia ve BA-119 pamuk çeşitlerinin yapraklarındaki MDA miktarları (nmol g^{-1} YA) 68
Çizelge 4.15. PEG-6000-tekvikli kuraklık stresi uygulamasının 0. ve 13. günlerinde Candia ve BA-119 pamuk çeşitlerinin yapraklarındaki SOD izozimlerinin aktivitelerinin (Ünite) densitometrik analiz sonuçları 70
Çizelge 4.16. Candia ve BA-119 pamuk çeşitlerinin yapraklarındaki askorbat peroksidaz (APOX) aktivitesi (Ünite mg^{-1} protein) 72
Çizelge 4.17. Candia ve BA-119 pamuk çeşitlerinin yapraklarındaki peroksidaz (POX) aktivite değerleri (Ünite mg^{-1} protein) 74
Çizelge 4.18. Candia ve BA-119 pamuk çeşitlerinin yapraklarındaki H_2O_2 miktarı (µmol g YA^{-1}) 76
Çizelge 4.19. Candia ve BA-119 pamuk çeşitlerinin yapraklarındaki süperoksit radikali ($O_2^{\bullet-}$) birikimi (µmol g YA^{-1}) 78

SĶMGELER DĶZĶNĶ

%	: Yüzde
ABA	: Absisik asit
APOX	: Askorbat peroksidaz
BA-119	: Beyaz Altēn-119
Ca	: Kalsiyum
Cl	: Klor
Cu	: Bakēr
Cu-Zn SOD	: Bakēr-çinko ihtiva eden süperoksit dismutaz
Dak	: Dakika
DNA	: Deoksiribonükleikasit
EDTA	: Etilendiamintetraasetikasit
Fe	: Demir
Fe-SOD	: Demir içeren süperoksit dismutaz
g	: Gram
GSYH	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
H	: Hidrojen
H_2O_2	: Hidrojen peroksit
K	: Potasyum
KA	: Kuru Aĵırlık
Kar	: Karotenoid
KCN	: Potasyum siyanür
Kl-a	: Klorofil a
Kl-b	: Klorofil b
MDA	: Malondialdehit
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
mM	: Milimolar
Mn	: Mangan
Mn-SOD	: Mangan ihtiva eden süperoksit dismutaz
Na	: Sodyum
NaCl	: Sodyum klorür
NBT	: Nitrobluetetrazolyumklorit
nm	: Nanometre
NSĶ	: Nispi su içeriĵi
O_2	: Oksijen molekülü
O_2ĖĖ	: Süperoksit radikali
ĖOH	: Hidroksil radikali
POX	: Peroksidaz
ROT	: Reaktif Oksijen Türleri
S.H.	: Standart hata
SAR	: Sistemik edinsel savunma mekanizması (Systemic Acquired Resistance)
SOD	: Süperoksit dismutaz
TBA	: Tiobarbütirik asit
TCA	: Trikloroasetik asit
UV	: Ultraviyole
YA	: Yaĸaĵırlık
ε g	: Mikrogram
ε mol	: Mikromol
Zn	: Çinko

1. GİRİŞ

Bitkiler hareket edemediklerinden dolayı, yaşamlarını zorlaştıran tabiat koşullarına karşı mühim derecede ‘fizyolojik stres’ maruz kalırlar. Bitkilerin büyümesini, gelişmesini ve metabolizmasını etkileyen ya da engelleyen faktörlere stres denilir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Bitkiler yaşam döngüleri boyunca birçok stres faktörüne maruz kalmaktadırlar. Bitkiler üzerinde yalnız bazılarına etki edebilen bu stres faktörleri, genel olarak etkilerini aynı anda da gerçekleştirmektedirler. Biyotik (patojen, diğer organizmalarla rekabet vb.) ve abiyotik (tuzluluk, kuraklık, yüksek sıcaklık, radyasyon, veya don vb.) stres faktörleri bitkilerin fizyolojik işlevlerinde değişimlere yol açmaktadırlar. Bu stresler bitkilerin biyosentetik kapasitelerini azaltarak normal fonksiyonlarını değiştirir ve bitkinin ölümüne neden olabilir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005).

Kuraklık, çevresel stres faktörlerinden olup dünyada yer alan tarım alanlarının önemli bir bölümünde bitkisel üretimi yavaşlatan en önemli etkendir ve ekimden hasada kadar geçen zaman diliminde, bitkiler her dönemde kuraklık stresiyle karşı karşıya kalmaktadırlar (Güneş ve ark., 2006). Dünya üzerindeki kullanılabilir alanlar stres faktörlerine göre sınıflandırıldığında, kuraklık stresi: % 26’lık payıyla en büyük dilimde yer alırken bunu % 20 ile mineral stresi (tuzlar ve metaller) ve % 15 ile soğuk ve don stresi izlemektedir. Bunların alanların dışında kalan diğer tüm stresler % 29’luk bir pay alırken, yalnızca % 10’luk bir alan herhangi bir stres faktörüne maruz kalmamaktadır (Blum, 1986). Kuraklık, tarımsal alanları ve tarımsal ürünleri olumsuz yönde etkileyen en önemli stres faktörüdür (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Abiyotik stres faktörlerinden kuraklık stresi % 17, tuzluluk % 20, yüksek sıcaklık stresi % 40, düşük sıcaklık stresi % 15 ve diğer stres faktörleri ise % 8 oranında verim kayıplarına neden olmaktadır (Ashraf ve Harris, 2005).

Günümüzde son 20 yılda küresel ısınmadan dolayı iklim değişiklikleri yaşanmakta, bu durum ise mevcut olan su kaynaklarının azalmasına neden olmakta ve kuraklığı da beraberinde getirmektedir (Anonim, 2009). Dünya’daki tüm ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de mevcut su kaynaklarının azalması, kuraklık ve

çölleşmeyi beraberinde getirmekte ve ülkemiz ekolojik bozulmalarla karşı karşıya kalmaktadır. Küresel ısınmadan kaynaklı meydana gelen iklim değişiklikleri, kurak ve yarı kurak alanların artmasına, buna bağlı olarak kuraklığın süresinde ve kuraklığın şiddetinde artışlara neden olmakta, tuzlanma, çölleşme ve erozyonu da tetikleme riski taşımaktadır (Türkeş, 1994). Günümüzde kuraklıktan etkilenen ülkelerin sayısı 28-30 iken, 2030 yılı itibariyle kuraklığın 50 ülkeye yayılacağı ve kuraklık stresinin yaklaşık 3 milyar insanı etkileyeceği tahmin edilmektedir (Graham ve Vance, 2003). Küresel iklim değişikliği nedeniyle su kaynaklarının azaldığı bölgelerde ürün veriminin yüksek oranda etkileneceği bildirilmektedir (Chaves ve Oliveria, 2004; Simova ve ark., 2008).

Bitkisel verimi yavaşlatan en önemli abiyotik stres faktörlerinden birisi de tuzluluktur. Kuraklık ve tuzluluk dünya çapında tarımsal üretimi olumsuz etkilemektedir (Demiral ve ark., 2011). Tuzluluk stresi dünyada sulanabilir alanların % 20'sini, tarım arazilerinin ise % 6'sını etkilemektedir. Tuzluluğun artışına bağlı olarak tarım alanlarının önümüzdeki 25 yıl içerisinde %30'unun, 21. yüzyılın ortalarında ise % 50'sinin tahrip olabileceği bildirilmektedir (Munns, 2005; Asraf ve Foolad, 2007; Ahmadi ve ark., 2009; Kuşvuran, 2010). Kuraklık ve tuzluluk sorunlarının ortadan kaldırılmasını sağlayan teknik yöntemlerin uygulamasının zor ve pahalı olması, ekonomik açıdan önemi olan kültür bitkilerinin bir çoğunun kuraklığa ve tuzluluğa karşı hassas olması sebebiyle; strese karşı bitkilerdeki dayanım mekanizmalarının anlaşılması, stres koşullarına toleransı yüksek bitkilerin seçilmesi ve dayanımı yüksek yeni çeşitlerin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır (Anonim, 2012). Buna yönelik olarak yapılan tarımsal araştırmalardaki amaç, üretimde verimin arttırılmasının yanında patojenlere, stres koşullarına dirençli, besin değeri yüksek ve çevre kirliliğine en az etkisi olan ürünlerin gelişimini sağlamaktır.

Bitkileri zararlılardan ve hastalık etmenlerinin verdiği zararlı etkilerden korumak amacıyla birtakım tarımsal mücadele yöntemleri kullanılmaktadır. Bu bağlamda tarımsal mücadele, tarım alanlarının bir nevi sigortası durumundadır. Bilindiği gibi günümüzde tarımsal üretimde girdi kullanımı birim alana düşen verimin arttırılmasının temelidir. Bu girdilerin en önemlilerinden biri de kimyasal mücadelede pestisitlerin kullanılmasıdır (Sürmeli, 1997). Durmuşoğlu ve ark.,

(2009)'nin araştırmasına göre Türkiye'de gereksiz pestisit tüketiminin neden olduğu sorunlardan birinin, zararlı organizmalarda görülen duyarlılık azalması ve takiben dayanıklılığın (direnç) ortaya çıkmasının olduğunu belirtmişlerdir. Bir pestisite karşı organizmaların duyarlılığı azaldıkça, o pestisitin etkinliği de düşmekte, üreticiler bu durumda kullandığı pestisitin dozunu yükselterek aynı başarıyı yakalamaya çalışmakta ve bunun sonucu olarak dayanıklılık sorunu ortaya çıkmaktadır. Daha fazla pestisit tüketimiyle birlikte ekonomik açıdan maliyetin arttığı, etkisizlik nedeniyle organizmaların neden olduğu ürün ve kalite kayıplarının devam ettiği ve en önemlisi de insan sağlığı ve çevre kirliliği açısından sorunun daha da derinleştiği belirlenmiştir (Durmuşoğlu ve ark., 2009). Pestisit kullanımının yararları olmakla birlikte denetimsiz ve aşırı miktarda bilinçsizce kullanılması, çevremizi, sağlığımızı, tarım ürünü ihracatımızı ve buna bağlı olarak ekonomimizi olumsuz yönde etkilemektedir (Çömelekoğlu ve ark., 2000). Pestisit uygulamalarının bu olumsuz etkilerini değerlendiren bilim insanları, bitkilerin korunmasına ve ürün kaybının önlenmesine yönelik daha güvenilir, alternatif yollar aramaya yönelmişlerdir. Bitki koruma ve yetiştirmede yeni bir yaklaşım olan bitki aktivatörleri ile bitkilerin savunması mekanizması güçlendirilerek ekimden hasada kadar geçen sürede bitkilerin sağlıklı bir şekilde yetiştirilmesi hedeflenmiştir. Son yıllarda, zararlılara ve hastalıklara karşı pestisit kullanımının azalmasını sağlayan, hedef organizmalara karşı daha etkin, biyolojik tabanlı ürünlerin girişi alternatif olanaklar sağlamaktadır. Bu biyolojik ürünlere bitki aktivatörleri denilmektedir. Bitki aktivatörleri: bitkilerin doğal savunma mekanizmasını aktif hale getiren, yaşamlarını devam ettirebilmeleri için dış ortamdan alınan besin maddelerinden daha iyi yararlanma olanağı sunan, stres koşullarına ve benzeri dış etkenlerden korunmasına yardımcı olan, bitki verimini ve ürün kalitesini olumlu yönde etkileyen doğal veya kimyasal güçlendirici, direnç arttırıcı, toprak yapısını düzenleyici özellikleri olan ve bu özelliklerden birini veya birkaçını bir arada taşıyan maddelere denilmektedir (Resmi Gazete, 26. 06. 2002). Günümüze kadar tarımsal üretimde bitkileri hastalık etmenlerine karşı korumada, iki ana koruma yöntemi kullanılmaktadır. Bunlardan ilki: dayanıklı çeşit kullanımı, gübrelemenin doğru yapılması ve uygun yetiştirme teknik yöntemlerin kullanımı gibi kültürel yöntemleri içerirken, diğeri ise: fungisitlerin kullanımıyla hastalıkların önlenmesidir. Bitki korumada yeni bir yaklaşım ise; bitki aktivatörlerinin

kullanılarak ekimden hasada kadar geçen sürede bitki sağlığının aktif hale getirilip verimin arttırılmasıdır.

Araştırmamızda kullandığımız pamuk çekirdekleri, Malvales takımına bağlı Malvecaea familyasının *Gossypium* cinsine aittir. Pamuk insanlar tarafından çok eski dönemlerden beri tarımı yapılan, lifi için yetiştirilen bir bitkidir. Pamuğun dünyadaki en eski bekçisi olan Hindistan'da ise yaklaşık olarak tarımının en az 5000 yıl önce yapıldığı, kumaş dokumasında kullanılmasının da M.Ö. 3000 yıllarına rastladığı arkeolojik kazılarda belirlenmiş ve buradan da I. yüzyılda Anadolu'ya getirildiği bildirilmiştir (Çubukçu, 2007). Dünyada ortalama 33 milyon hektar alanda pamuk yetiştirilmektedir. Dünyada pamuk üretiminin en yoğun olduğu ülke, ortalama 9 milyon hektar alan (% 27 pay) ile Hindistan'dır. Hindistan'ı sırasıyla Çin, ABD, Pakistan, Özbekistan, Brezilya ve Türkmenistan takip etmektedir. Türkiye ekim alanlarına göre sıralandırıldığında sekizinci sırada bulunmaktadır (FAO, 2013).

Pamuk bitkisi sıcaklığı seven, 32^0 güney ve 47^0 kuzey enlemleri arasında, kuru ve sulu koşullarda yetiştirilebilen bir bitkidir. Pamuk bitkisi, yaklaşık olarak 120-200 güne kadar değişebilen büyüme evresinde görülebilecek bir don olayından olumsuz etkilenir. Sıcaklığın ortalama 15,5 ^{0}C'den az olduğu yerlerde pamuk bitkisi yetişemez. Pamuğun gelişim evrelerine göre sıcaklık isteği farklılık gösterir ve sıcaklığın artması durumunda pamukta su ihtiyacının da artmasını beraberinde getirir. Büyüme evresinde yeterli yağış görülmezse, bitkinin su ihtiyacı sulama yapılarak giderilir. Pamuk süzek ve alüvyal topraklarda çok iyi yetişir ve rutubet, sıcaklığın elverişli olduğu, pH'sı 6,5-7,5 olan topraklarda da yetişebilir (Anonim, 2006).

Pamuk, insan yaşamındaki yeri ve faydaları nedeniyle, gerek dünya gerekse ülkemiz ekonomisinde önemli bir yere sahiptir. Endüstri bitkileri içerisinde lif ve yağ bitkilerinin her ikisine de giren pamuk, birçok sanayi kolunun ham maddesini oluşturmaktadır. Lifiyle tekstil sanayisinin, çekirdeğinden elde edilen pamuk yağı ile yağ sanayisinin, kapçık ve küspesiyle yem sanayisinin ve lifleriyle selüloz sanayisinin ham maddesini oluşturan önemli tarım ürünlerinden birisidir. Pamuğun doğal oluşu, teri emmesi, ısıtılıp kaynatıldığında diğer liflere göre sağlamlığının

devam etmesi, statik elektriği daha az iletmesi, hava geçirgenliği ve hijyenik özellik taşıma avantajları nedeniyle beşeri ihtiyaçların karşılanmasında diğer bitkisel ve sentetik elyaflara göre tercih edilmektedir. Dünyada pamuk bitkisi soya fasulyesinden sonra ikinci önemli bitkisel yağ kaynağıdır (Çubukcu, 2007).

Küresel ısınmanın sonucunda meydana gelen kuraklık ve yüksek sıcaklıklar tarımsal üretimde ürün veriminde düşüşlere neden olmaktadır. Pamuk yüksek sıcaklıklara dayanıklı bir bitki olmasına rağmen, kuraklık ve yüksek sıcaklık pamuk verimini olumsuz yönde etkilemektir. Bu nedenle bu çalışmada; pamuk bitkisinde PEG-6000 teşvikli kuraklık stresine karşı, doğal savunma mekanizmasını (SAR) aktive eden bitki aktivatörleri kullanılarak, bitkinin geliştirdiği kuraklık toleransı tepkileri fizyolojik ve biyokimyasal yöntemlerle incelenmiştir.

2. ÖNCEKİÇALIŞMALAR

2.1. Kuraklık Stresi

Kuraklık; hidrolojik, meterolojik, soyso-ekonomik ve tarımsal anlamda tanımlanabilir. En yaygın ifadeyle, yağış miktarının ortalama değerlerin altında seyretmesi nedeniyle arazi ve su kaynaklarının olumsuz etkilenmesi durumudur. Tarımsal manada kuraklık ise, yıl boyunca toplam yağış miktarından ziyade, tarlaya ekilen bitkinin büyüme döneminde köklerinden alabildiği su miktarı ile ilişkilidir. Büyüme döneminde su eksikliği yaşayan bitkilerde gelişim ve özellikle de verim anlamında önemli kayıplar görülmektedir (Tuberosa, 2012; Turner ve ark., 2014).

Artan nüfus yoğunluğu, kentleşme, trafik, endüstrileşme ve gelişen teknolojiler birçok çevresel problemi de beraberinde getirmiştir. Bunların başında, özellikle son yıllarda dünya çapında ilgi uyandıran "küresel ısınma ve kuraklık" önemli bir yer tutmaktadır (Schwanz ve Polle, 2001). Fosil yakıt kullanımının giderek artması, ormanların bilinçsizce tahribi ve endüstriyel etkinliklerin artması gibi olaylar beraberinde "sera gazları" denilen metan, karbondioksit, ozon ve diazot monoksit gibi gazların atmosferde giderek artmasına yol açmakta ve bu gazların meydana getirdiği sera etkisi sonucunda ise dünya giderek ısınmaktadır (Ceylan Baloğlu ve Kıcı, 2008).

2.2. Kuraklık Stresinin Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi

2.2.1. Kuraklık stresinin bitkiler üzerindeki morfolojik ve fizyolojik etkileri

Bitkiler hareket edemediklerinden, çevresel koşullarda meydana gelen değişikliklere ve olumsuz koşullara fazla maruz kalmaktadırlar ve hayat döngüleri boyunca gerçekleşen kuraklık, tuzluluk, ağır yağış, sıcaklık veya soğuk gibi iklimsel değişikliklere bağlı abiyotik koşullar bitki büyüme ve gelişmesine doğrudan etki etmektedir (Taiz ve Zeiger, 2010).

Kuraklık koşullarında bitki büyümesinde önemli değişimler gözlenir. Büyümedeki bu değişimler su sıkıntısının yaşandığı zamana bağlıdır. Kuraklık koşullarının meydana geldiği ilk dönemlerde, bitki su ihtiyacını karşılayabilmek için gövde büyümesini yavaşlatarak kök büyümesini hızlandırır. Kuraklık stresinin bitkide hasara yol açabilecek kadar uzun sürmesi halinde ise bitki hem gövde hem de kök gelişimini durdurur, yaprak alanı ve sayısını azaltır, bazı yapraklar ise sararak dökülür. Bitki büyümesindeki meydana gelen azalma, sürgün ve kök meristemlerindeki hücre bölünmesinin ve hücrelerin genişlemesinin durumuna bağlı olarak gelişmektedir (Anjum ve ark., 2011).

Bitkilerin kuraklık koşulları altında iken vermiş oldukları tepkilerin başında stomalarının kapatılması ve transpirasyon vasıtasıyla su kaybının azaltılması gelmektedir (Mahajan ve Tuteja, 2005). Kuraklık koşullarında öncelikle topraktan, daha sonra da bitkinin su potansiyeli azalmaktadır. İlerleyen dönemlere ise turgor basıncının azalması, stomaların kapanması, yaprak büyümesinde azalma ve fotosentez veriminde düşüşler meydana gelmektedir. Kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde gelişmenin sınırlanması, daha düşük kuru madde üretimi, hastalık ve zararlılara karşı hassasiyet artışı, ürün kalitesi ve miktarında azalma söz konusudur (Monti, 1987). Kuraklık stresi yaşayan bitkilerde kök gelişimi hızlanır, kökün gövdeye oranı artar ve fotosentez ürünlerinin büyük bölümü kök gelişimi için köklere taşınır. Çok yıllık kserofit bir bitki olan *Alhagi camelorum*'da toprak üstü aksamı birkaç cm iken, kökler nemli bölgeye ulaşmak için 2-3 mt'ye dek uzayabilmektedir (Öztürk ve Seçmen, 1992).

Kuraklık stresine karşı yaprak büyümesi de oldukça hassastır. Kısa süren kuraklık döneminde bile yapraklar büyümesini yavaşlatmaktadır. Fotosentez verimi ise, o bitkideki toplam yaprak alanı ve her yaprağın fotosentez aktivetisi ile belirlenmektedir. Kuraklık nedeniyle bitkiler toplam yaprak alanını azaltarak fotosentez olayını yavaşlatmaktadır (Çırak ve Esendal, 2006).

Kuraklık stresinin bir başka bir etkisi de vejetatif büyümenin özellikle de sürgün gelişiminin yavaşlamasıdır. Kuraklık koşullarında bitki yaprak yüzeyinin küçülmesi ve transpirasyonunun azalmasıyla kuraklık stresine toleransını

arttırmaktadır. Birçok bitki kuraklıkta yaşlanma (senesens) sürecini ve yaşlı yaprakların absisyonunu (ayrılma) hızlandırırken, kökler ise toprağın derin katmanlarındaki suya ulaşabilmek için kök sisteminin gelişmesini teşvik gibi adaptasyon sağlar (Mahajan ve Tuteja, 2005).

Bitki çeşidine göre farklılık göstermekle birlikte bitkide su potansiyeli (-0.3 ile -0.8 MPa) düştüğünde bitkiler yapraklarındaki hücrelerde turgor basıncını azaltmakta ve absisik asit birikimini arttırmaktadır (Davies ve ark., 1994). Bu nedenle yapraktaki stomalar kapanmakta ve fotosentez verimliliği düşmektedir. Maksimum stres koşullarında (Ψ_w = -0.1 ile -2.0 MPa) hücresel solunum, asimilat taşınımını ve CO_2 özümlemesi sıfıra yaklaşmakta böylelikle taşınımın yavaşlamasıyla yapraklarda yüksek asimilat birikiminin meydana gelmesi sonucunda ise fotosentetik depresyon meydana gelmektedir (Sabanek, 1992).

Bitkilerin kuraklığa ve diğer abiyotik streslere karşı en önemli tepkilerinden birisi de farklı tipteki osmotik koruyucuları büyük oranda biriktirmeleridir. Bu osmolitlerden biri olan prolin amino asidi yüksek bitkilerde yaygın olarak bulunmakta ve özellikle kuraklık stresi koşullarında büyük miktarlarda biriktirilmektedir (Tıpırdamaz ve Çakırlar, 1990; Hsu ve ark., 2003; Kavi Kishore ve ark., 2005; Tan ve ark., 2006).

Kaiser (1987), bitkilerin nisbi su içeriğinin (NSİ) %30'un altına düşmesi durumunda bitkilerin fotosentetik kapasitesinde oluşan azalmanın kloroplastlardaki membran hasarına neden olabileceğini bildirmişlerdir. Kuraklığa uğrayan bitkilerin NSİ'de azalmaya neden olduğu birçok çalışmada belirlenmiştir (Fu ve Huang, 2001; Egert ve Tevini, 2002; Liu ve Stützel, 2002; Tambussi ve ark., 2002; Kalefeoğlu, 2006).

2.2.2. Bitkilerin kuraklık stresi koşullarında verdikleri fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler yanıtlar

Kuraklık stresi, bitki büyümesini ve gelişimini etkileyen, bitki üretimini sınırlayan ve bitki türlerinin doğal yayılışını belirleyen en önemli çevresel faktörlerdendir. Bitkilerde meydana gelen kuraklık stresi sınırlı çevresel koşullara adaptasyanu sağlayan biyokimyasal, fizyolojik ve moleküler mekanizmayı etkilemektedir (Arora ve ark., 2002; Kalefetoğlu, 2006). Bitkiler kuraklığa karşı morfolojik, fizyolojik, hücresel ve metabolik düzeylerde tepki verirler. Bitkilerin kuraklık stresine karşı gösterdiği direnç mekanizmalarını üç farklı tipe ayırdetmaktadır. Bunlardan ilki dokudaki suyu koruyabilme yeteneğini içeren "kurumanın ertelenmesi"dir. Bu ertelenme; bitkinin yaşamının sonraki dönemlerinde kullanılmak üzere suyun bir bölümünü toprakta koruma işlemini içerdiği gibi aşırı miktarda su kullanımı şeklinde de gerçekleşebilmektedir (Taiz ve Zeiger, 2010).

İkinci mekanizma ise; kuraklık ortaya çıkmadan önce, yağmurlu mevsim sırasında yaşam döngüsünün tamamlanmasını kapsayan "kuraklıktan kaçınma"dır. Kuraklıktan kaçan bitkiler hayat döngüleri süresince hızla büyüyerek ve gaz alışverişini en yüksek seviyede tutarak, nemli topraklardaki kaynakları verimli şekilde kullanırlar. Ayrıca üreme başarısının arttırılması için bitkiler rezervlerini kök ve gövde gibi organlarda depo edip bu rezervleri meyve gelişimi için kullanabilmektedir (Gebbing ve Schnyder, 1999; Bruce ve ark., 2002). Kuraklığa maruz kalan bitkilerde rezervlerini ihtiyaç olan organlara gönderme kabiliyeti artmaktadır (Rodrigues ve ark., 1995; Yang ve ark., 2001).

Üçüncü mekanizma; su kaybı meydana geldiği zaman bitkinin işlevlerini yerine getirebilme yeteneğini içeren "kuraklık toleransı"dır. Dehidrasyonun önlenerek doku su potansiyelinin yüksek tutulması ile bitkiler kuraklığa tolere edebilmektedir. Yaprakların genişlemesinin sınırlandırılması, yaprak absisyonu, kök büyümesinde artış, ABA birikimi ve stoma kapanması stratejileri bu toleransın geliştirilmesinde önemlidir. Azalan CO_2 ve artan ışık absorbsiyonu problemlerinin üstesinden gelebilmek için direnç mekanizması geliştirmiş olan C_4 ve CAM bitkileri

kuraklık koşullarında altında CO_2 alınımını arttırarak verim sağlarlar (Chaves ve ark., 2003).

2.2.3. Oksidatif stres ve antioksidan savunma sistemi

Bitkilerin çevresel biyotik ve abiyotik stres koşullarına altında oksidatif strese maruz kaldıklarına bilinmektedir (Mittler, 2002; Miller ve ark., 2008). Normal koşullar altında kloroplast, mitokondri, peroksizom, apoplast gibi hücre bölmelerinde ROT üretilmektedir. Düşük miktardaki ROT normal metabolizma ile yok edilebilmektedir (Rabinowitch ve Fridovich, 1983; Demiral ve ark., 2011). Kuraklık gibi stres koşullarında bu hücre bölmelerinde üretilen ROT miktarı artmaktadır (Miller ve ark., 2008).

Değişken ortam koşullarına bitkilerin alışması hücresel dengenin yeniden kurgulanmasını gerektirir. Bu ise, hücrenin farklı bölmelerinde yer alan birden fazla yol arasındaki hassas düzenlemeler ile gerçekleşir. Ancak, bu metabolik denge, su kıtlığı gibi abiyotik stresler sırasında bozulabilmektedir (Mittler, 2006). Farklı metabolik yolların uyum içinde çalışmaları bozulunca, hücrede yüksek enerji düzeyindeki eletronlar moleküler oksijene (O_2) iletilirler (Mittler, 2002). Bunun sonucunda tekli oksijen ($^1O_2$), süperoksit anyonu ($O_2^{\bullet-}$), hidrojen peroksit (H_2O_2) ve hidroksil radikali ($^{\bullet}OH$) gibi reaktif oksijen türleri (ROT) oluşur. Bunlar, proteinler, DNA ve lipitleri oksitleyerek zarar oluşturan toksik moleküllerdir (Apel ve Hirt 2004). Optimum büyüme koşullarında, ROT'lar kloroplast, mitokondri ve peroksizomlar gibi organellerde düşük düzeylerde üretilirler. Ancak, stres sırasında, ROT'ların üretiminde bir artış görülür. Bitkilerde stres sırasında ROT birikimi; ROT üretimi ve ROT süpürülmesi arasındaki dengeye bağlıdır.

Kuraklık stresinin neden olduğu stoma kapanması, CO_2 fiksasyonunu sınırlandırır ve Kalvin döngüsü tarafından üretilen $NADP^+$'yi azaltır (Satoh ve Murata, 1998; Demiral ve ark., 2011). Bu elverişsiz koşullar elektronların moleküler oksijene aktarımını hızlandırarak H_2O_2 (hidrojen peroksit), $O_2^{\bullet-}$ (süperoksit), $^{\bullet}OH$ (hidroksil) radikalleri gibi ROT'un aktivasyonunu arttırmaktadır. Bu sitotoksik ROT, lipidlerin, proteinlerin ve nükleik asitlerin oksidatif hasara uğramalarına neden

olmaktadır. Kuraklık stresi sırasında nükleik asitlerin degradasyonu gerçekleşir. Kessler (1961), kuraklık stresi sırasında yapraklarda RNAaz aktivitesinin arttığını, artışın enzimin bağlı durumundan serbest duruma geçmesinden kaynaklandığını, serbest radikallerin ise nükleik asitlerin yıkımından sorumlu diğer moleküller olabileceğini belirtmiştir.

Kuraklığı da içeren çevresel stresler bitkilerde çeşitli savunma mekanizmalarını harekete geçirerek bitkinin kendini korumasını sağlamaktadır. Bu savunma mekanizması, enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidan molekülleri kapsar (Scandalios, 1993). Bunlardan vitamin C, vitamin E, glutatyon ve karotenoidler enzimatik olmayan antioksidanlar arasında yer alırken, enzimatik olan antioksidanlar arasında ise süperoksit dismutaz (SOD), glutatyon redüktaz (GR), katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APOX), peroksidaz (POX) gibi enzimlerden oluşmaktadır (Zabalza ve ark., 2008).

SOD, süperoksit radikalini ($O_2^{\bullet}$), hidrojen peroksite (H_2O_2) ve oksijene (O_2) parçalanmasını katalizleyen, metal içeren bir enzimdir. SOD tarafından H_2O_2'ye dismutasyon, Fenton reaksiyonu tarafından hidroksil radikalinin (•OH) oluşumuna neden olur (Foyer ve ark, 1994). SOD, metal kofaktörlerine göre üç ana gruba ayrılır: (i) Cu/ZnSOD, (ii) MnSOD, (iii) FeSOD. Cu/ZnSOD enzimi kendi kofaktörü olarak bakır ve çinkoyu kullanır ve bitkilerde bakılırca sitosol ve kloroplastta bulunur. Sitoplazmik Cu/ZnSOD'lar bitkilerde homotetrameriktirler. MnSOD, kofaktör olarak mangan içerir, mitokondri ve peroksizomlarda bulunur. FeSOD, hayvanlarda bulunmaz ve dominant olarak kloroplastlarda bulunurlar. Örneğin *Arabidopsis*'te bu SOD tiplerinin her birinin farklı izoformları bulunmaktadır: Cu/ZnSOD izoformları ; CSD1, CSD2, CSD3-, MnSOD izoformları ; MSD1-, FeSOD izoformları ; FSD1, FSD2, FSD3- (Kliebenstein ve ark., 1998). Bitkilerde süperoksit radikallerinin süpürülmesi, çeşitli SOD izoformlarının aktivitelerinin farklı düzenlenmesiyle gerçekleştirilir (Wang ve ark., 2004).

POX'un görevi metabolik olaylardan sonra oluşan H_2O_2'i H_2O ve O_2'ye parçalamaktır (Çaylak, 2011). POX'lar bitki metabolizmasında, hidrojen alıcısı olarak biyolojik oksidasyonlarda önemli rol oynar (Radriguez ve ark., 1995).

POX'ların, yaralanma durumunda, hasar bölgesinde patojenlerin girişiyle uyarılan savunma sistemlerini uyardığı ve iyileştirme mekanizmalarını da arttırdığı düşünülmektedir (Kerby ve ark., 1992).

CAT ile çeşitli peroksidazlar, H_2O_2'nin parçalanmasını katalizlemekte ve CAT kloroplastlarda bulunmamaktadır (Parida ve ark., 2005). Askorbat-glutatyon döngüsünün ilk basamağında askorbat peroksidaz (APOX) enzimi, e- vericisi olarak askorbatı kullanarak H_2O_2'nin detoksifikasyonunda görev alır. Glutatyon peroksidaz (GPX), askorbat veya fenolik bileşikler gibi substratların oksidasyonu ile H_2O_2'yi indirgemektedir.

CAT; stres koşullarında oluşan zararlı H_2O_2'nin H_2O ve O_2'ya dönüşümünü sağlayarak hücreleri stres faktörlerine karşı korumakla görevli en önemli enzimatik antioksidanlardandır (Büyük ve ark., 2012). Peroksizomlarda bulunur ve yapısında 4 adet 'hem' molekülü bulunan bir hemoproteindir. Katalazın indirgeyici aktivitesini, hidrojen peroksitin yanı sıra metil- etil-hidroksiperoksitler gibi moleküllü lipit hidroperoksitlerini de kapsar (Pektaş, 2009).

Askorbat peroksidaz (APOX) yüksek bitkiler, kamçılılar, algler gibi pek çok canlıda ROT'a karşı savunmada önemli görevleri olduğu düşünülen enzimatik antioksidanlardan biridir (Büyük ve ark., 2012). Askorbat peroksidazlar antioksidan savunma mekanizmalarında görev almaktadırlar. Bitki hücrelerinin genellikle sitosolünde ve kloroplastlarında yer alan hidrojen peroksiti katalizlemekle sorumlu anahtar enzimlerdir. Askorbatın hidrojen peroksit tarafından oksidasyonunu katalizleyip monodehidroaskorbat radikalini (MDA) oluştururlar. Bitki hücrelerinde kloroplast stromasındaki (sAPOX), tillakoyide bağlı (tAPOX), sitosolik (cAPOX) ve glioksizom membranına bağlı (gmAPOX) bağlı olmak üzere 4 farklı APOX tespit edilmiştir (Campa, 1991).

Glutatyon redüktaz (GR), askorbat/glutatyon döngüsünün son enzimidir. Hücre içinde glutatyon havuzunu indirgenmiş halde (GSH) tutma görevini üstlenmektedir. GR, Halliwell-Asada enzimatik yolunun son adımını katalizlemekte ve kloroplastlardaki CO_2 fikse edici enzimlerin aktivasyonu ve askorbat üretimi için

gerekli bir enzimdir (Neto ve ark., 2006). GSH, askorbat gibi doğrudan tekli oksijen, süperoksit ve hidroksil radikallerini süpürebilme özelliği gösterebilir. Aynı zamanda GSH dolaylı olarak da dehidroaskorbatı kullanarak askorbik asidin yükseltgenmiş formundan indirgenmiş formuna dönüştürülmesi tepkimesinde indirgeyici ajan olarak görev alabilir (Noctor ve Foyer, 1998). İndirgenmiş olan glutatyon (GSH), yükseltgenmiş glutatyonu (GSSG) oluşturan askorbat havuzunun oluşumunda görev alır. NADPH'a bağlı GSSG'H indirgenmesi, sitoplazma, kloroplast ve mitokondrilerde bulunan GR enzimi ile katalizlenmektedir.

Kloroplastlarda, fotosentez reaksiyonlarında meydana gelen Mehler reaksiyonu elektronlar için alternatif bir yolak oluşturmakla beraber yan ürün olarak da süperoksit radikalini oluşturmaktadır. Bu aktif oksijen türü zara bağlı olan SOD enzimi tarafından H_2O_2'ye dönüştürülmekte ve sonrasında APX tarafından lokal olarak suya dönüştürülmektedir. Bu reaksiyonlar Mehler Peroksidaz Reaksiyonu ya da Su-Su Döngüsü olarak isimlendirilmektedir. Mehler Peroksidaz Reaksiyonunun en önemli yararı, süperoksit ve H_2O_2'nin üretildikleri yerlerde tillakoidlerde ve hücrenin diğer bölmelerine zarar vermeden ortadan kaldırılmasıdır (Asada, 2006).

GSH, bitkilerde sülfat taşınımı, sinyal iletimi, büyüme ve gelişmede, hücre döngüsü, hücre ölümü ve senesens gibi hücresel olaylarda etkin bir role sahiptir (Noctor, 1998; Kranner, 2006). Bu özellikleri yanında, GSH $^1O_2$ ve H_2O_2'nin potansiyel bir süpürücüsüdür (Noctor ve Foyer, 1998). GSH aynı zamanda metallerin ve ksenobiyotiklerin detoksifikasyonunda da rol oynamaktadır (Rausch, 2007).

2.3. Bitkilerde Kuraklığa Dayanıklılık Mekanizmaları

Kuraklığa dayanıklılık, bitkilerin kuraklık görüldüğü alanlarda yeterli büyüme gösterme kabiliyeti olarak ifade edilebilir. Bitkilerdeki kuraklık stresine tolerans mekanizmaları Turner (1986) tarafından kuraklıktan kaçış, su kaybının önlenmesi, su kaybına tolerans olmak üzere 3 temel başlık olarak incelenmiştir.

2.3.1. Bitkinin kuraklıktan kaçınması

Bitkinin kuraklıktan kaçma mekanizması, bitkinin toprakta önemli ölçüde su azlığı meydana gelmeden önce yaşam evresini tamamlayabilme kabiliyetidir. Kuraklık stresinden kaçınan bitkiler ya da efemerler büyüme ve gelişmelerini hızlı gerçekleştirdiklerinden kurak bölgelerde yaşam döngülerini tamamlayabilmektedirler. Örneğin çölde yaşayan çöl efemerleri kurak dönemlerde dormansi durumuna geçerek kuraklıktan kaçınırlar (Salisbury ve Ross, 1992).

2.3.2. Su kaybının önlenmesi

2.3.2.1. Kök gelişiminin teşvik edilmesi

Bitkiler kuraklık stresi altında üretmiş oldukları asimilatları köklerine taşırlar, bu durum ise bitki köklerinin, suyun bulunduğu toprak katmanlarına uzanmasını sağlayarak köklerin derinlerde mevcut bulunan sudan faydalanarak yaprak su potansiyelini korumasını sağlamaktır (Wright ve Smith, 1983; Morgan ve Condon, 1986).

2.3.2.2. Su kaybının azaltılmasi

Su kaybının azaltılmasında bitkinin kullandığı mekanizmalardan birisi, bitkinin yaprak alanını küçültmesidir (Turner, 1986). Su kaybının önlenmesinde bitkilerin kullandıkları ikinci mekanizma ise stomaların kapanmasıdır. Stomaların kapanmasıyla su potansiyeli, stoma iletkenliği ve bitki köklerinin su alımı ve suyun taşınmasına bağlı olarak değişim göstermektedir (Turner, 1986; Harris, 1992).

Bitkiler su kaybını azaltmak için geçirimsiz kalın bir kutikula tabakası oluştururlar (Taiz ve Zeiger, 1991). Kutikula tabakasının koruyuculuk özelliği ile epidermis tarafından su kaybını önemli ölçüde azaltmaktadır (Jordan ve ark., 1984).

Su kaybının azaltılmasında meydana gelen diğer bir adaptasyon ise yaprakların kıvrılmasıdır. Yaprak hareketinin azaltılması, yansıma ile zararlı olan radyasyon

etkisinin önemli ölçüde azaltılmaya çalışılmasıdır (Innes ve Blackwell, 1983). Yapraklarını güneşten uzak tutmaya çalışan para heliotropik bitkiler buna örnektir. Soya bitkisi de su miktarına göre yaprak pozisyonlarını değiştirerek değişiklikler meydana getirmektedir (Stevenson ve Shaw, 1971).

Su kaybının azaltılmasında bitkilerin kullanmış oldukları başka bir adaptasyon şekli de yaprak tüylerini kullanmalarıdır. Yaprakların yüzeyinin yoğun tüylerle kaplanması sayesinde tüyler, fazla ışığı yansıtmakta ve yaprağın ısısını düzenleyerek serin tutularak zarar görmeleri engellenmektedir (Baldocchi ve ark., 1983). Böylece ısınma miktarı azaltılarak transpirasyonla su kaybı en aza indirilmektedir.

2.3.2.3. Su kullanım etkinliğinin yüksek olması

Bir takım bitkiler bünyelerine aldıkları suyu dokularında depo ederler. Bu bitkilerin morfolojileri gereği su kaybı az olduğundan depoladıkları suyu en etkin şekilde kullanabilmektedirler (Hanscom ve Ting, 1978; El-Sharkawy ve ark., 1984).

2.3.2.4. Mevcut nemden en iyi şekilde faydalanma

Çöl ortamına adapte olan bazı bitkiler çiğden faydalanarak ve yapraklarından tuz salınımı yaparlar. Tuz, havadaki nemi absorbe ederek bu sayede suyu daha sonra yapraklara almaktadır. Bu sebeple çöl bitkileri arasında rekabet görülmektedir. Bitki suyu kendi elde etmek için rakip bitkinin çimlenme ve büyümesini, salgıladığı zehirli maddelerle engelleyerek mevcut suyu kendisi kullanmaktadır.

2.3.2.5. Ozmotik basıncın ayarlanması

Ozmotik basıncın ayarlanması ya da osmoregülasyon, su ve diğer stres etmenlerine maruz kalan birçok canlıda meydana gelen önemli bir adaptasyondur (Morgan ve Condon, 1986). Ozmotik ayarlamada hücrede eriyiklerin artması ile turgorda herhangi bir azalma olmaz (Turner, 1986). Bu ayarlama şekli şekerler, organik asitler ve K^+ gibi iyonların hücrede konsantrasyonlarının artmasından kaynaklanmaktadır (Wright ve ark., 1977; Munns ve ark., 1979; Hanson ve Hitz,

1982). Ozmotik ayarlama ile bitkiler topraktaki küçük gözeneklerde sıkıca tutulan sudan da yararlanırlar.

2.3.2.6. Dokuların elastiki olması

Bitkiler su stresiyle karşılaştıklarında hücreler büzülmeye başlamaktadır. Hücrelerin elastiki olmaları durumunda büzülme sırasında hücre yapısı bozulmamakta, su alımıyle eski haline dönebilmektedir. Böylelikle bitki kuraklıktan fazla zarar görmemektedir (Turner, 1986).

2.3.3. Su kaybına karşı tolerans

Bitkilerin su kaybına karşı toleranslı olmaları enzim aktivitesi ve membran yapısına bağlıdır (Turner, 1986). Amerika kıtasında yetişen creosote (*Larrea divaricata*) bitkisinin su içeriği yaşamı devam ederken önceki nihai yaş ağırlığının % 30'unun altına düşmektedir. Fakat birçok bitkide % 50-75 seviyesinin altındaki değerler öldürücü olabilmektedir. Bunların kuruyup, dehidrasyon sonrası hemen metabolik olarak aktif hale gelebilme yetenekleri diğer bitkilerde olmayan özel karakterlerine bağlıdır. Bu durum yeterince anlaşılmamakla beraber hücrelerin mekanik zararlanmalar, membran yapısının bozulmasına ve sitoplazmadaki proteinin denatürasyonuna dayanma kabiliyetlerine bağlanmaktadır (Gaff, 1980).

2.4. Pamuk

Pamuk bitkisi, Malvales takımının, Malvaceae familyasının, *Gossypium* cinsine ait bir bitkidir. Pamuğun anavatanı kesin olarak bilinmemekle birlikte Asya, Amerika, Afrika'nın sıcak bölgelerinden Dünya'ya yayıldığı düşünülmektedir. Küresel ısınmanın sonucu meydana gelen kuraklık ve yüksek sıcaklıklar tarımsal üretimde önemli düşüklere neden olmaktadır. Her ne kadar pamuk sıcağı seven bir bitki olsa da yüksek sıcaklık pamuk gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir.

2013/14 verilerine göre dünyadaki toplam pamuk ekim alanı 33.100.000 hektar, üretim miktarı 25.700.000 ton ve tüketim miktarı ise 18.900.000 ton civarındadır. Ülkemizde 2012/13 verilerine göre pamuk üretimi 858.000 ton ve ekim

alanı ise ve 488.000 hektar olarak belirlenmiştir. 2013/14'te ülkemizdeki pamuk üretim oranının, pamuk fiyatlarındaki düşük nedeniyle 843.000 tona düştüğü görülmektedir. Türkiye pamuk üretiminde dünyada 8. sırada yer almaktadır. Pamuk ülkemizde, Ege, Çukurova ve Doğu Anadolu olmak üzere temel olarak 3 bölgede üretilmektedir. Sulama alanlarının 2014 yılında yaklaşık 1.040.000 hektara ulaşmasıyla GAP Bölgesi'nde 300.000 hektar ekim alanından ve 500.000 ton pamuk üretimi gerçekleştirilebilecektir. Son yıllarda pamuk tohumlarının tedariki ve yeni pamuk varyetelerinin geliştirilmesi bakımından özel sektör önemli bir rol oynamıştır. Özel sektör tarafından pamuk tohumu üretimi 2001 ve 2011 yılları arasında % 19'dan % 100'e fırlamıştır. GSYH'nin %8'ini oluşturan tekstil endüstrisi, Türk ekonomisinde en önemli ve dinamik sektörlerden birini oluşturmaktadır. 2011'de Türkiye'nin tekstil ihracatı 7.709 milyar USD, giyim ihracatı ise 15.666 milyar USD ve toplamda 23.373 milyar USD'a ulaşmıştır. Bu sektörler 2011 yılındaki toplam ihracat hacminin %17,3'lük kısmını kapsamaktadır (İTKİB, 2014)

Yeryüzündeki karasal alanların % 10'undan daha az bir kısmının, tarımsal faaliyetler için elverişli olduğu bildirilmiştir (Kadıoğlu, 2007). Bu kadar sınırlı olan tarımsal alanlarda da bakla kuraklık olmak üzere, mineral madde, düşük sıcaklık ve don gibi stres faktörlerinin etkisiyle önemli verim kayıpları söz konusudur. Bu nedenle farklı stres faktörlerine dayanıklılık gösterebilen ya da bu stres faktörlerine tolere edebilen bitki genotiplerinin geliştirilmesine gereksinim duyulmaktadır. Bunun için de strese dayanıklılık ve tolerans mekanizmalarının iyice anlaşılması gerekmektedir.

Pamuk, tropikal ve subtropikal bölgelere adapte olabilen, otsu, küçük çalı veya ağaç şeklinde gelişme gösterebilen bir bitkidir (Grimes ve El-Zik, 1990). Çok yıllık bir bitki olmasına rağmen, ekonomik olarak tek yıllık olarak yetiştirilmektedir. Evrimi ve kültüre alınışı oldukça eski zamanlara dayanmakla birlikte, DNA zinciri verileri pamuk türlerinin, yaklaşık 10-20 milyon önce ortaya çıktığını göstermektedir (Seelanan ve ark., 1997). Dünya genelinde en yaygın yetiştirilen pamuk türü *G. hirsutum*'dur. Lif verimi bakımından *G. hirsutum* üstün özelliklere sahip olsa da üstün lif uzunluğu, lif mukavemeti ve lif inceliği gibi kalite özellikleri bakımından *G. barbadense* tercih edilmektedir (Smith ve Cothren, 1999).

Türkiye, pamuk ekim alanı yönünden Dünya'da dokuzuncu, pamuk üretim miktarı bakımından sekizinci, pamuk tüketimi bakımından dördüncü, birim alandan elde edilen lif verimi bakımından altıncı, pamuk ithalatı bakımından üçüncü ülke konumundadır. Ayrıca Türkiye GDO'suz pamuk üreten ülkeler arasında en verimli pamuk üretimini gerçekleştirmektedir. Uzun yıllar ortalama değerleri dikkate alındığında; 666 bin hektar üretim alanı, 850 bin ton lif verimi ve 1260 kg/ha lif verimiyle Türkiye pamuk üretiminde önemli bir yerde bulunmaktadır (Basal ve Sezener, 2012).

Ülkemiz ekonomisinde önemli bir yere sahip olan pamuğun yoğun olarak üretildiği bölgeler; Ege, Çukurova, Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz Bölgesi'dir. Türkiye'nin toplam pamuk üretiminin yaklaşık % 55'i Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yetiştirilmektedir, bu bölgeyi sırasıyla Ege (% 18), Çukurova (% 27) ve Akdeniz Bölgesi (% 1) izlemektedir (Özüdoğru, 2011).

Şanlıurfa 187.462 hektar ile Türkiye'nin pamuk ekim alanının % 44,5'ine sahiptir. Pamuk üretim alanlarının dörtte biri merkez ilçede, üçte biri Akçakale ve Harran ilçelerinde yoğunlaşmaktadır. Toplam ekim alanının % 19'u Siverek, % 15'i Suruç, Ceylanpınar, Hilvan, Bozova ve Birecik ilçelerinde yer almaktadır (Anonim, 2014a).

2.4.1. Pamukta kuraklık ile ilgili çalışmalar

Türkiye'nin birçok bölgesinde 1970'lerden günümüze kuraklaşma eğiliminin arttığı ve gelecekte günümüze kıyasla daha sık, daha şiddetli ve uzun süreli kuraklık olaylarının görülmesinin muhtemel olduğu birçok araştırma ve inceleme sonucunda belirlenmiştir (Topçu, 2012).

Cave (2013), pamuk çeşit ve hatlarını Teksas, ABD koşullarında farklı sulama dozlarına (% 0, % 30, % 60 ve % 90) karşı tepkilerini ortaya koymak için iki lokasyonda iki yıllık bir araştırma yapmıştır. Her iki lokasyonda da sulama miktarının artışı ile verimin de arttığını fakat genotip x sulama dozu interaksiyonunun önemli olmadığını bildirmiştir. Lif kalite özelliklerinden lif

uzunluğunun diğer kalite özelliklerine oranla sulamadan fazla etkilendiği ini, uzun liflerin yüksek sulama dozu uygulamasından elde ettiklerini, çırçır randımanının ise sulama dozundan ya etkilenmediği ini ya da düşük sulama dozlarında çırçır randımanı değerlerinin daha yüksek olduğunu bildirmiştir.

Demir ve ark. (2013)'ün yaptığı çalışmada, RCP4.5 konsantrasyon senaryosu ile üretilen HadGEM2-ES küresel dolaşım modeli çıktılarını kullanılarak, ülkemiz için 20 km çözünürlükte 2013-2099 yılları için sıcaklık ve yağış projeksiyonları üretilmiştir. İklim projeksiyonu çalışmasının ilk aşamasını niteliği indeki bu çalışmaya göre Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde, 2099'a kadar ilk periyotta sıcaklık artışı (1-1.5 °C) sınırlıyken, özellikle son 2070-2099 döneminde yaz sıcaklıklarında 4-5 °C'lik artış kış ve ilkbahar yağışlarında ise azalmalar beklenmektedir.

Reeves (2012), sulamanın lif kalitesine olan etkisinin çok daha komplike olduğunu, lif uzunluğu ve mikroner değerlerinin su ve sıcaklık stresi gibi çevresel faktörlerden daha çok etkilendiği ini, düşük su dozu uygulamalarının lif uzunluğu üzerine etkisinin olumsuz olduğunu, sulamanın erken dönemde sonlandırılmasının mikroner değerlerini iyileştirebileceği ini bildirmiştir.

Karademir ve ark. (2011)'ün yaptığı çalışmada, su stresi nedeniyle, pamuk tohumu veriminin % 48, lif veriminin ise % 49 azaldığı, çırçır yüzdesinin ve lif kalitesinin negatif olarak etkilendiği i, ayrıca lif uzunluğunun, sağlamlığının, kalitesinin ve uzamasının su stresi nedeniyle azaldığı bildirilmiştir. Pamuk lifinin oluşumunda kuraklığın nispeten fazla etkisinin olmadığı fakat hücre çeperinin gevşemesinde ve genişlemesinde önemli rol oynayan bazı genlerin ifadesini baskılayarak lif uzunluğunu önemli derecede etkilediği gösterilmiştir (Padmalatha ve ark., 2012).

Yapraklardaki daha düşük su kaybı, daha düşük transpirasyon oranı ve yapraktaki daha yüksek nispi su içeriğinin, kuraklık stresine karşı bitkileri ıslah etmede seleksiyon kriteri olarak ele alınabileceği bildirilmiştir (Karademir ve Gençer, 2008).

Kurak koşullarda, yapraklardaki indirgen ve indirgen olmayan şeker, toplam çözünür şeker, toplam amino azot ve polifenol içeriklerinde azalmalar olduğu bildirilmiştir (Basal ve ark., 2008).

Mills (2010), Batı Teksasʼta yetişen dört farklı pamuk çeşidinin farklı su dozlarına tepkisini belirlemek amacıyla yapmış olduğu çalışmada, sulama dozları arasındaki verim farkının 200 kg/daʼdan fazla olduğunu ve sulama ile bitkinin koza sayısı arasında pozitif bir ilişki olduğunu saptamıştır.

Şahin (2000), Nazilli Pamuk Araştırma Enstitüsüʼnde yürüttükleri çalışmada, su stresinin erkenciliği arttırdığını; çırçır randımanı ve lif özellikleri üzerine bir etkisinin görülmediğini; tek koza ağırlığında bir miktar azalmaya neden olduğunu ortaya koymuştur.

2.5. Bitki Aktivatörleri

Bitkilerde gelişme, büyüme ve metabolizmayı etkileyen veya engelleyen durumlara stres denilmektedir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Stres, bitkilerin fizyolojik ve metabolik faaliyetlerinde değişimlere yol açarak büyüme ve gelişmeyi olumsuz yönde etkilerken, üründe nitelik ve nicelik kaybına hatta bitkinin ölümüne neden olabilmektedir. Stres faktörleri; biyotik ve abiyotik stres olarak ikiye ayrılır (Levitt, 1980). Biyotik stres; patojenler, zararlılar, diğer organizmalarla yarışı içerir. Abiyotik stres ise; sıcaklık, su, radyasyon, kimyasallar, ve diğer stres faktörlerini içerir. Bitkiler; patojenik etkileri olan organizmaların (virüs, bakteri, fungus, nematod, protozoa) ve çeşitli çevresel faktörlerin zararlı etkilerine maruz kalırlar. Bitkiler kaçınılmaz olan patojen saldırılarını algılamak ve mücadele etmek için uygun savunma mekanizmalarını geliştirmişlerdir. Bitkiler patojen istilasını etkili bir biçimde durdurabilmek için yapılarında varolan fiziksel ve kimyasal engeller kadar, patojen ataşı ile aktive olan, uyarılabilir savunma mekanizmalarını aktif hale getirirler.

Bitkiler stres faktörlerine aynı veya benzeri savunma sistemi geliştirmişlerdir. Bitkiler stres faktörlerini ya tolere etmekte ya da ondan kaçınmaktadırlar. Stres

faktörleri yapısal ve metabolik hasarlara sebebiyet vermekte ve hasarlar geri dönüşümlü ya da geri dönüşümsüz olabilmektedir. Bu nedenle bitkiler sekonder metabolitlerin yanısıra bakka savunma yollarıgeliştirmişlerdir. Bunlar dehidrin veya PR proteinleri gibi spesifik proteinler, fenilpropanaoid yolunun aktivasyonu, reaktif oksijen türlerin oluşumu, antioksidanların aktivasyonu, kitinaz, thionin, glukanaz thaumatin gibi PR proteinleri, düşük molekül ağırlıklı fenolikler, fitoaleksinler, savunma enzimleri ve düşük sıcaklık, ağır metaller, ozmotik stres, ozon ve patojen gibi stres faktörlerine karşı sentezlenen diğer savunma faktörleri, programlanmış hücre ölümü olan HR, SARdır.

Bitkiler herhengi bir stres faktörüyle karşılaşıldığında biyokimyasal ve fizyolojik olarak bazı tepkiler vermekte ve farklı metabolik yolların, salisilik asit (SA), jasmonik asit (JA), etilen gibi yolların uyarılmasısonucunda farklı kimyasal bileşikler sentezlenmektedir (Creelman ve ark., 1997; Aksoy ve ark., 2012).

Bitki aktivatörleri geniş etki mekanizmasına sahip olup, tahıllarda küf hastalığı, tütünde mavi küf hastalığı, domates, biber gibi bitkilerde meydana gelen bakteriyal birçok hastalık etmenine karşı etkilidir. Bitki savunma mekanizmasıbitki aktivatörleriyle uyarılarak bitkide genel olarak sistemik bir direnç oluşmakta bir bakıma bitki silahlandırılıp tetikte bekletilmektedir (Sekmen ve ark., 2005).

Fitoaleksinler, bitkilerde fitopatojenik mikroorganizmaların çeşitli tipleri tarafından stimülasyondan sonra veya kimyasal ve mekanik hasarlanmadan sonra önemli miktarlarda sentezlenen ve biriken, düşük moleküler ağırlıklı, toksik antimikrobiyal bileşikler olarak tanımlanırlar (Paxton, 1981; Agrios, 1997).

Günümüzde üreticilerin ve tüketicilerin bilinçlenmesi sonucunda patojenlerin meydana getirdiği hastalıklara karşı uygulanan klasik fungusitlere olan talep her geçen gün azalmaktadır ve biyolojik kontrol ve entegre mücadele programları popüler hale gelmektedir. Biyolojik mücadele ve bitki aktivatörlerinin kullanımı üzerine yoğunlaşan araştırmacılar olumlu yönde çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Bitki aktivatörleri bitkilerin başkalık sistemini aktive ederek, hastalıklara karşı dayanıklılık kazanmasını sağlarlar. Bu yolla bitkilerin hastalıklara karşı dayanıklılık kazanmasına ‘Sistemik kazanılmış dayanıklılık (Systemic Acquired Resistance;

SAR)ô denilmektedir. Fakat SARôın bitkilerde ne zaman etkin olacağı bilinmediği için, bitkilerde dayanıklılığı aktive edecek özel kimyasallardan yararlanılmaktadır ve bunlara óbitki aktivatörüô denilmektedir. Böyle bileşiklerin patojenlere doğrudan etkisi yoktur. Dayanıklılığın uyarılmasında değişik bitki türlerine ve aktive edildikleri sistemlerde özelleşmiş marker proteinleri rol oynamaktadır (Delen, 2008).

Bitkilerde biyolojik mücadele kapsamında yer alan bitkinin hastalık ve zararlılara karşı sistemik olarak dayanıklılığın arttırılması fikri ilk kez 19. yyôın başlarında ortaya atılmış ve bütün normları altüst etmiştir. Her ne kadar geçerli bilimsel veriler ile destekleniyor olsa da, o dönem koşullarında hatalı veya yanlış bir fikir olduğu düşünülmüştür. Işık olarak 19. yyôda bilim adamı Chester tarafından rapor edilen bu görüş; bitkilerin doğal savunma mekanizmasının aktive edilmesi sonucunda bitkilerin kendilerini patojen saldırılarından koruyacağı görüşünü ileri sürmüştür.

Modern tarımda patojenlerin neden olduğu hasarlara karşı kullanılmakta olan iki temel yöntemden biri uygun yetiştirme tekniklerinin seçilmesiyle toleranslı türlerin yetiştirilmesi, diğeri ise fungisitlerin kullanılmasıyla hastalıkların önlenmeye çalışılmasıdır. Yeni alternatif bir yöntem ise bitki aktivatörlerinin kullanılmasıdır. Bitki aktivatörü tahıllardaki küf hastalığı, tütünde mavi küf ve domates bitkisindeki bakteriyal hastalıklar gibi patojenik sistemler üzerinde etki göstermektedir. Bitkinin savunma mekanizması bitki aktivatörüyle uyarıldığında, bu bitki patojen saldırısına karşı başarılı şekilde korunabilmektedir. Bu nedenle, yeni olan bu teknolojinin dünya tarımına ve tüketicilere oldukça önemli yararlar sağlaması beklenmektedir. Bitkilerin çeşitli patojen enfeksiyonlarına karşı korunmasında bitki aktivatörleri büyük bir başarı sağlamıştır. Bitki aktivatörlerinin yüksek yapılı bitkiler üzerindeki koruyucu etkisi, sadece patojenlerin neden olduğu enfeksiyonlarla ilgili olarak araştırılmıştır (Benhamou, 1996). Buna karşın, kuraklık stresini de içeren abiyotik stres koşulları altında meydana getirdikleri etki ile ilgili olarak literatürde yeterli bilgi bulunmamaktadır.

Son yıllarda çevre kirliliğinin artması ve tüketicinin korunması bilinciyle bitki yetiştirmede besin maddeleri ve mücadele ilacı olarak kullanılan kimyasal

maddelerin yerine daha az kirliliğe yol açan alternatif yöntemler aranmaya başlanmıştır. Transgenik bitkiler, anti mikroorganizmalar, biyofungusitler, doymamış yağ asitleri ve bitki aktivatörleri önerilen üretim seçeneklerinden bazılarıdır. Bitki aktivatörleri kısaca bitkilerin doğal savunma mekanizmalarını aktif hale getiren, besinlerden etkili bir şekilde yararlanmalarını sağlayan, stres koşullarında, dış etmen ve etkenlerden korunmasına yardımcı olan ürün kalitesini ve verimi olumlu yönde etkileyen doğal ve kimyasal güçlendirici, direnç arttırıcı, toprak yapısını düzenleyici özellikleri olan maddeler olarak tanımlanabilir (Tosun ve Ergün, 2002).

Bitkiler; virüs, bakteri ve fungusların zararlı etkileri ile mücadele etmeleri için bir savunma mekanizmasına sahiptirler. Bitkiler bir enfeksiyon ile karşılaştıklarında enfekte olan bölgede antimikrobiyal kısım ve ölü hücreler meydana getirmektedirler. Ayrıca bitkinin enfekte olmamış parçaları patojenler tarafından enfekte olanlara yardımcı olmak için daha yüksek bir tolerans geliştirirler. Doğal savunma sistemini harekete geçiren bu dürtüye bitki aktivatörü denilmektedir. Bu mekanizma ise sistemik kazanılmış dayanıklılık (Systemic Acquired Resistance; SAR) olarak isimlendirilmiş ve bitki korumada yeni bir teknoloji alanı açmıştır (Tosun ve Ergün, 2002).

2.5.1. Sistemik kazanılmış dayanıklılık mekanizması (SAR)

Bitkiler patojen kaynaklı (viral, fungal, ve bakteriyal) enfeksiyonlarla başa edebilmek için çeşitli savunma mekanizmaları geliştirmektedirler. Bitkilerdeki savunma reaksiyonu bünyesel karakterde olabildiği gibi fiziksel bir bariyer şeklinde de olabilmektedir. Bu savunma, patojenin penetrasyonu sırasında işlev yapar. Bitkilerdeki diğer bir savunma şekli ise, patojenin bitki bünyesine girmesinden sonra etkisini göstermesidir. Yapısal savunma reaksiyonu olarak bitkinin yaprak, meyve yüzeyini kaplayan mum tabakasını, kutikulanın kalınlığını arttırmasını, epidermis hücrelerinin dış duvarının kalınlığının arttırılmasını örnek verilebilir. Patojen mikroorganizmaların bitkiye girişinden sonra meydana gelen biyokimyasal savunma reaksiyonlarında fenoller ve fenol bileşikleri rol oynamaktadır. Günümüzde ise bitki koruma için yeni bir alternatif olan SAR mekanizmasını bitki aktivatörleri yardımıyla uyarılarak hastalıklara karşı daha uzun süren dayanıklılık sağlanmaktadır. SAR

birçok karakteristik özellikleri bulunmaktadır. Bitkinin savunma mekanizmasının patojen saldırılarına karşı mücadele edebilmesi dürtü yoluyla tetkik edilmesi gerekir. Patojen saldırısına uğrayan bitkide savunma reaksiyonu istila bölgesinde yerleşerek diğer dokulara da aktarılır ve bu şekilde bitkinin diğer dokularında korunur.

Belirli bir uyarıcı ajan tarafından tetkik edilen sistem sonucunda meydana gelen reaksiyonlar bakteriler, virüsler, funguslar gibi organizma çeşitlerine karşı dayanıklılık sağlar ve SAR savunma mekanizmasında harekete geçtikten sonra birkaç hafta devam etmekte bu sayede bitki olabilecek saldırılara karşı uzun süre dayanıklık kazanmaktadır. SAR hastalık konrolünde bir tetkik edici vasıtasıyla kullanılır. Bitki bir anlamda silahlandırılır ve bekler. SAR mekanizması üç kısıma ayrılarak incelenebilir. İlk olarak bir tetkik edici uygulanır. Bu bir patojen, protein veya sentetik bir kimyasal madde olabilir. İkinci olarak tetkik edici harekete geçer. Son unsur ise SAR genlerinin aktivasyonu sonucu meydana gelen biyolojik ve sitolojik hücre değişiklikleridir (Tosun ve Ergün, 2002).

2.5.2. Bitki aktivatörlerinin özellikleri

Bitkilerin bünyelerine enjeksiyon yoluyla verilerek veya yapraklarına püskürtülerek bitki hastalıklarıyla entegre savaşım anlayışı içerisinde bitki aktivatörlerinin kullanılması, tüm dünya araştırmalarında çok önemli bir yer tutmakta ve bu yöntemler sonucunda başarılı sonuçlar alınmaktadır (Lagrimni ve ark., 1993; Benhamou, 1996; Tosun ve ark., 2001).

1. Bitki aktivatörleri, "Biyokimyasal Pestisitler" olarak da adlandırılmaktadırlar ve direkt olarak hiçbir patojeni öldürmemekte, bitki dokusuna patojenin penetrasyonunu önleyerek veya patojenlere karşı savunma sistemini aktive ederek, konakçı-patojen interaksiyonundaki belli basamaklara engel olmaktadırlar.

2. Bitki aktivatörleri, "Hastalık Kontrolü Ajanları" olarak da isimlendirilmektedirler. Biyoaktivatörleri, hastalık resistansındaki boşluğu dolduracak bir köprü görevi görmekte ve bitkiye kendini koruma altına almak için sinyal göndermektedirler. Yani, SAR'ın uyarılmasına sebep olmaktadırlar.

3. Bitki aktivatörlerinin, çok az miktarda bile bitkiye uygulanmasığ insan başğ ğkğklğk sisteminde akğdan sonra oluşan tepkilerin benzerlerinin oluşmasğnğ sağlar ve bu aktivasyon bitki başğ ğkğklğğ olarak isimlendirilir.

4. Bitki aktivatörü bitkinin savunma mekanizmasğnğ aktif hale getirdiğinde, bitki kendini patojen saldğrğlarğna karşğ bağrğlğ bir biçimde korunmaya başlar. Aktivatörün bitkiye uygulanma zamanğ çok önemlidir.

5. Bitki aktivatörleri bitkiye uygulandğktan yaklaşğk 7 gün sonra bitkinin tüm savunma mekanizmasğ sistemik olarak uyarğlmaktadğr.

6. Bitki aktivatörleri bitkilere uygulandğktan sonra yeni oluşan diğer bitki kğsğmlarğnda da hastalğklardan korunmayğ sağlar.

7. Genel olarak bitki aktivatörleri bitkiye koruma sağladğğğ, varolan enfeksiyonlarğ tamamen kontrol edemediği için, hastalğk oluşmadan önce uygulanmasğ gerekmektedir.

2.5.3. Bitki aktivatörlerinin kullanğm amaçlarğ

1. Patojenlere karşğ, bitkilerin savunma mekanizmalarğnğ uyarmak,

2. Fungusitlerle birlikte uygulandğğğnda fungusit etkinliliğini arttğrmak,

3. Bitkilerin diğer savunma mekanizmalarğnğn uyarğlmasğnğ sağlayarak daha kaliteli ve daha fazla ürün elde etmek,

4. Düzenli ve bilinçli kullanğmğ sonucunda daha az pestisit ve daha fazla hastalğk kontrolü sağlamak (Tosun ve Ergün, 2002).

2.5.4. Bitki aktivatörlerini karakterize eden özellikler

1. Bitkinin savunma mekanizmasğ uyarğldğktan sonra aktivatör etkisini, diğer bitki dokularğnda da göstererek sistemik direnç sağlar.

2. Bitki aktivatörleri mutasyon geçirmiş bitkilerde etki göstermezler.

3. Bitki aktivatörleri tek başğna direkt antimikrobiyal etki göstermezler.

4. Bitki aktivatörleri SAR'ğn aktivasyonu ile başğ ğkğklğk sistemini aktive ederek patojenlere karşğ geniş spektrumlu bir koruma sağlar.

5. Bitkide savunma mekanizmasının tam olarak aktif hale gelebilmesi için belli bir zamana gereksinim vardır ve gereken zaman 5-7 gün arasında değişkenlik gösterir.

6. SAR mekanizmasının aktivasyonundan sonra bitkide temel proteinler ve asidik proteinler birikmektedir.

7. SAR mekanizması çok yönlü bir mekanizmaya sahiptir ve yıllardır hastalıklara karşı kullanılarak bakarılı sonuçlar elde edilmiştir. Patojen nesillerinin SARa karşı dayanıklılık geliştirmesi zordur (Anonim, 2000).

2.5.5. Dünyada kullanılan ruhsatlı bazı bitki aktivatör preparatları

Crop-Set aktivatörü

Crop-Set, dünyanın çeşitli coğrafi bölgelerinde bitkisel üretiminde verimi arttıran, kaliteyi geliştiren yeni bir alternatif üründür. Bu bio-stimulant, bitkiyi ve topraktaki kökü, doğal işlevleri optimize ederek ürün verimini arttırmaktadır. Toprağın mikrobiyal aktivitesini düzenleyerek, bitkinin büyümesi ve gelişmesi için gereken koşullarını iyileştirmektedir. Yüksek performanslı vitamin ve minerallerin özel bir kombinasyonuyla beraber doğal bir başlayıcı ve nitrojen katalizörü içermektedir. Cropï Set toprağın yapısında, vitamin, mineral ve besinlerin emiliminde iyileşme sağlamaktadır ve birçok sebze ve meyve ürün gruplarında bakarıyla kullanılmaktadır (Anonim, 2000).

Humiforte - N6

Humiforte, genellikle aşırı stres altında kalan bitkilerin tedavisinde kullanılan yararlı bir besindir, aminoasit zincirlerine saf azot, potasyum, fosfor eklenmesiyle oluşturulmuştur. Bitkinin kök ve yapraklarına uygulanarak bitki bünyesine % 100 asimile olmaktadır. Dünyada birçok bölgede seralarda damlama yöntemi ile yaygın olarak kullanılmakta ve demirli bileşiklerle kullanıldığında ise, bitki tarafından alınımı hızlanmaktadır. Sıvı bir besin olan Humiforte yapraklar ve kökler tarafından hızla absorbe edilmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda aktif maddelerin bitki metabolizmasında 46 saatte birleştiği göstermiştir (Anonim, 2000).

Param-A

Param A, bitkilerin olumsuz koşullarda birkaç gün içerisinde savunma mekanizmalarını harekete geçirererek patojen gruplarına karşı etkili ve uzun süreli koruma sağlar ve turunçgil, muz, domates, bakla olmak üzere pek çok ürün gruplarında kullanılmaktadır (Anonim, 2000).

ISR-2000

IMPROCROP firması tarafından geliştirilen, bitkisel üretimde verimin arttırılması amacıyla kullanılan ve organik ve doğal ekstraktlar formulasyonundan oluşan yeni bir üründür. Etkin maddesi *Lactobacillus acidophilus*, maya ekstraktı, bitki ekstraktı ve benzoik asiti de içermektedir. Bitkinin kendisinde varolan ancak normal koşullarda her zaman aktif olmayan doğal savunma mekanizmasını harekete geçiren, biyolojik olarak elde edilen doğal bir üründür (Anonim, 2014b).

2.6. Bitki Aktivatörlerinin Tarımsal Alanlarda Kullanımı İle İlgili Literatürler

Tarımsal mücadelede bugüne kadar klasik mücadele yöntemleri kullanılmaktaydı. Günümüzde ise bitkiler için yeni bir teknoloji olan bitki aktivatörleri kullanılmaktadır.

Viral, fungal ve bakteriyal kaynaklı enfeksiyonlara karşı sadece serada koşullarında değil, tarla koşullarında da uzun süreli koruma sağlayan bitki aktivatörlerinin düzenli olarak kullanılmasıyla ürünlerde verim artmaktadır.

Bitki hastalıklarına karşı etkin koruma sağlayan bitki aktivatörleri uygulamadan sonra yeni gelişen tüm bitki kısımlarını hastalıklardan korumakta ve bu sayede bitkiler daha az duyarlı olmaktadır. Çevre dostu olması nedeniyle kullanımı her geçen gün artmaktadır. Bitki aktivatörlerinin tarım ürünlerinin ihracatında pestisit

kalıntılarına nedeniyle yakanan olumsuzlukların da en aza indirilmesindeki rolü açısından üreticiler arasında geleneksel kontrol metodlarına alternatif olarak daha çok tercih edildiği görülmektedir.

Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsünde yapılan bir araştırmada patates yetiştiriciliğinde bitki aktivatörlerinin etkileri araştırılmıştır. ISR-2000 ve Crop-set iki farklı dozda kullanılmıştır. Normal doz uygulamasında 50 mm'den büyük yumru veriminde % 86'lık, bitki boyunda % 16'lık ve yaprak sayısında ise % 33'lük bir artış olduğu bildirilmiştir (Koca, 2003).

Özfidan (2005), çalışmasında sera koşullarında, hem biyotik hem de abiyotik strese (NaCl stresi) karşı domates bitkilerine uygulanan ISR-2000 bitki aktivatörünün (1 ml/lt) koruyucu etkisini araştırmıştır. Tuz stresi altında ISR-2000'in domates fidelerinin vejetatif büyümesini, ve antioksidan enzim seviyelerini arttırarak tuz stresine toleransın geliştirilmesini sağladığı görülmüştür (Özfidan, 2005).

Çetin (2004), yaptığı çalışmada bitkilerde mikroorganizmaların sebep olduğu hastalıklar ile çevresel stres faktörlerine karşı direnç yanıtlarını oluşturulmasını sağlayan total protein ve POX enzim aktivitesi miktarlarını incelemiş, preparat uygulaması yapılan bitkilerde kontrol bitkilerine nazaran total protein ve enzim analizlerinde en büyük artışı sağlayan kombinasyonun Messenger- Trichodex kombinasyonu olduğunu tespit etmişlerdir.

Üstün ve ark. (2009)'de domateste bakteriyal solgunluk hastalığına karşı Crop-Set, ISR-2000 ve Messenger bitki aktivatörlerini denemişler, en etkili bitki aktivatörünün Crop-Set olduğunu, ardı ardına yapılan uygulamalarla Crop- Set'in hastalık etmenini giderek azalttığını tespit etmişlerdir.

Akı ve ark. (2000)'de tarafından yapılan bir çalışmada, doğal bileşiklerin bitkilere püskürtülmesi sonucu bitkilerin savunma sistemlerinin uyarılmasını ve böylece hastalıklara direncinin arttırılmasını incelenmiştir. Çalışmada uyarıcı olarak kitosan polisakkariti, bitkisel materyal olarak ise *Cucurbita pepo* L. (kabak) ve *Phaseolus vulgaris* L. (fasulye) kullanılmış ve savunma sisteminin öncül enzimlerinden POX enziminin aktivitesindeki değişimler belirlenmiştir. Yapraklarına

kitosan uygulanmasından 24 saat sonra peroksidaz aktivitesinin kontrol bitkilerine oranla % 0,1'lik uygulamada % 21, % 0,5'lik uygulamada % 23 oranında artık gösterdiği, 48 saat sonra ise % 0,1'lik uygulamada % 35, % 0,5'lik uygulamada % 23 oranında arttığı saptanmıştır. Bu çalışmayla kitosan polisakkariti *Cucurbita pepo* L. ve *Phaseolus vulgaris* L. bitkilerinin yapraklarına farklı konsantrasyonlarda (% 0,1 veya % 0,5) spreylendiğinde, uygulamadan 24 ve 48 saat sonra POX aktivitesinin farklı düzeylerde arttığı ve bu sayede de bitkilerin savunma sistemlerinin uyarıldığı saptanmıştır.

Akbudak ve Tezcan (2006), yapmış oldukları bir çalışmada hastalıklara karşı kullanılabilen harpinin doğal savunma mekanizmasını uyarmadaki işlevini değerlendirmişlerdir. Harpin aktivatörünün yapısal özelliklerini, kullanımını, farklı sebze ve meyve türlerinde çeşitli hastalıklara karşı etkinliklerini incelemişlerdir. Harpin proteinin doğal savunma mekanizmasını uyardığı ve bitkilerin hastalıklara karşı dirençlerini arttırıcı bir etkisinin olabileceği sonucuna varmışlardır.

Romero-Arondo ve ark (2001), yaptıkları bir çalışmada domates bitkilerine 2 ay süreyle 35-75 mM NaCl stresi uygulanmış bunun sonucunda domates bitkilerinin stoma iletkenliğinde, önemli bir azalmalar olduğu görülmüştür. Sekmen ve ark.,(2005)'nin yaptığı çalışmada 100 mM NaCl stresi uygulanan domates fidelerinin, stoma iletkenliğinde önemli bir azalma olduğu görülürken buna karşın, Stubbe-Aid uygulanan grubun stoma iletkenliğinin NaCl uygulanan gruba göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Dolayısıyla, Stubble-Aid'in tuz stresi altında stomaların açık kalmasını sağladığı görülmektedir. Bu özellikle fotosentetik verimin stres altında devamı açısından büyük önem taşımaktadır. Tuz stresi altında aktivatör uygulamasının toplam protein miktarındaki azalmayı engellemesi, Stubble-Aid'in strese bağlı protein parçalanmasını önlediğini göstermektedir (Sekmen ve ark., 2005).

Tosun ve ark. (2001)'nin yaptıkları bir çalışmada Crop-Set aktivatörü uygulanmasıyla protein miktarında önemli bir artık olduğunu bildirmiştir. Yine yapılan bir çalışmada, domates bitkilerindeki bakteriyel benek hastalığına karşı kullanılan Bion aktivatörü (Karabay ve ark., 2003) ve geç yanıklık hastalığına karşı

kullanılan Hargün isimli (Tosun ve ark., 2002) bitki aktivatörleri protein miktarlarında artışlar meydana getirmiştir.

Vallad ve Goodman (2004), bitki aktivatörü kullanımının pek çok bitki ve üründe toleransı arttırıcı yönde etkisinin olduğunu ve bunu da aktivatör uygulanan bitkideki dayanımı aktive edici genleri uyararak gerçekleştirdiği ini belirtmişlerdir. Bu yeni alternatif yöntem ile hem bitki koruma hem de bitki yetiştiriciliği konularında yeni bir dönem açılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Bitki materyallerinin temini

Bu çalışmada kullanılan pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) tohumları, Şanlıurfa Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünden temin edilmiştir. Tez çalışmasında pamuk çeşitleri olarak Beyaz altın-119 ve Candia kullanılmıştır.

3.1.1.1 Beyaz altın-119 (BAï 119)

- Çok geniş adaptasyon kabiliyeti ile ekildiği tüm bölgelerde verim şampiyonu olmuş bir çeşittir.
- Susuzluk, sıcaklık ve bakım hatalarına tolere edebilen, her şartta çok yüksek verim potansiyelini koruyabilen çiftçi dostudur.
- Orta-uzun boylu ve yayvan bitki yapısı ile makineli hasada uygundur.
- Randımanı yüksek ve iyi bir elyaf kalitesine sahiptir.
- Erkencilik özelliği sayesinde 2. ürün ekimler için mükemmel bir seçimdir.
- Solgunluk hastalığına toleranslıdır.
- Kozaları orta büyüklükte ve ovaldir.
- Açık kozalı olmakla birlikte lüleleri sarkma yapmaz.
- Toprak seçiciliği olmayan çeşit, hafif ve orta bünyeli topraklarda çok yüksek verim potansiyeli göstermektedir.
- Farklı koşullarda ve bölgelerde stabil bir verim potansiyeline sahip olan çeşit, Güneydoğu Anadolu Bölgesine önerilmektedir.

Çizelge 3.1. Beyaz altın-119ün genel özellikleri

Mikroner	Mukavemeti	Elyaf uzunluğu	Parlaklığı	Sarılık	SCI	Çırçır Randımanı
4,4-4,6	31-33 g/tex	28-30 cm	70-72	7.8-8.2	140-150	%41-%43

http://www.progenseed.com/tr

3.1.1.2. Candia

- Ürün verme potansiyeli fazladır.
- Candia bitkisinin vejetasyon süresi orta ï geç sınıfta bulunmaktadır.
- Koza bağlamalarıtamamen ana bitkinin gövdesine bağlı olduğu için yoğun ekime, makineli hasada oldukça uygundur.
- Kuraklık sonucunda meydana gelen tarak ve çiçek dökülmelerine karşı oldukça toleranslıdır.
- Candiaönün çırçır randımanı% 41-% 46dır ve bu nedenle de çırçır sanayisi işletmelerince tercih edilen çekitlerdendir.
- Candia güçlü bir yapıya sahip olduğundan, zararlılardan kaynaklanabilecek olumsuz koşullara karşı dayanıklılığı oldukça yüksektir.
- Birçok stres faktörünü özellikle de su kaynaklı stres faktörlerine karşı dayanıklıdır.
- Çevredeki ve yetiştirme koşullarından kaynaklı sorunlara karşı dayanıklı olmasısayesinde verim kayıplarını telafi etme yeteneği rakipsizdir.
- Fusairum hastalığına karşı yüksek toleransları vardır ve çıkış, fide dönemindeki etkenlere yüksek tolerans gösterirler.
- Yaklaşık 1 kgda, 11.000 adet tohum bulunur.

Çizelge 3.2. Candiaönün genel özellikleri

Uzunluğu	Mukavemeti	İnceliği (mic.)	Uniformite	Kılık olabilme indeksi (SCI)
30-31 mm	33-35 g/tex	4.0-4.3	% 85-88	170 ve üzeri

https://www.bayercropscience.com.tr

3.1.2. Bitki aktivatörleri

Araştırmada kullanılan Soil-Set ve Crop-Set bitki aktivatörleri, ALTECH firmasından temin edilmiştir.

3.1.2.1. Soil-set

Soil-Set®, bitkinin gelişimine ve büyümenin arttırılmasına yardımcı olan doğal enzimatik bileşenler gibi spesifik bakteriyel metabolitler üzerine yapılan araştırmalardan elde edilmiştir. Dengeli besin maddeleri ve biodiscretionary teknolojisini kullanarak, Soil-Set, büyümeyi desteklemek ve daha sağlıklı kök sistemlerini teşvik etmek üzere toprak mikroflorasını aktif hale getirir.

- Bitkinin beslenmesi için mineral alımını arttırır.
- Sağlıklı toprak florasına katkıda bulunur.
- Kök gelişimini destekler.
- Tuz stresine karşı dayanıklılık sağlar.
- Toprak neminin tutulmasında artış sağlar.
- Köklenmede, topraktaki yararlı mikroorganizma faaliyetinde ve organik madde içeriğinde artış sağlar.
- Toprak kaynaklı mikroorganizmaları baskı altına alır, kök hastalıklarına karşı dayanıklılık sağlar.

http://ag.alltech.com/crop/tk/products/soil-health/soil-set-t%türkiye

3.1.2.2. Crop-set

Crop-Set ®, yapraktan uygulanan besin maddeleri, sapogenin ve aminoasitler ile ilgili ileri düzeydeki araştırmalar sonucunda elde edilen özel formülasyonlu bir fermantasyon teknolojisidir. Crop-Set çevre açısından güvenli bir şekilde, bitkinin besin elementini kullanma becerisini arttırarak, meyve ve sebze verimini optimize eder, kalite ve homojeniteyi arttırır.

- Meyve homojenitesini sağlar.
- Yüksek meyve tutumu ve meyve kalitesi elde edilmesini sağlar.
- Pazarlanabilir kalitedeki ürün verimini artırır.
- Bitki kalitesini iyileştirir; meyvelerin daha büyük olmasına, en iyi rengin elde edilmesine katkı sağlar.
- Fotosentez ve bitkinin metabolik süreçlerine yönelik besin maddeleri sağlar.
- Sağlıklı bitki büyümesini teşvik etmek üzere stresli durumların etkilerini azaltır.

http://ag.alltech.com/crop/en/products/performance/crop-set-türkiye.

3.2. Yöntem

3.2.1. Tohum yüzey sterilizasyonu

Beyaz Altın-119 ve Candia çeşitlerine ait tohumlar, ekilmeden önce distile su ile iyice yıkandıktan sonra 2 saat boyunca distile suda bekletilerek tohumların kırılması sağlanmıştır (Şekil 3.1). Tohumların ekiminde kullanılacak olan 3 litrelik saksılar (19 cm x 21 cm x 20 cm) saf sudan geçirilmiş olan nemli perlitle doldurulmuştur.



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan Beyaz Altın-119 ve Candia tohumlarının distile suda kırılması

3.2.2. Deney düzeneğinin hazırlanması

Bu araştırma, Harran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Bitki Büyütme Laboratuvarında yürütülmüştür. Araştırmada kullanılan pamuk bitkileri iklim odasında sıcaklık, ışık ve nem kontrollü koşullarda yetiştirilmiştir. Bitki yetiştirme odasının sıcaklığı günlük ortalama 27 ± 1 ^{0}C olacak şekilde (aydınlık evrede 30 ^{0}C / karanlık evrede 24 ^{0}C ± 1 ^{0}C) ayarlanmıştır (Reddy ve ark., 2004; Salvucci ve Crafts-Brandner, 2004). Bitki büyütme odasının aydınlatma döngüsü, 16 saat aydınlık / 8 saat karanlık olarak ayarlanmış (Crafts-Brandner ve Salvucci, 2004) ve bitkiler 350 µmol/m^2/sn ışık yoğunluğunda yetiştirilmiştir. Ortamın nem düzeyi % 60 olarak sabitlenmiştir. Deney grupları aşağıdaki gibi oluşturulmuştur (şekil 3.2).

GRUPLAR
Kontrol
Aktivatör (Soil-Set + Crop Set)
Kuraklık (%30 PEG-6000)
Aktivatör (Soil-Set + Crop Set) + Kuraklık (%30 PEG-6000)

Şekil 3.2. Çalışmada oluşturulan deney gruplarının şematik gösterimi

Uygulamalar 3 aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada pamuk tohumları çimlendirildikten sonra 5-6 yapraklı evreye kadar büyütülmüştür (şekil 3.3). İkinci aşamada; 5-6 yapraklı pamuk bitkilerine aktivatör uygulamaları yapılmıştır. Aktivatör uygulamalarından 7-10 gün sonra 0. gün hasadı gerçekleştirilmiştir. Kuraklık stresinin başlatıldığı son aşamada (0. günde) Hoagland solüsyonu içinde PEG-6000 uygulamasına başlanmış ve 13 gün boyunca sulamalara bu şekilde devam edilmiştir. Kuraklık stresinin 13. gününde son hasat yapılarak deney tamamlanmıştır.

Bitkisel üretimi ciddi derecede kısıtlayan kuraklık stresinin olumsuz etkilerinin giderilmesinde, etkin bir ürün olarak kullanılma potansiyeline sahip bitki aktivatörlerinin, kuraklık stresi altındaki farklı pamuk çeşitlerinde, ne derece iyileştirici bir etkiye sahip olduğunun incelenmesi için, bazı fizyolojik ve biyokimyasal analizler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.3. Kontrollü koşullarda yetiştirilen pamuk genotiplerine ait resimler

3.2.3. Ekim yöntemi

Deiyonize su ile yıkanan perlitler saksılara doldurulmuştur. Aktivatör uygulanacak olan saksılara kontrol gruplarından farklı olarak, Soil-set aktivatörünün belli oranda saf su içerisinde çözdürülmesiyle hazırlanan solüsyon ile mualemele edilmiş perlit doldurulmuştur. Saksılardaki perlitlerin içine her bir saksı için yaklaşık 5-6 tohum ekilmiştir. Çimlenmenin iyi bir şekilde gerçekleşmesi için saksıların üzerleri 1 hafta boyunca streç filmle kapatılmıştır. Bitkilerin ilk kotiledonları çıkınca streç film kaldırılmıştır. Candia ve Beyaz Altın-119'a ait bitkiler 0. gün hasadına kadar aşağıdaki şekilde gruplandırılmıştır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. PEG-6000 uygulamasının (kuraklık stresi) 0. gününde pamuk grupları

Pamuk çeşidi	Grup ismi
Candia	Kontrol
	Aktivatör
Beyaz Altın-119	Kontrol
	Aktivatör

Bitkiler ilk günden itibaren 1 hafta boyunca ¼'lük Hoagland besin solüsyonu ile sulanmıştır. İkinci haftadan itibaren ise bitkiler ½'lik Hoagland solüsyonu ile

sulanmaya devam edilmiştir. Bitkiler 5-6 yapraklı evreye geldiğinde aktivatör gruplarında yer alan bitkilerin hem yapraklarına hem de içinde bulundukları saksılardaki perlitlere, önerilen oranlarda saf suda çözdürülen Crop-set sprey şeklinde eşit hacimlerde uygulanmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Pamuk çeşitlerine aktivatör uygulanması

Yaklaşık 1 hafta sonra pamuk gruplarına Hoagland çözeltisi içerisinde PEG-6000'in çözdürülmesiyle kuraklık stresi uygulaması başlatılmıştır (0. gün hasatı). Aynı gün içerisinde kontrol gruplarındaki bitkilerden rastgele yarısı seçilerek kuraklık (PEG-6000) grubu olarak; aktivatör gruplarındaki bitkilerden rastgele seçilen yarısı ise aktivatör-kuraklık (Aktivatör+PEG-6000) grubu olarak ayrılmıştır. İlk uygulamada % 10, ikinci uygulamada % 20 ve üçüncü uygulamada % 30'luk oranda PEG-6000 içeren besin solusyonu ile kuraklık grupları sulanmaya devam edilmiştir. % 30'luk PEG-6000 uygulamasından 13 gün sonra tüm bitkiler hasat edilmiştir (13. gün hasatı). Kuraklık stresinin 13. gününde hasat edilen gruplar Çizelge 3.4 te gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. PEG-6000 uygulamasının (kuraklık stresi) 13. gününde pamuk grupları

Pamuk çeşidi	Grup ismi
Candia	Kontrol
	Aktivatör
	Kuraklık (PEG-6000)
	Aktivatör+Kuraklık (Aktivatör+PEG-6000)
Beyaz Altın-119	Kontrol
	Aktivatör
	Kuraklık (PEG-6000)
	Aktivatör+Kuraklık (Aktivatör+PEG-6000)

3.2.4. Besin çözeltisinin hazırlanması

Pamuk bitkilerinin yetiştirilmesinde besin çözeltisi olarak, Hoagland Kültür Çözeltisi kullanılmıştır (Hoagland ve Arnon, 1950). Hoagland kültür çözeltisinde bulunan makro elementler ve mikro elementler aşağıda özetlenmiştir.

Makro Elementler: KNO_3 (Potasyum Nitrat), $CaNO_3$ (Kalsiyum Nitrat), $NH_4H_2PO_4$ (Amonyum Fosfat) ve $MgSO_4$ (Magnezyum Sülfat) ötür.

Mikro Elementler: H_3BO_3 (Borik Asit), $MnCl_2$ (Mangan Klorür), $CuSO_4$ (Bakır Sülfat, $ZnSO_4$ (Çinko Sülfat) ve $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$ (Amonyum Molibdenat)ötür.

Hoagland besin solüsyonunun içeriği Çizelge 3.5 teki gibidir.

Çizelge 3.5. Hoagland besin solüsyonu içeriği

No	Kimyasal adı	Molaritesi
1	KNO_3	1 M
2	$CaNO_3$	1 M
3	$NH_4H_2PO_4$	1M
4	$MgSO_4$	1 M
5	H_3BO_3	1 M
6	$MnCl_2$	1 M
7	$CuSO_4$	0,1 M
8	ZnSO4	0,1 M
9	$(NH_4)_6Mo_7O_{24}$	0,1 M
10	Tartarik asit (% 0,5)+Demir sülfat (%0,4)	6 mL/10 L

Yukarıdaki tabloda yer alan kimyasallar stok çözelti olarak hazırlanmıştır. Hazırlanan besin çözeltisinin pH'sı 5,70- 5,80 olacak şekilde ayarlanmıştır (HCl veya NaOH ile). Bitkiler iki günde bir düzenli olarak sulanmıştır. Kuraklık grupları için Hoagland besin çözeltisine belirtilen oranlarda PEG-6000 eklenmiştir.

3.3. Ölçüm ve Analizler

3.3.1. Büyüme parametrelerinin ölçülmesi

Büyüme parametrelerinin belirlenmesinde gövde uzunluğu, gövde yaş ağırlığı, gövde kuru ağırlığı, kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı ve kuru ağırlığı göz önüne alınmıştır (şekil 3.5 ve 3.6). Bu ölçümler için her bir gruptan 10'ar bitki kullanılmıştır.

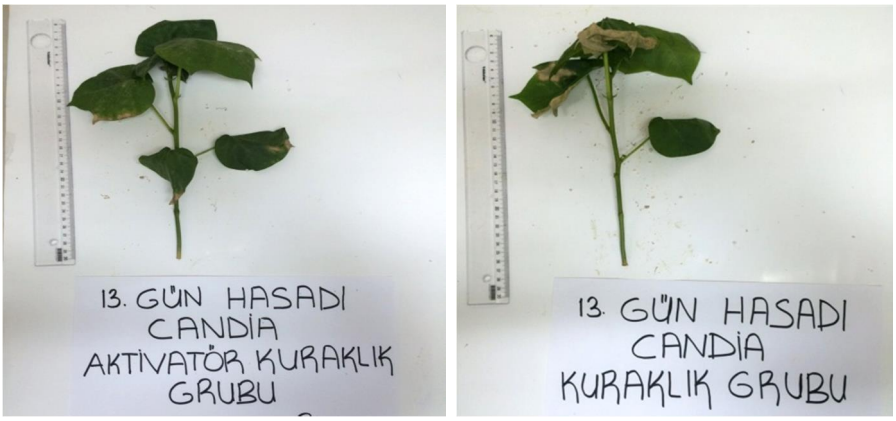


Şekil 3.5. Kuraklık stresi uygulamasının 13. gününde Candia bitkilerinin görünümü



Şekil 3.6. Kuraklık stresi uygulamasının 13. gününde BA-119 bitkilerinin görünümü

Kuraklık stresi uygulamalarının 0. ve 13. günlerinde tüm gruplardan 10ar bitki alınarak kök ve gövdeleri birbirinden ayrılmıştır. Gövde ve kökler uzunlukları ölçüldükten sonra ayrı ayrı yaş ağırlıkları tartılarak, kurutma kağıtlarına sarılmış ve 70 ^{0}C'lik etüvde 1 hafta boyunca kurutulmuştur. Bu süre sonunda gövde ve köklerin kuru ağırlıkları ölçülmüştür (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. 13. günde hasat edilen pamukların gövde uzunluklarının belirlenmesi

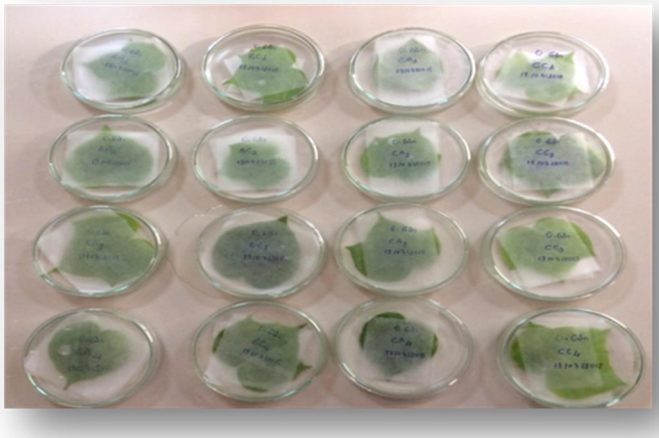
3.3.2. Yapraklarda nispi su içeriği (NSİ) tayini

Örnekleme dönemlerinde tüm bir gruptaki bitkilerin en genç sürgünlerden sonra gelen tam açılmış lateral yaprakların uç kısımlarından seçilen 6 adet yaprak örneği alınarak (6 ayrı bitki örneğinden) yaş ağırlıkları (YA) ölçülmüştür (Şekil 3.8).

6 saat boyunca dI-H_2O içinde petri kaplarında bekletilerek turgor haline gelmeleri sağlanmıştır (TA). Daha sonra yaprak örnekleri 70 ^{0}C'de 72 saat etüvde kurutularak kuru ağırlıklarına (KA) ölçülmüştür. Yaprak örneklerine ait nispi su içeriği aşağıdaki formüle göre % olarak hesaplanmıştır (Smart ve Bingham, 1974).

Nispi Su İçeriği (%) = [(YA – KA) / (TA – KA)] ×100

YA = Yaş Ağırlık; KA = Kuru Ağırlık; TA = Turgorlu Ağırlık



Şekil 3.8. Yapraklarda nispi su içeriğinin belirlenmesi

3.3.3. Yaprak ozmotik potansiyeli (Ψs)

Ozmotik potansiyel, bir ozmometre (Wescor Vapor Pressure Osmometer 5600) yardımıyla ölçülmüştür (şekil 3.9). Ozmotik potansiyel ölçümü için hasat günlerinde her gruptaki bitkilerden 6 tekrarlı taze yapraklar alınarak hemen sıvı azotta dondurulmuştur. Yapraklar bir süre oda sıcaklığında bekletildikten sonra iyice ezilerek özütü çıkarılmıştır. Bu özütler doğrudan ozmometreye pipetlenerek, ozmotik potansiyel (Ψs) ölçümü miliozmol/kg olarak ozmometreden okunmuştur (Mohammad ve ark., 1998). Ozmolarite (*c*) değerleri aşağıdaki Vanöt Hoff eşitliğinde yerleştirilerek megapaskal (MPa)'a dönüştürülmüştür.

$\Psi s\ (MPa) = -c\ (miliozmol/kg) \times 2{,}58 \times 10^{-3}$



Şekil 3.9. Yapraklarda osmotik potansiyelin belirlenmesi

3.3.4. Fotosentetik pigment konsantrasyonlarının belirlenmesi

Taze yaprak örnekleri (200 mg) 15 ml % 80'lik (v/v) aseton (merk) ile homojenize edilerek filtre kâğıdından süzülmüştür. Filtre edilen süzüntünün son hacmi aseton ile 10 ml'ye tamamlandıktan sonra, spektrofotometrik olarak 663 nm'de klorofil a (Kl-a), 645 nm'de klorofil b (Kl-b) ve 480 nm'de karotenoid (Kar) ölçümleri yapılmıştır.

Hesaplamalar Lichtenthaler ve Wellburn (1983)'e göre aşağıda verilen formüllere göre hesaplanmıştır. (A: ölçülen absorbans değeri).

Klorofil a (Kl-a) = (A 663 x 12.70 – A 645 × 2.69 / mg örnek ağırlığı)

Klorofil-b (Kl-b) = (A645 x 22,90 – A663 × 4,68 / mg örnek ağırlığı)

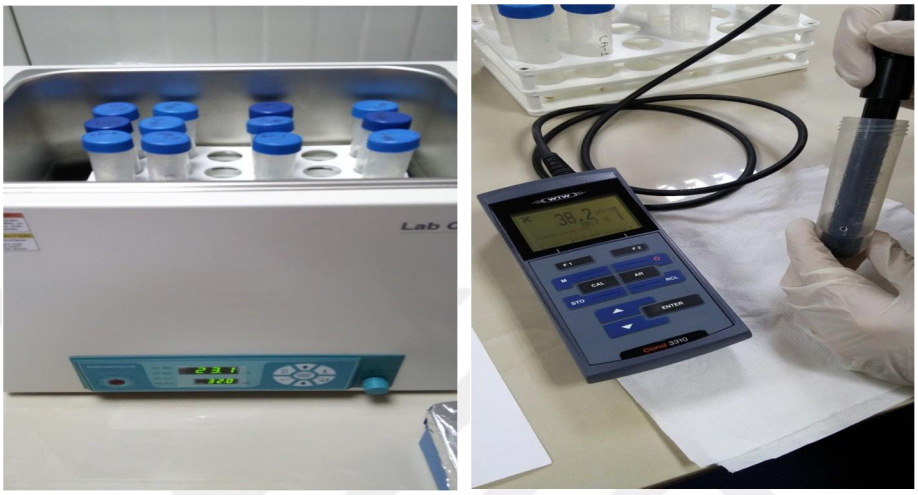
Karotenoid (Kar) = (A480 + A663 x 0,114 – A645 × 0,638/112,50 / mg örnek ağırlığı)

3.3.5. Hücre zarı geçirgenliği (Elektrolit Sızıntısı)

Hücre zarı geçirgenliği ölçümü Dionisio-Sese ve Tobita (1998)'ya göre belirlenmiştir. Bunun için 100 mg yaprak örnekleri 5 mm uzunluğunda kesilerek 10 ml deiyonize su içeren falkon tüplerine transfer edilmiştir. Tüpler plastik kapaklarla kapatıldıktan sonra 32 ^{0}C'lik bir su banyosunda 2 saat boyunca tutulmuştur (şekil 3.10). Daha sonra ortamın elektrik iletkenliği EC metre ile (EC_1) ölçülmüştür. Bu aşamadan sonra örnekler 121 ^{0}C'de 20 dk boyunca tüm dokuların ölmesi ve

elektrolitlerin dışa çıkmasını için otoklavlanmıştır. Sonra örnekler 25 ^{0}C'ye kadar soğutularak bu ortamdaki elektrik iletkenliği (EC_2) ölçülmüştür. Elektrolit sızıntısı (ES) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$ES = EC_1/EC_2 \times 100$



Şekil 3.10. Yapraklarda elektrolit sızıntısının ölçülmesi

3.3.6. Prolin tayini

Her uygulama grubundan rastgele seçilen 6 bitkinin hasat dönemlerinde alınan yaprak örneklerindeki serbest prolin içeriğinin belirlenmesi Bates ve ark.'na (1973) göre yapılmıştır. Sıvı fazdan aspire edilen toluen fraksiyonunun 520 nm'deki absorbansı spektrofotometreden okunmuştur. Prolin konsantrasyonu, kalibrasyon eğrisi kullanılarak hesaplanmış ve µmol prolin g^{-1} taze ağırlık olarak ifade edilmiştir.

3.3.7. Lipit peroksidasyonunun belirlenmesi

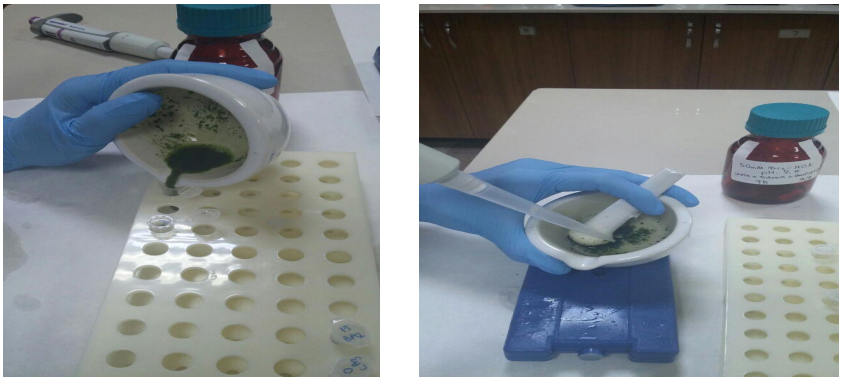
Yaprak dokularında oksdatif strese bağlı olarak meydana gelen membran hasarını ölçmek için lipid peroksidasyonunun son ürünü olan MDA (malondialdehit) miktarı TBA (tiobarbütürik asit) testi ile belirlenmiştir (Madhava Rao ve Sresty, 2000). Bunun için tüm gruplardan alınan 0,1 gr'lık yaprak örnekleri % 0,1 TCA (trikloroasetik asit) ile homojenize edilmiştir. Homojenatların her 1 mL'si için 4 ml % 0,5 TBA (tiobarbütirik asit) içeren % 20'lik TCA deney tüplerine eklenmiştir. Tüplerin tümü 90 ^{0}C'lik sıcak su banyosunda bir saat kaynatılmış ve ardından

reaksiyonu durdurmak için tüpler buz banyosu içine alınmıştır. 10.000 rpm'de 15 dakika santrifüj edilen örneklerin absorbansları spektrofotometrik olarak 532 nm ve 600 nm dalga boylarında ölçülmüştür. MDA konsantrasyonu ekstinksiyon katsayısı ($\dot{U}$= 155 mM^{-1} cm^{-1}) kullanılarak hesaplanmıştır.

3.3.8. Antioksidan enzim aktivite analizleri

3.3.8.1. Enzim ekstraktlarının hazırlanması

Antioksidan enzimlerin ekstraksiyonu için hasat edilerek derin dondurucuda saklanmakta olan (-80 °C) 1 gr yaprak örnekleri havanda sıvı azot yardımıyla toz haline getirilmiştir (şekil 3.11). Daha sonra havandaki örneklerin erimesine izin verilmeden örnekler % 2 w/v polyvinylpolyprrolidone (PVPP) ve 1 mM EDTA içeren 50 mM Na-fosfat tamponuyla (pH 7,8) homojenize edilmiştir. Homojenatlar, +4 °C'de, 14,000 rpm'de 30 dakika boyunca santrifüj edildikten sonra elde edilen süpernatantlar temiz ependorflara dağıtılarak protein tayini ve enzim aktivitesi analizlerinde kullanılmıştır. Ekstraksiyon prosedürünün tümü ±4 °C'de gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.11. Yaprak örneklerinin ekstraksiyonu

3.3.8.2. Total protein miktarının belirlenmesi

Total protein miktarı analizleri Bradford (1976)'a göre ve sığır serum albumini (BSA; Bovine Serum Albumine) standart olarak kullanılmak suretiyle yapılmıştır.

Örnekler köre karşı Shimadzu UV spektrofotometre cihazı ile 595 nm'de okunmuştur. Çözünebilen total protein miktarı mg yaş ağırlık olarak belirlenmiştir.

3.3.8.3. Süperoksit dismutaz (SOD; EC 1.15.1.1) enzim aktivitesi tayini

SOD aktivitesi, Beauchamp ve Fridovich (1971) tarafından tanımlanan metoda göre yapılmıştır. SOD aktivitesi, 560 nm'de spektrofotometrede ölçülen elektron alıcısı olan nitrobluetetrazolium (NBT)'un fotokimyasal indirgenmesinin % 50 inhibisyonuna neden olan enzim miktarı olarak belirlenmiştir. 1 birim (unite) SOD aktivitesi, 25 °C'de 1 dakikada 1 µmol substratı ürüne dönüştüren enzim (SOD) miktarı olarak ifade edilmiştir.

3.3.8.4. Askorbat peroksidaz (APOX; EC 1.11.1.11) enzim aktivitesi tayini

APOX aktivitesi Nakano ve Asada (1981)'ya göre ölçülmüştür. Uygun oranda seyreltilen süpernatant ile beraber 50 mM Na-fosfat tamponu(pH 7,0), 50 mM EDTA.Na_2, 5 mM askorbat ve 12 mM H_2O_2 içeren 1 ml'lik reaksiyon karışımının 290 nm'deki absorbansında oluşan düşüş 180 sn boyunca takip edilmiştir. 1 ünite APOX aktivitesi dakikada okside olan mmol/ml Askorbat olarak ifade edilmiştir.

3.3.8.5. Peroksidaz (POX; EC 1.11.1.7) enzim aktivitesi tayini

Peroksidaz (POX) enzim aktivitesi, Herzog ve Fahimi (1973)'nin tanımladığı metoda göre yapılmıştır. Köre karşı 465 nm'de H_2O_2 varlığında okside olan DAB (3'-3'-diaminobenzidin tetrahidroklorit) miktarına bağlı olarak 3 dakika boyunca absorbans değişimleri okunmuştur. Spesifik enzim aktivitesi dakikada tüketilen µmol/ml H_2O_2 olarak ifade edilmiştir.

3.3.9. Reaktif oksijen türlerinin (ROT) tayini

3.3.9.1. Hidrojen peroksit (H_2O_2) birikiminin belirlenmesi

H_2O_2 miktarı Bernt ve Bergmeyer (1974)'e göre ölçülmüştür. Yaprak örnekleri (0,5 g), 1,5 mL potasyum fosfat tamponu (pH: 6,8) ile homojenize edildikten sonra, homojenatlar 4 ^{0}C'de, 18.000 g'de 20 dk santrifüjlenmiştir. Süpernatantlar *o*-

dianizidine ve peroksidaz enzimini içeren potasyum-fosfat tamponu (pH: 7,0) ile reaksiyona sokulduktan sonra, H_2O_2 standartları yardımıyla 436 nm'de absorbans ölçümü yapılarak örneklerdeki hidrojen peroksit miktarı tayin edilmiştir.

3.3.9.2. Süperoksit ($O_2^{\bullet-}$) birikiminin belirlenmesi

Süperoksit ($O_2^{\bullet-}$) radikalinin birikimi Xu ve ark. (2006)'na göre belirlenmiştir. 0,1 g yaprak örnekleri 1 mm'lik fragmentlere parçalanarak, 1 mM hidroksilamonyum klorür eklenmiş ve 25 ^{0}C'de 1 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonrası 17 mM 4-aminobenzensülfonik asit eklenerek vortekslenmiştir. 7 mM Ŭ-naftilamin eklendikten sonra 25 ^{0}C'de 20 dk inkübe edilmiştir. Bu karışımın spektrofotometrik olarak 530 nm'deki absorbans değeri okunmuştur. Süperoksit miktarının belirlenmesinde standart olarak sodium nitrit kullanılmıştır ve süperoksit miktarı µmol g YA^{-1} olarak hesaplanmıştır.

3.3.10. Verilerin istatistiksel analizi

Elde edilen tüm veriler tek yönlü varyans analizi (One-way analysis of variance; ANOVA) ile test edilmiştir ve ortalama değerler arasındaki farklılıklar LSD (Lowest Standard Deviations) testi ile karşılaştırılmıştır. Büyüme parametrelerinde örnek sayısı (n = 10), diğer parametrelerde ise (n = 6) olarak alınmıştır. $P < 0,05$ noktasındaki değerler önemli derecede farklı bulunmuştur. İstatistiksel analizler SPSS for Windows: Release 11.0-standard versiyonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Yaptığımız araştırmalar sonucunda elde etmiş olduğumuz bulgular aşağıda mevcut çizelgeler ve grafiklerde gösterilmiştir.

4.1. Büyüme Parametreleri Sonuçları

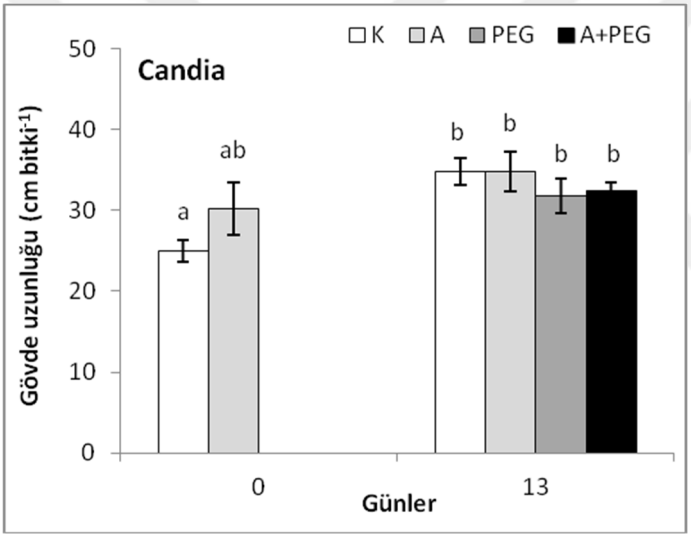
4.1.1. Gövde büyümesi

Pamuk çeşitlerinin gövde uzunluklarında, PEG-6000 teşvikli kuraklık stresi uygulamasının 0. ve 13. günlerinde meydana gelen değişimler Çizelge 4.1 de gösterilmiştir. 0. günde Candia pamuk çeşidine ait bitkilerin gövde uzunlukları aktivatör uygulamasıyla % 21 artmıştır. Kuraklık stresi uygulamasının 13. gününde kontrol grubuna ait bitkilerin gövde uzunluğu, 0. gündeki kontrol grubuna göre % 39 artmıştır. 13. günde aktivatör grubuna ait bitkiler gövde uzunluğu, 0. gündeki bitkilere göre % 15 artmıştır. Candia pamuk çeşidine ait bitkilerin gövde uzunluğu PEG-6000 teşvikli kuraklık stresi uygulamasının 13. günüde, gerek kuraklık gerekse aktivatör uygulamalarından önemli oranda etkilenmemiştir (şekil 4.1).

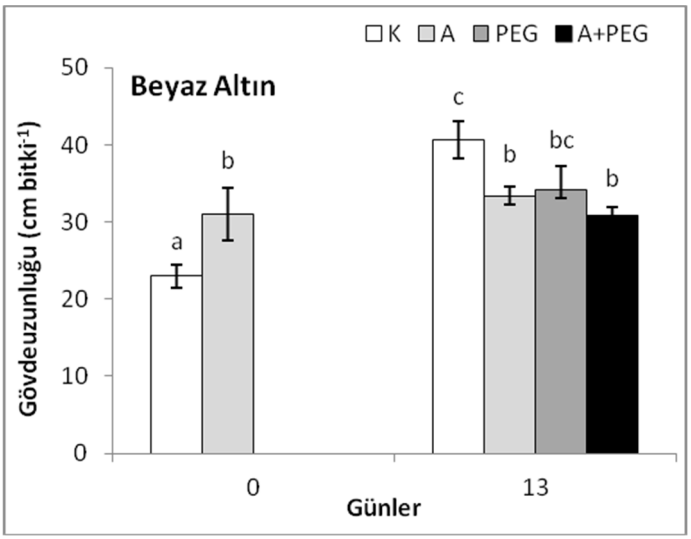
BA-119 pamuk çeşidine ait bitkilerin gövde uzunlukları aktivatör uygulamalarıyla 0. günde kontrol grubuna göre % 35 artış göstermiştir (Çizelge 4.1, şekil 4.2). 13. günde kontrol grubunda yer alan bitkilerin gövde uzunlukları 0. güne göre % 77 oranında artmıştır. Aktivatör uygulanan bitkilerin 13. gündeki gövde uzunlukları 0. güne göre önemli bir artış göstermemiştir. BA-119 pamuk çeşidine ait bitkilerin 13. gündeki kontrol grubu gövde uzunlukları aktivatör uygulamasıyla % 18, kuraklık stresi uygulamasıyla % 16, aktivatör+kuraklık stresi grubunda ise % 24 oranında azalmıştır. BA-119 pamuk çeşidinde, PEG-6000 teşvikli kuraklık stresi uygulamalarının 13. gününde, aktivatör+kuraklık grubundaki bitkilerin gövde uzunlukları, aktivatör uygulanmamış olan kuraklık stresi grubundaki bitkilere göre % 10 azalmıştır (şekil 4.2).

Çizelge 4.1. Kuraklık stresi uygulamasının 0. ve 13. günlerinde pamuk bitkilerinin gövde uzunluklarında (cm bitki^{-1}) gözlenen değişimler (Ortalama ± S.H.). Ortalama değerlerin yanlarında bulunan farklı harfler bütün uygulama grupları arasında istatistiksel bakımdan farklıdır ($P < 0,05$; n = 10)

Pamuk çeşitleri	Gruplar	Günler	
		0. Gün	13. Gün
		Gövde uzunluk (cm bitki^{-1})	Gövde uzunluk (cm bitki^{-1})
Candia	Kontrol	25 ± 1,3 a	35 ± 1,6 b
	Aktivatör	30 ± 3,3 ab	35 ± 2,4 b
	PEG-6000		32 ± 2,1 b
	Aktivatör+PEG-6000		32 ± 1,1 b
Beyaz Altın-119	Kontrol	23 ± 1,5 a	41 ± 2,4 c
	Aktivatör	31 ± 3,4 b	33 ± 1,1 b
	PEG-6000		34 ± 3,0 bc
	Aktivatör+PEG-6000		31 ± 1,1 b



Şekil 4.1. Candia pamuk çeşidinin uygulamalara bağlı olarak gövde uzunluk değerlerinde gözlenen değişimler (cm bitki^{-1}). K: Kontrol grubu; A: Aktivatör uygulanan grup; PEG: PEG-6000 uygulanan kuraklık stresi grubu; A+PEG: Aktivatör ve PEG-6000 uygulamalarına maruz bırakılan grup



Şekil 4.2. BA-119 pamuk çeşidinin uygulamalara bağlı olarak gövde uzunluk değerlerinde gözlenen değişimler (cm bitki^{-1}). K: Kontrol grubu; A: Aktivatör uygulanan grup; PEG: PEG-6000 uygulanan kuraklık stresi grubu; A+PEG: Aktivatör ve PEG-6000 uygulamalarına maruz bırakılan grup

4.1.2. Kök büyümesi

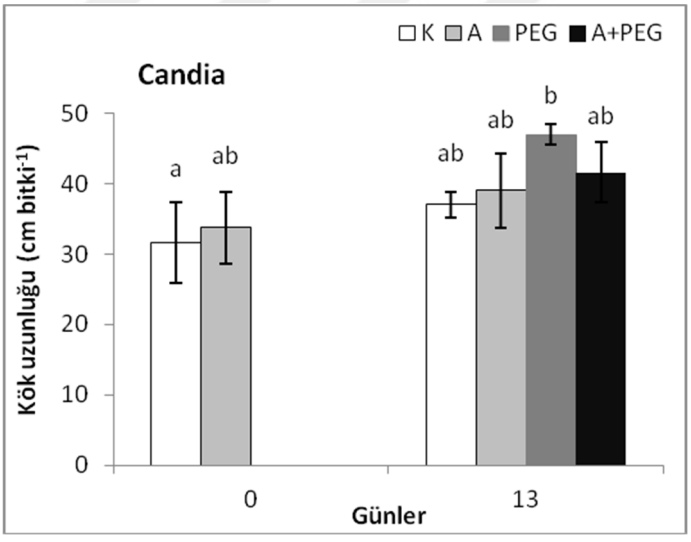
Pamuk çeşitlerinin kök uzunluklarında, PEG-6000 temvikli kuraklık stresi uygulamasının 0. ve 13. günlerinde meydana gelen değişimler Çizelge 4.2 de gösterilmiştir. Candia pamuk çeşidine ait bitkilerin kök uzunlukları kuraklık stresinin 0. gününde aktivatör uygulamalarından önemli oranda etkilenmemiştir (şekil 4.3). Candia bitkilerinin kök uzunlukları 13 gün boyunca PEG-6000 temvikli kuraklık stresi uygulamasıyla % 27 oranında artarken, aktivatör+kuraklık stresi uygulanan grupta bu artış % 12 düzeyinde kalmıştır. Aktivatör+kuraklık stresi uygulanan bitkilerin kök uzunlukları, sadece kuraklık stresi uygulanmış gruba göre % 11 oranında düşük bulunmuştur (şekil 4.3).

Aktivatör uygulamaları kuraklık stresi uygulamasının 0. gününde BA-119 bitkilerinin kök uzunluğunu kontrol grubundaki bitkilere göre % 88 arttırmıştır (şekil 4.4). Kontrol grubundaki bitkilerin 0. gündeki kök uzunluğu 13. gündeki kontrol grubuna göre % 100 artmıştır. PEG-6000 temvikli kuraklık stresi uygulamasının 13. gününde BA-119 bitkilerinin kök uzunlukları kontrol grubuna göre kuraklık stresi uygulamasıyla % 12, aktivatör+kuraklık stresi uygulamalarıyla % 23 oranında azalmıştır. Sadece kuraklık stresi uygulanmış bitkilerle kıyaslandığında

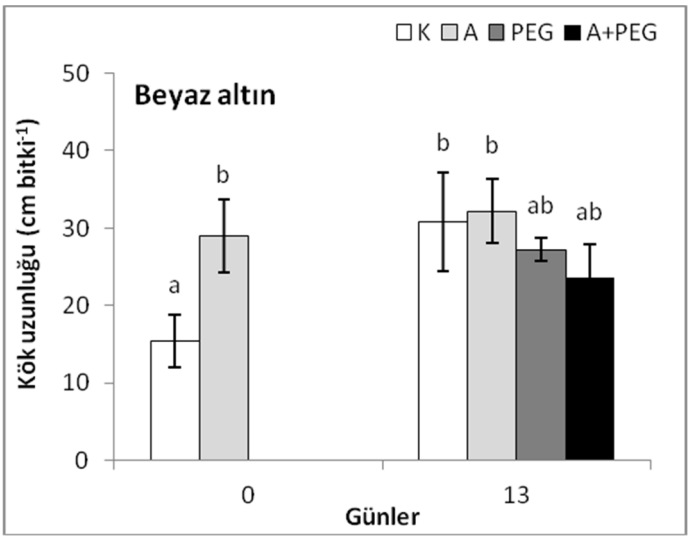
aktivatör+kuraklık stresi grubundaki bitkilerin 13. gündeki kök uzunluklarının % 23 oranında daha düşük olduğu görülmüştür (şekil 4.4).

Çizelge 4.2. Kuraklık stresi uygulamasının 0. ve 13. günlerinde pamuk bitkilerinin kök uzunluklarında (cm bitki^{-1}) gözlenen değişimler Ortalama değerlerin yanlarında bulunan farklı harfler bütün uygulama grupları arasında istatistiksel bakımdan farklıdır (P < 0,05; n = 10)

Pamuk çeşitleri	**Gruplar**	**Günler**	
		0. Gün	**13. Gün**
		Kök uzunluk (cm bitki^{-1})	**Kök uzunluk (cm bitki^{-1})**
Candia	**Kontrol**	32 ± 5,8 a	37 ± 1,9 ab
	Aktivatör	34 ± 5,1 ab	39 ± 5,3 ab
	PEG-6000		47 ± 5,6 b
	Aktivatör+PEG-6000		42 ± 2,4 ab
Beyaz Altın-119	**Kontrol**	15 ± 3,4 a	31 ± 6,3 b
	Aktivatör	29 ± 4,7 b	32 ± 4,2 b
	PEG-6000		27 ± 1,5 ab
	Aktivatör+PEG-6000		24 ± 4,3 ab



Şekil 4.3. Candia pamuk çeşidinin uygulamalara bağlı olarak kök uzunluk değerlerinde gözlenen değişimler (cm bitki^{-1}). K: Kontrol grubu; A: Aktivatör uygulanan grup; PEG: PEG-6000 uygulanan kuraklık stresi grubu; A+PEG: Aktivatör ve PEG-6000 uygulamalarına maruz bırakılan grup



Şekil 4.4. BA-119 pamuk çeşidinin uygulamalara başlı olarak kök uzunluk değerlerinde gözlenen değişimler (cm bitki^{-1}). K: Kontrol grubu; A: Aktivatör uygulanan grup; PEG: PEG-6000 uygulanan kuraklık stresi grubu; A+PEG: Aktivatör ve PEG-6000 uygulamalarına maruz bırakılan grup

4.1.3. Gövde yaş ve kuru ağırlığı

PEG-6000 teşvikli kuraklık stresi uygulamasının 0. ve 13. günlerinde Candia ve BA-119 pamuk çeşitlerinin gövde yaş (YA) ve kuru (KA) ağırlıklarında meydana gelen değişimler sırasıyla Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4 te gösterilmiştir. Aktivatör uygulamalarının kuraklık stresinin 0. gününde Candia bitkilerinin gövde yaş ağırlığını kontrol grubuna göre % 127 arttırırken, gövde kuru ağırlığını % 83 arttırmıştır (Şekil 4.5). Candia bitkilerinin kontrol grubunda gövde yaş ağırlığı 0. güne göre 13. günde % 141 artış gösterirken, gövde kuru ağırlığı % 183 artmıştır. Aktivatör grubundaki bitkilerin 13. gündeki gövde yaş ağırlığı 0. güne göre önemli bir değişim göstermezken, gövde kuru ağırlığı % 91 artmıştır. PEG-6000 teşvikli kuraklık stresi uygulamasının 13. günde Candia bitkilerinin gövde yaş ağırlığında % 60 azalmaya neden olurken gövde kuru ağırlığında istatistiksel olarak önemli olmayan bir azalmaya (% 6) neden olmuştur, Aktivatör+kuraklık stresi uygulamalarının 13. günde Candia bitkilerinin gövde yaş ve kuru ağırlıklarında sadece kuraklık stresi uygulanmış gruptan önemli bir farklılık göstermemiştir.

Aktivatör uygulamalarının PEG-6000 teşvikli kuraklık stresinin 0. gününde BA-119 bitkilerinin gövde yaş ağırlığını kontrol grubuna göre % 170 arttırırken, gövde

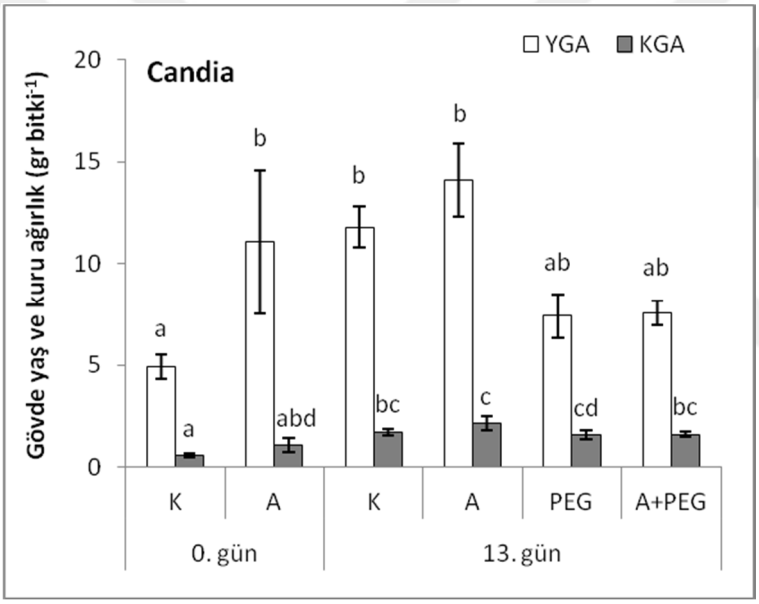
kuru ağırlığını % 150 arttırmaktır (şekil 4.6). Kuraklık stresi uygulamasının 13. gününde kontrol grubundaki bitkilerin gövde yaş ve kuru ağırlıklarının 0. güne göre sırasıyla % 298 ve % 400 oranlarında artmaktır. Aktivatör uygulanan BA-119 bitkilerinin 13. gündeki gövde kuru ağırlıklarını 0. güne göre % 91 artmaktır. PEG-6000 teşvikli kuraklık stresinin 13. gününde kontrol grubundaki BA-119 bitkilerinin gövde yaş ağırlığı, sadece aktivatör uygulanan grupta % 43, kuraklık stresi grubunda % 58, aktivatör+kuraklık stresi grubunda ise % 75 oranında azalmalar gösteriyorken; gövde kuru ağırlığı kuraklık stresi grubunda % 40 ve aktivatör+kuraklık stresi grubunda % 55 azalmaktır (şekil 4.6). BA-119 pamuk çeşidinde 13. günde aktivatör+kuraklık grubu, sadece PEG-6000 uygulanan kuraklık grubuna göre gövde yaş ağırlığını % 40 azaltırken, gövde kuru ağırlığını % 25 azaltmaktır.

Çizelge 4.3. 0. ve 13. günlerde pamuk bitkilerinin gövde yaş ağırlıklarında (g bitki^{-1}) gözlenen değişimler. Ortalama değerlerin yanlarında bulunan farklı harfler bütün uygulama grupları arasında istatistiksel bakımdan farklıdır ($P < 0,05$; n = 10)

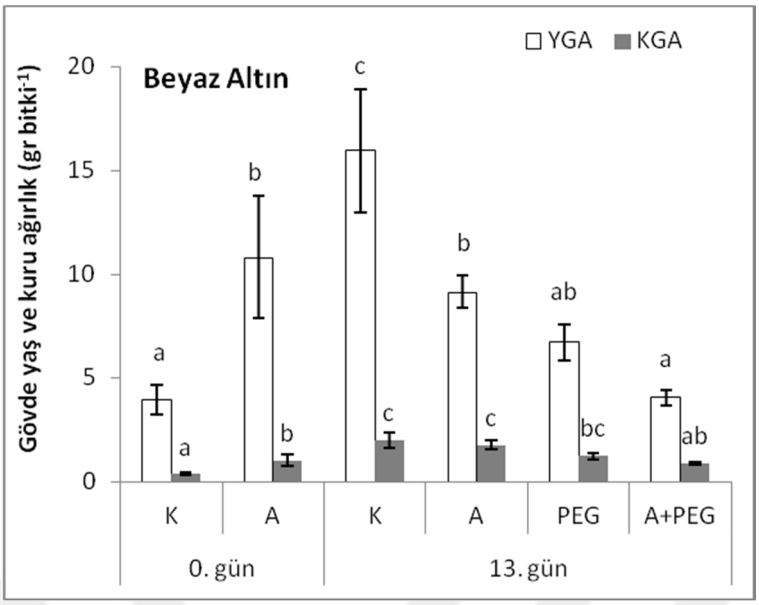
Pamuk çeşitleri	**Gruplar**	**Günler**	
		0. Gün	**13. Gün**
		Gövde YA (g bitki^{-1})	**Gövde YA (g bitki^{-1})**
Candia	**Kontrol**	4,9 ± 0,6 a	11,8 ± 1,0 b
	Aktivatör	11,1 ± 3,5 b	14,1 ± 1,8 b
	PEG-6000		7,4 ± 1,1 ab
	Aktivatör+PEG-6000		7,5 ± 0,6 ab
Beyaz Altın-119	**Kontrol**	4,0 ± 0,7 a	15,9 ± 3,0 c
	Aktivatör	10,8 ± 3,0 b	9,1 ± 0,8 b
	PEG-6000		6,7 ± 0,9 ab
	Aktivatör+PEG-6000		4,0 ± 0,3 a

Çizelge 4.4. 0. ve 13. günlerde pamuk bitkilerinin gövde kuru ağırlıklarında (g bitki^{-1}) gözlenen değişimler. Ortalama değerlerin yanlarında bulunan farklı harfler bütün uygulama grupları arasında istatistiksel bakımdan farklıdır ($P < 0,05$; n = 10)

Pamuk çeşitleri	Gruplar	Günler	
		0. Gün	13. Gün
		Gövde KA (g bitki^{-1})	Gövde KA (g bitki^{-1})
Candia	**Kontrol**	0,6 ± 0,1 a	1,7 ± 0,2 bc
	Aktivatör	1,1 ± 0,3 abd	2,1 ± 0,3 c
	PEG-6000		1,6 ± 0,2 cd
	Aktivatör+PEG-6000		1,6 ± 0,1 bc
Beyaz Altın-119	**Kontrol**	0,4 ± 0,1 a	2,0 ± 0,4 c
	Aktivatör	1,0± 0,3 b	1,8 ± 0,2 c
	PEG-6000		1,2 ± 0,2 bc
	Aktivatör+PEG-6000		0,9 ± 0,1 ab



Şekil 4.5. Candia pamuk çeşidinin uygulamalara bağlı olarak gövde yaş (YGA) ve kuru ağırlıklarında (KGA) gözlenen değişimler (g bitki^{-1}). K: Kontrol grubu; A: Aktivatör uygulanan grup; PEG: PEG-6000 uygulanan kuraklık stresi grubu; A+PEG: Aktivatör ve PEG-6000 uygulamalarına maruz bırakılan grup



Şekil 4.6. BA-119 pamuk çeşidinin uygulamalara bağlı olarak gövde yaş (YGA) ve kuru ağırlıklarında (KGA) gözlenen değişimler (g bitki^{-1}). K: Kontrol grubu; A: Aktivatör uygulanan grup; PEG: PEG-6000 uygulanan kuraklık stresi grubu; A+PEG: Aktivatör ve PEG-6000 uygulamalarına maruz bırakılan grup

4.1.4. Kök yaş ve kuru ağırlığı

PEG-6000 teşvikli kuraklık stresi uygulamasının 0. ve 13. günlerinde Candia ve BA-119 pamuk çeşitlerinin kök yaş (YA) ve kuru (KA) ağırlıklarında meydana gelen değişimler sırasıyla Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6 da gösterilmiştir. Aktivatör uygulamalarının kuraklık stresinin 0. gününde Candia bitkilerinin kök yaş ağırlığını kontrol grubuna göre % 67 arttırırken, kök kuru ağırlığını % 50 arttırmıştır fakat bu değişimler istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P > 0,05$). Candia bitkilerinin kök yaş ve kuru ağırlıklarında kuraklık stresinin 13. gününde uygulamalara bağlı olarak meydana gelen değişimlerin istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir. (Şekil 4.7).

0. günde BA-119 bitkilerine yapılan aktivatör uygulamalarının kök yaş ve kuru ağırlıklarında kontrol grubuna göre neden olduğu artışların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir (Şekil 4.8). 13. günde kuraklık stresinin BA-119 bitkilerinin kök yaş ağırlığını % 69, kök kuru ağırlığını ise % 133 oranında arttırdığı tespit edilmiştir. BA-119 pamuk çeşidinde, 13. günde aktivatör+kuraklık stresi uygulamalarının sadece kuraklık stresi uygulanan gruba göre kök yaş ağırlığını % 33

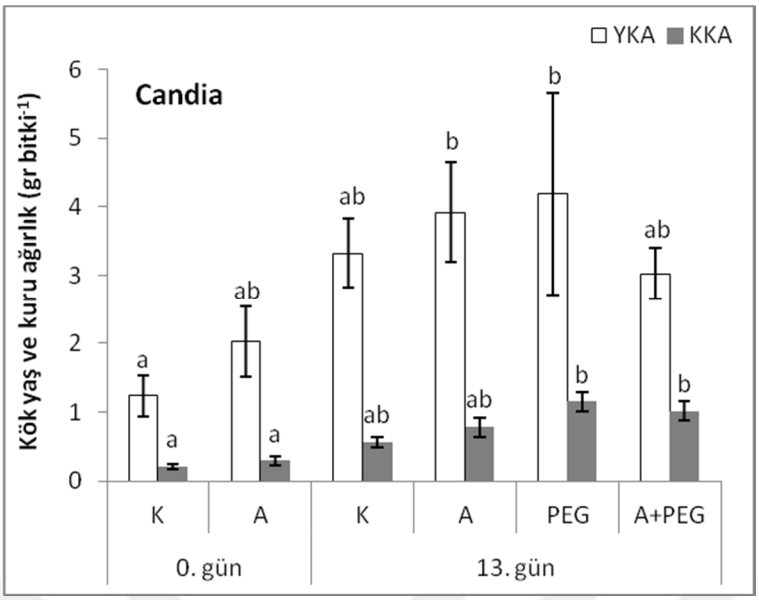
azalttığı, kök kuru ağırlığında ise istatistiksel olarak önemsiz bir (% 29) azalmaya neden olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.5. 0. ve 13. günlerde pamuk bitkilerinin kök yaş ağırlıklarında (g bitki^{-1}) gözlenen değişimler. Ortalama değerlerin yanlarında bulunan farklı harfler bütün uygulama grupları arasında istatistiksel bakımdan farklıdır ($P < 0,05$; n = 10)

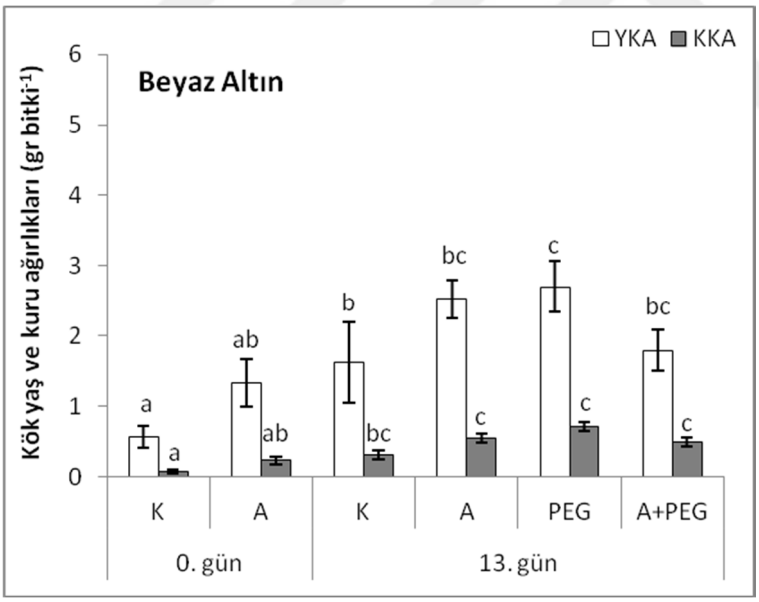
Pamuk çeşitleri	Gruplar	Günler	
		0. Gün	13. Gün
		Kök YA (g bitki^{-1})	Kök YA (g bitki^{-1})
Candia	Kontrol	1,2 ± 0,3 a	3,3 ± 0,5 ab
	Aktivatör	2,0 ± 0,5 ab	3,9 ± 0,7 b
	PEG-6000		4,2 ± 1,5 b
	Aktivatör+PEG-6000		3,0± 0,4 ab
Beyaz Altın-119	Kontrol	0,6 ± 0,2 a	1,6 ± 0,6 b
	Aktivatör	1,3 ± 0,3 ab	2,5 ± 0,3 bc
	PEG-6000		2,7± 0,4 c
	Aktivatör+PEG-6000		1,8± 0,3 bc

Çizelge 4.6. 0. ve 13. günlerde pamuk bitkilerinin kök kuru ağırlıklarında (g bitki^{-1}) gözlenen değişimler. Ortalama değerlerin yanlarında bulunan farklı harfler bütün uygulama grupları arasında istatistiksel bakımdan farklıdır ($P < 0,05$; n = 10)

Pamuk çeşitleri	Gruplar	Günler	
		0. Gün	13. Gün
		Kök KA (g bitki^{-1})	Kök KA (g bitki^{-1})
Candia	Kontrol	0,2 ± 0,0 a	0,6 ± 0,1 ab
	Aktivatör	0,3 ± 0,1 a	0,8 ± 0,1 ab
	PEG-6000		1,2 ± 0,1 b
	Aktivatör+PEG-6000		1,0 ± 0,1 b
Beyaz Altın-119	Kontrol	0,1 ± 0,0 a	0,3 ± 0,1 bc
	Aktivatör	0,2 ± 0,1 ab	0,5 ± 0,1 c
	PEG-6000		0,7 ± 0,1 c
	Aktivatör+PEG-6000		0,5 ± 0,1 c



Şekil 4.7. Candia pamuk çeşidinin uygulamara başlı olarak kök yaş (YKA) ve kuru ağırlıklarında (KKA) gözlenen değişimler (g bitki^{-1}). K: Kontrol grubu; A: Aktivatör uygulanan grup; PEG: PEG-6000 uygulanan kuraklık stresi grubu; A+PEG: Aktivatör ve PEG-6000 uygulamalarına maruz bırakılan grup



Şekil 4.8. BA-119 pamuk çeşidinin uygulamalara başlı olarak kök yaş (YKA) ve kuru ağırlıklarında (KKA) gözlenen değişimler (g bitki^{-1}). K: Kontrol grubu; A: Aktivatör uygulanan grup; PEG: PEG-6000 uygulanan kuraklık stresi grubu; A+PEG: Aktivatör ve PEG-6000 uygulamalarına maruz bırakılan grup

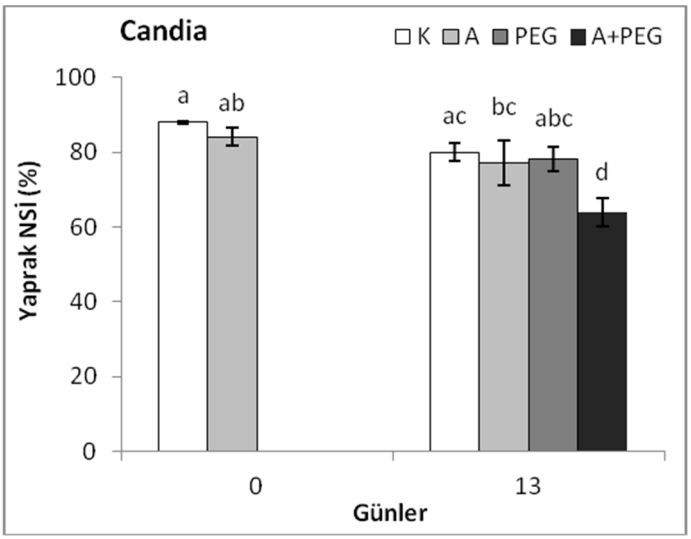
4.2. Yaprak Nispi Su İçeriği (NSİ)

PEG-6000 tekvikli kuraklık stresi uygulamasının 0. ve 13. günlerinde Candia ve BA-119 pamuk çeşitlerinin yaprak nispi su içeriklerinde (NSİ) meydana gelen değişimler Çizelge 4.7 de verilmiştir. Aktivatör uygulamalarıkuraklık stresinin 0. ve 13. günlerinde Candia bitkilerinin yaprak nispi su içeriğinde kontrol grubuna göre istatistiksel olarak önemsiz değişimler meydana getirmiştir (Şekil 4.9). Candia bitkilerinin 13. günde yaprak nispi su içeriklerinde PEG-6000 tekvikli kuraklık stresine bağlıolarak önemli bir değişim gözlenmez iken, aktivatör+kuraklık stresi uygulamalarının olduğu gruptaki bitkilerin yaprak nispi su içeriklerinde kontrol grubuna göre % 20 azalma görülmüştür. 13. gündeki aktivatör+kuraklık grubundaki bitkilerin kuraklık grubuna göre yaprak nispi su içeriklerinin % 18 daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

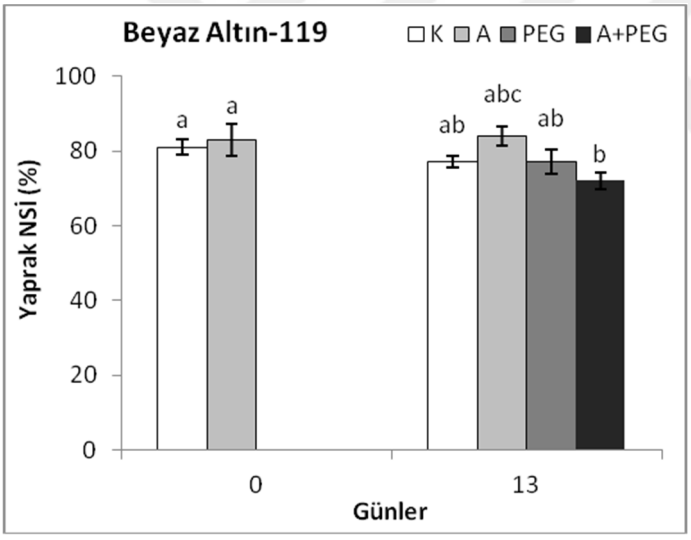
Çizelge 4.7. 0. ve 13. günlerde pamuk bitkilerinin yaprak nispi su içeriğinde (NSİ) gözlenen değişimler (%). Ortalama değerlerin yanlarında bulunan farklıharfler bütün uygulama gruplarıarasında istatistiksel bakımdan farklıdır ($P < 0,05$; n = 6)

Pamuk çeşitleri	Gruplar	Günler	
		0. Gün	13. Gün
		Yaprak NSİ(%)	Yaprak NSİ(%)
Candia	Kontrol	88 ± 0,4 a	80 ± 2,5 ac
	Aktivatör	84 ± 2,4 ab	77 ± 6,0 bc
	PEG-6000		78 ± 3,3 abc
	Aktivatör+PEG-6000		64 ± 3,7 d
Beyaz Altın-119	Kontrol	81 ± 2,0 a	77 ± 1,6 ab
	Aktivatör	83 ± 4,3 a	84 ± 2,5 abc
	PEG-6000		77 ± 3,3 ab
	Aktivatör+PEG-6000		72 ± 2,3 b

BA-119 bitkilerinin 13. günde yaprak nispi su içeriklerinde PEG-6000 tekvikli kuraklık stresine bağlıolarak önemli bir değişim gözlenmez iken, aktivatör+kuraklık stresi uygulamalarının olduğu gruptaki bitkilerin yaprak nispi su içeriklerinde kontrol grubuna göre % 6 azalma görülmüştür (Şekil 4.10). 13. günde aktivatör+kuraklık grubundaki bitkilerin yaprak bağıl su içerikleri, kuraklık grubuna göre % 6 düşüktür.



Şekil 4.9. Candia pamuk çeşidinin yaprak nispi su içeriğinde (NSİ) gözlenen değişimler (%). K: Kontrol grubu; A: Aktivatör uygulanan grup; PEG: PEG-6000 uygulanan kuraklık stresi grubu; A+PEG: Aktivatör ve PEG-6000 uygulamalarına maruz bırakılan grup



Şekil 4.10. BA-119 pamuk çeşidinin yaprak nispi su içeriğinde (NSİ) gözlenen değişimler (%). K: Kontrol grubu; A: Aktivatör uygulanan grup; PEG: PEG-6000 uygulanan kuraklık stresi grubu; A+PEG: Aktivatör ve PEG-6000 uygulamalarına maruz bırakılan grup

4.3. Yaprak Ozmotik Potansiyeli (Ψs)

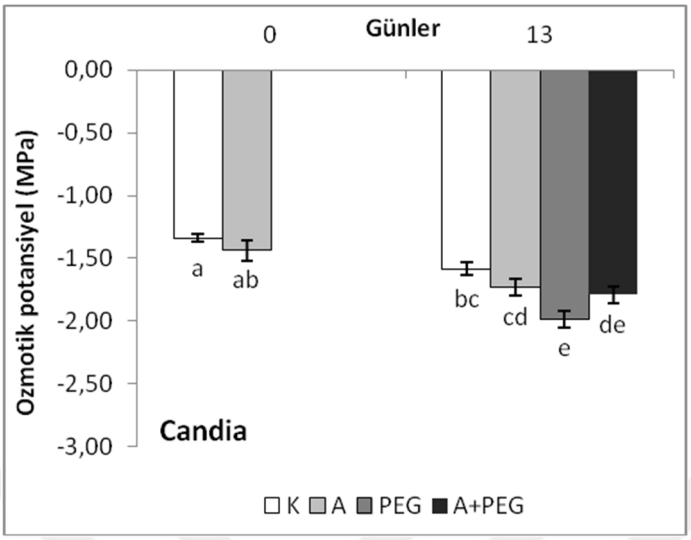
PEG-6000 tekvikli kuraklık stresi uygulamasının 0. ve 13. günlerinde Candia ve BA-119 pamuk çeşitlerinin yaprak ozmotik potansiyelinde (Ψs) meydana gelen değişimler Çizelge 4.8 de verilmiştir. Aktivatör uygulamalarıkuraklık stresinin 0. ve

13. günlerinde Candia bitkilerinin yapraklarındaki ozmotik potansiyel değerlerinde kontrol bitkilerine göre önemli bir değişime neden olmamıştır (şekil 4.11). 13. gündeki kontrol grubunda yer alan bitkilerin 0. gündeki kontrol grubuna göre ozmotik potansiyelinin % 18 düştüğü; 13. gündeki aktivatör grubu bitkilerinin ise 0. gündeki aktivatör grubuna göre ozmotik potansiyelinin % 20 azaldığı görülmüştür. PEG-6000 tekvikli kuraklık stresi uygulamasının 13. gününde, kontrol grubu bitkilerine göre yaprak ozmotik potansiyelinin kuraklık stresi uygulamasına bağlı olarak % 25 oranında azaldığı ve aktivatör+kuraklık grubu bitkilerinde bu azalmanın % 13 oranında kaldığı görülmüştür. Buna göre aktivatör uygulamalarının, kuraklık stresinin yaprak ozmotik potansiyelinde neden olduğu düşüşü % 10 oranında engellediği görülmüştür.

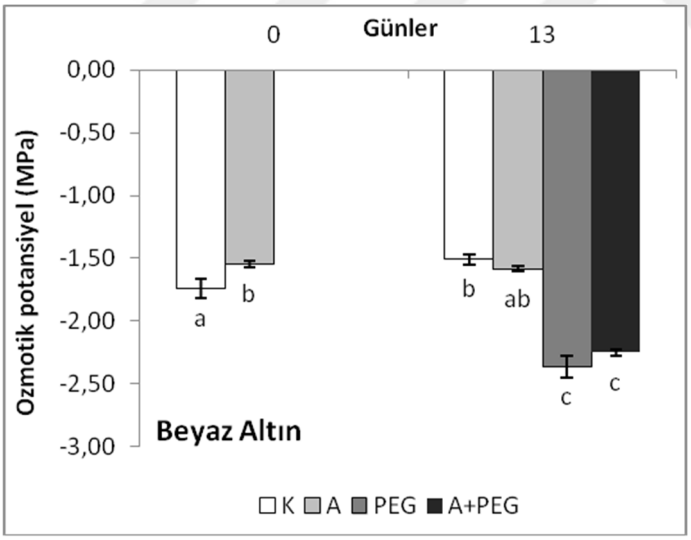
Çizelge 4.8. 0. ve 13. günlerde pamuk bitkilerinin yaprak ozmotik potansiyelinde (MPa) gözlenen değişimler. Ortalama değerlerin yanlarında bulunan farklı harfler bütün uygulama gruplarıarasında istatistiksel bakımdan farklıdır ($P < 0,05$; n = 6)

Pamuk çeşitleri	Gruplar	Günler	
		0. Gün	13. Gün
		Ψs (MPa)	Ψs (MPa)
Candia	Kontrol	-1,34 ± 0,03 a	-1,58 ± 0,05 bc
	Aktivatör	-1,44 ± 0,08 ab	-1,73 ± 0,07 cd
	PEG-6000		-1,98 ± 0,07 e
	Aktivatör+PEG-6000		-1,79 ± 0,07 de
Beyaz Altın-119	Kontrol	-1,74 ± 0,07 a	-1,51 ± 0,04 b
	Aktivatör	-1,54 ± 0,02 b	-1,58 ± 0,02 ab
	PEG-6000		-2,36 ± 0,09 c
	Aktivatör+PEG-6000		-2,25 ± 0,02 c

BA-119 pamuk çeşidinde aktivatör uygulamalarının 0. günde yaprak ozmotik potansiyel içeriğini, kontrol grubuna göre % 11 arttırdığı fakat 13. günde önemli bir değişime neden olmadığı görülmüştür (şekil 4.12). 13. gündeki kontrol grubu bitkilerinin yaprak ozmotik potansiyeli, 0.gündeki kontrol grubuna göre % 13 artmıştır. PEG-6000 tekvikli kuraklık stresi uygulamasının 13. gününde BA-119 bitkilerinin yaprak ozmotik potansiyelinin kuraklık stresine bağlı olarak % 56 oranında düştüğü, aktivatör+kuraklık stresi grubunda bu azalmanın % 49 oranında olduğu belirlenmiştir. Aktivatör uygulamalarının kuraklık stresinin neden olduğu ozmotik potansiyelde oluşan düşüşü engelleyemediği görülmüştür (şekil 4.12).



Şekil 4.11. Candia pamuk çeşidinin yaprak ozmotik potansiyelinde (MPa) gözlenen değişimler. K: Kontrol grubu; A: Aktivatör uygulanan grup; PEG: PEG-6000 uygulanan kuraklık stresi grubu; A+PEG: Aktivatör ve PEG-6000 uygulamalarına maruz bırakılan grup



Şekil 4.12. BA-119 pamuk çeşidinin yaprak ozmotik potansiyelinde (MPa) gözlenen değişimler. K: Kontrol grubu; A: Aktivatör uygulanan grup; PEG: PEG-6000 uygulanan kuraklık stresi grubu; A+PEG: Aktivatör ve PEG-6000 uygulamalarına maruz bırakılan grup

4.4. Fotosentetik Pigment Konsantrasyonları

Yapraklarda ölçülen klorofil-a (Kl-a), klorofil-b (Kl-b) ve karotenoid (Kar) konsantrasyonlarına ait veriler sırasıyla Çizelge 4.9, 4.10 ve 4.11 de gösterilmiştir.

PEG-6000 tekvikli kuraklık stresi uygulamasının gerek 0. gerekse 13. günlerinde Candia pamuk çeşidine ait bitkilerin Kl-a, Kl-b ve Kar içeriklerinde aktivatör uygulamalarına bağlı önemli bir değişim gözlenmemiştir (şekil 4.13). Candia pamuk çeşidinde, 13. gündeki kontrol grubu bitkilerin klorofil-a içerikleri 0. gündeki kontrol grubuna göre % 21 azalmıştır. 13. günde aktivatör grubundaki bitkiler 0. gündeki aktivatör grubuna göre klorofil-a içeriği % 36 azaltmıştır. 13. gündeki kontrol bitkilerinin klorofil-b içeriği, 0. gündeki kontrol grubuna göre % 23 azalmıştır. 13. günde aktivatör grubundaki bitkiler, 0. gündeki aktivatör grubuna göre klorofil-b içeriği % 34 azaltmıştır. 13. gündeki kontrol bitkileri, 0. gündeki kontrol grubuna göre karotenoid içeriği % 22 azaltmıştır. 13. gündeki aktivatör grubundaki bitkiler 0. gündeki aktivatör grubuna göre klorofil-b içeriği % 36 azaltmıştır. PEG-6000 tekvikli kuraklık stresinin 13. gününde aktivatör uygulanmış ve uygulanmamış gruplarda fotosentetik pigment içerikleri önemli bir değişim göstermemiştir (şekil 4.13).

Çizelge 4.9. 0. ve 13. günlerde pamuk bitkilerinin yapraklarında klorofil-a (mg g^{-1} YA) miktarında gözlenen değişimler. Ortalama değerlerin yanlarında bulunan farklı harfler bütün uygulama grupları arasında istatistiksel bakımdan farklıdır ($P < 0,05$; n = 6)

Pamuk çeşitleri	Gruplar	Günler	
		0. Gün	13. Gün
		Kl-a (mg g^{-1} YA)	Kl-a (mg g^{-1} YA)
Candia	Kontrol	8,49 ± 0,90 a	6,70 ± 0,39 b
	Aktivatör	8,84 ± 0,72 a	5,70 ± 0,23 b
	PEG-6000		5,59 ± 0,17 b
	Aktivatör+PEG-6000		6,12 ± 0,24 b
Beyaz Altın-119	Kontrol	7,34 ± 0,35 a	6,27 ± 0,21 ac
	Aktivatör	6,70 ± 0,13 a	5,10 ± 0,71 c
	PEG-6000		7,62 ± 0,11 ab
	Aktivatör+PEG-6000		6,51 ± 0,64 b

PEG-6000 tekvikli kuraklık stresi uygulamasının gerek 0. gerekse 13. günlerinde BA-119 pamuk çeşidine ait bitkilerin Kl-a, Kl-b ve Kar içeriklerinde aktivatör uygulamalarına bağlı önemli bir değişim gözlenmemiştir (şekil 4.14). Kuraklık stresinin 13. gününde aktivatör grubundaki bitkilerin klorofil-a içeriği, 0. gündeki aktivatör grubuna göre % 24 düşmüştür. BA-119 pamuk çeşidinde, 13. günde aktivatör grubu, kontrol grubuna göre Kl-a içeriğinde % 19 azalma

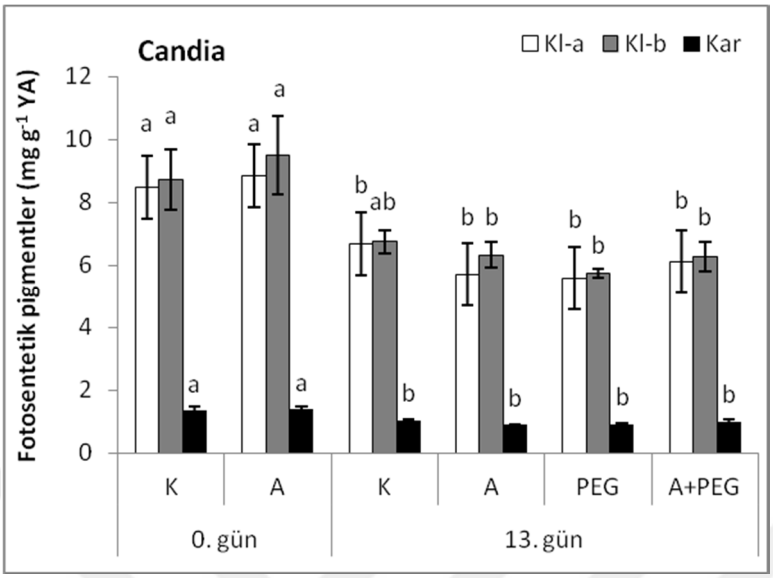
gösterirken, kuraklık stresi grubu % 22 artış sergilemiştir. Kontrol grubundaki BA-119 bitkilerinin 13. günde Kl-b içeriği 0. gündeki kontrol grubuna göre % 22 azalmıştır. 13. günde aktivatör grubu bitkilerin Kl-b içeriği 0. gündeki aktivatör grubuna göre % 35 azalmıştır. Kuraklık stresinin 13. gününde BA-119 kontrol grubundaki bitkilerin Kar içeriği 0. gündeki kontrol grubuna göre % 20 azalmıştır. 13. günde aktivatör grubundaki bitkiler 0. gündeki aktivatör grubuna göre Kar içeriğini % 32 azaltmıştır. 13. günde BA-119 bitkilerinin kontrol grubunun Kl-b içeriği kuraklık stresiyle % 33 oranında, aktivatör+kuraklık uygulamalarıyla da % 25 oranında artmıştır. 13. günde BA-119 bitkilerinin Kar içerikleri kuraklık grubunda % 38, aktivatör+kuraklık grubunda % 20 artmıştır (şekil 4.14).

Çizelge 4.10. 0. ve 13. günlerde pamuk bitkilerinin yapraklarında klorofil-b (mg g^{-1} YA) miktarında gözlenen değişimler. Ortalama değerlerin yanlarında bulunan farklı harfler bütün uygulama gruplarıarasında istatistiksel bakımdan farklıdır ($P < 0,05$; n = 6)

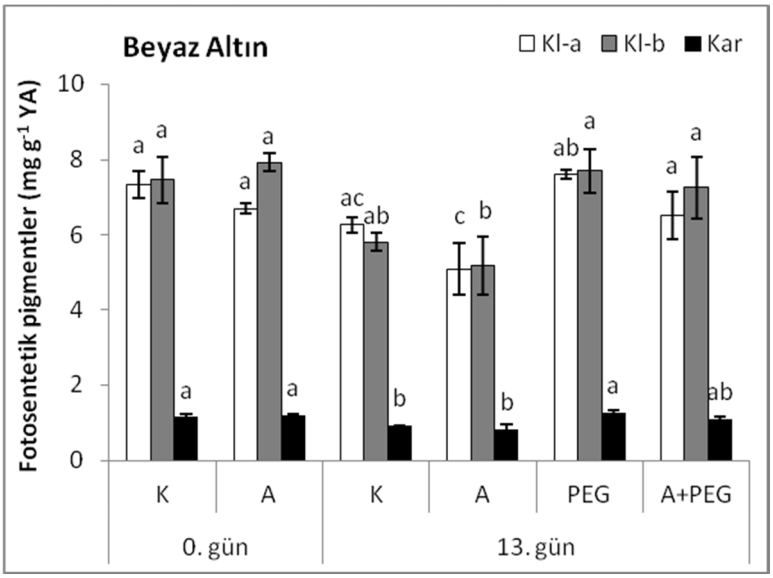
Pamuk çeşitleri	Gruplar	Günler	
		0. Gün	13. Gün
		Kl-b (mg g^{-1} YA)	Kl-b (mg g^{-1} YA)
Candia	Kontrol	8,74 ± 0,96 a	6,75 ± 0,36 ab
	Aktivatör	9,50 ± 1,25 a	6,32 ± 0,41 b
	PEG-6000		5,75 ± 0,13 b
	Aktivatör+PEG-6000		6,26 ± 0,47 b
Beyaz Altın-119	Kontrol	7,46 ± 0,62 a	5,81 ± 0,24 ab
	Aktivatör	7,92 ± 0,23 a	5,18 ± 0,77 b
	PEG-6000		7,70 ± 0,59 a
	Aktivatör+PEG-6000		7,26 ± 0,82 b

Çizelge 4.11. 0. ve 13. günlerde pamuk bitkilerinin yapraklarında karotenoid (Kar) miktarında gözlenen değişimler (mg g^{-1} YA). Ortalama değerlerin yanlarında bulunan farklı harfler bütün uygulama gruplarıarasında istatistiksel bakımdan farklıdır ($P < 0,05$; n = 6)

Pamuk çeşitleri	Gruplar	Günler	
		0. Gün	13. Gün
		Kar (mg g^{-1} YA)	Kar (mg g^{-1} YA)
Candia	Kontrol	1,34 ± 0,14 a	1,04 ± 0,04 b
	Aktivatör	1,38 ± 0,08 a	0,89± 0,03 b
	PEG-6000		0,92 ± 0,01 b
	Aktivatör+PEG-6000		1,01 ± 0,07 b
Beyaz Altın-119	Kontrol	1,15 ± 0,08 a	0,91 ± 0,02 b
	Aktivatör	1,20 ± 0,02 a	0,82 ± 0,14 b
	PEG-6000		1,26± 0,08 a
	Aktivatör+PEG-6000		1,10 ± 0,05 ab



Şekil 4.13. Candia pamuk çeşidinin yapraklarındaki klorofil-a (Kl-a), klorofil-b (Kl-b) ve karotenoidlerde (Kar) gözlenen değişimler (mg g-1 YA). K: Kontrol grubu; A: Aktivatör uygulanan grup; PEG: PEG-6000 uygulanan kuraklık stresi grubu; A+PEG: Aktivatör ve PEG-6000 uygulamalarına maruz bırakılan grup. Sütunların üzerinde bulunan farklı harfler bütün uygulama gruplarının arasında istatistiksel bakımdan farklıdır ($P < 0,05$; n = 6)



Şekil 4.14. BA-119 pamuk çeşidinin yapraklarındaki klorofil-a (Kl-a), klorofil-b (Kl-b) ve karotenoidlerde (Kar) gözlenen değişimler (mg g^{-1} YA). K: Kontrol grubu; A: Aktivatör uygulanan grup; PEG: PEG-6000 uygulanan kuraklık stresi grubu; A+PEG: Aktivatör ve PEG-6000 uygulamalarına maruz bırakılan grup

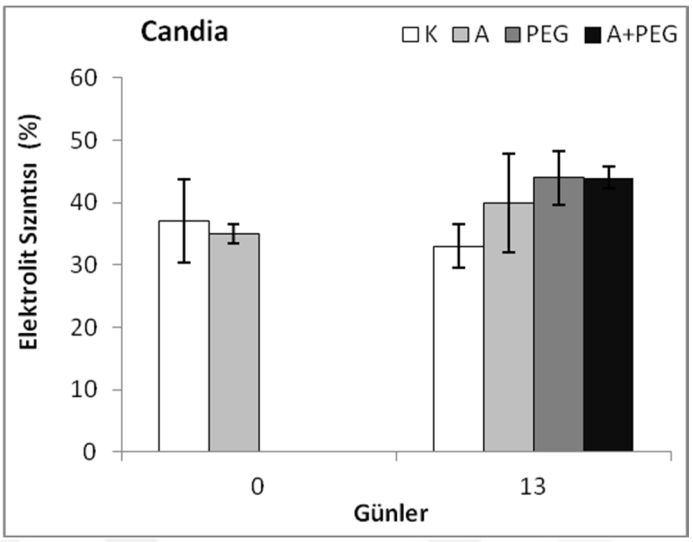
4.5. Hücre Zarı Geçirgenliği (Elektrolit Sızıntısı)

Çalışmada kullanılan Candia ve BA-119 pamuk çeşitlerinin hücre zarı geçirgenliği elektrolit sızıntısının ölçümüyle belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.12 de verilmiştir.

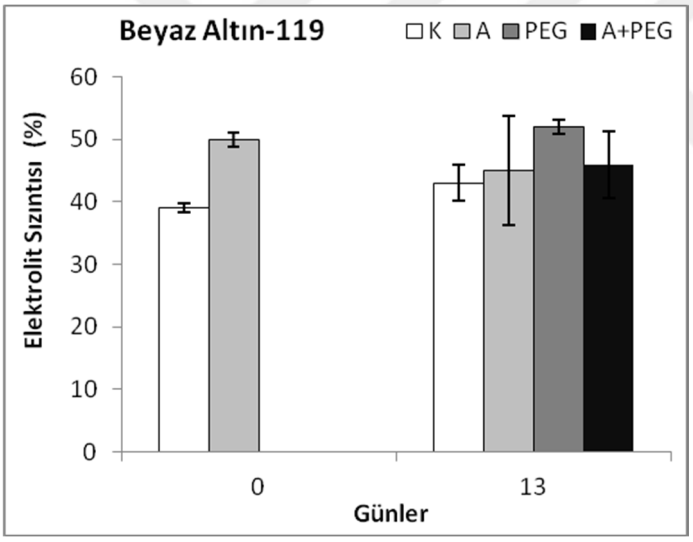
Çizelge 4.12. Candia ve BA-119 pamuk çeşitlerinin elektrolit sızıntısı (ES) sonuçları (%). Ortalama ± S.H.; n = 6

Pamuk çeşitleri	Gruplar	Günler	
		0. Gün	13. Gün
		ES (%)	ES (%)
Candia	Kontrol	37 ± 6,7	33 ± 3,5
	Aktivatör	35 ± 1,6	40 ± 7,9
	PEG-6000		44 ± 4,3
	Aktivatör+PEG-6000		44 ± 1,8
Beyaz Altın-119	Kontrol	39 ± 0,7	43 ± 2,9
	Aktivatör	50 ± 1,1	45 ± 8,7
	PEG-6000		52 ± 1,1
	Aktivatör+PEG-6000		46 ± 5,4

PEG-6000 tekvikli kuraklık stresi uygulamalarının 0. ve 13. günlerinde, Candia (şekil 4.15) ve BA-119 (şekil 4.16) pamuk çeşitlerinin yapraklarında ölçülen elektrolit sızıntısı sonuçlarının gerek aktivatör gerekse kuraklık stresi uygulamalarına bağlı olarak istatistiksel bakımdan önemli bir değişim göstermediği ($P > 0,05$) saptanmıştır. Bu nedenle ilgili çizelge ve grafiklerde istatistiksel farklılıkları belirten küçük harfler kullanılmamıştır.



Şekil 4.15. Candia çeşitlerinin yapraklarındaki elektrolit sızıntısı sonuçları (%). K: Kontrol grubu; A: Aktivatör uygulanan grup; PEG: PEG-6000 uygulanan kuraklık stresi grubu; A+PEG: Aktivatör ve PEG-6000 uygulamalarına maruz bırakılan grup



Şekil 4.16. BA-119 pamuk çeşitlerinin yapraklarındaki elektrolit sızıntısı sonuçları (%). K: Kontrol grubu; A: Aktivatör uygulanan grup; PEG: PEG-6000 uygulanan kuraklık stresi grubu; A+PEG: Aktivatör ve PEG-6000 uygulamalarına maruz bırakılan grup

4.6. Prolin Birikimi

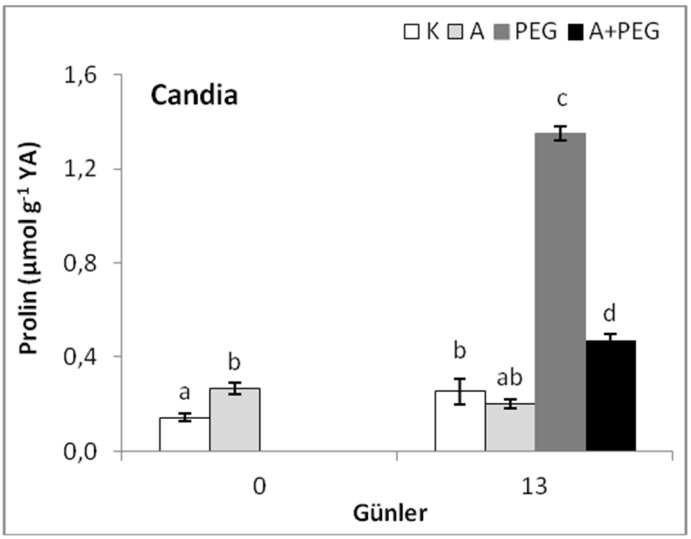
Çalışmada kullanılan Candia ve BA-119 pamuk çeşitlerinin yapraklarında biriken prolin miktarına ait sonuçlar Çizelge 4.13 de verilmiştir. Candia pamuk çeşidinde, aktivatör uygulamaları, 0. günde prolin miktarını kontrol grubuna göre % 88 arttırmıştır. 13. gündeki kontrol grubu bitkileri, 0. gündeki kontrol grubuna göre

prolin miktarını % 79 arttırmaktır. PEG-6000 tesvikli kuraklık stresi uygulamasının 13. gününde Candia bitkilerinin yapraklarında kuraklık stresine bağlı olarak % 433 oranında artış gözlenmesine rağmen, aktivatör+kuraklık stresi grubunda bu artış % 86 oranında olmuştur. Dolayısıyla, kuraklık stresinin prolin birikiminde neden olduğu dramatik artışın aktivatör uygulamaları sayesinde % 65 oranında azaltıldığı görülmüştür (şekil 4.17).

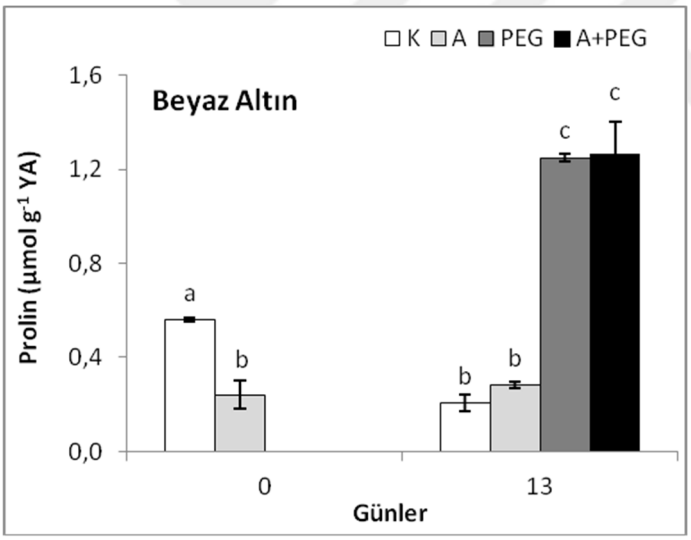
BA-119 çeşidinde, aktivatör uygulamaları; 0. günde prolin miktarını kontrol grubuna göre % 57 azaltmıştır. 13. gündeki kontrol grubu bitkileri 0. gündeki kontrol grubuna göre prolin miktarını % 63 azaltmıştır. BA-119 bitkilerinin yapraklarında kuraklık stresine bağlı olarak 13. günde % 504 oranında artış meydana gelirken, aktivatör uygulanan gruplarda kuraklık stresinin neden olduğu artış % 512 olmuştur. Candia'nın aksine, BA-119 bitkilerinde aktivatör uygulamalarının prolin birikiminde kuraklık stresinin meydana getirdiği dramatik artışı engelleyemediği görülmüştür (şekil 4.18)

Çizelge 4.13. Candia ve BA-119 pamuk çeşitlerinin prolin değerleri (µmol g^{-1} YA). Ortalama değerlerin yanlarında bulunan farklı harfler bütün uygulama grupları arasında istatistiksel bakımdan farklıdır ($P < 0,05$; n = 6)

Pamuk çeşitleri	Gruplar	Günler	
		0. Gün	13. Gün
		Prolin (µmol g^{-1} YA)	Prolin (µmol g^{-1} YA)
Candia	Kontrol	0,14 ± 0,02 a	0,25 ± 0,05 b
	Aktivatör	0,27 ± 0,02 b	0,20 ± 0,02 ab
	PEG-6000		1,35 ± 0,03 c
	Aktivatör+PEG-6000		0,47 ± 0,03 d
Beyaz Altın-119	Kontrol	0,56 ± 0,01 a	0,21 ± 0,03 b
	Aktivatör	0,24 ± 0,06 b	0,28 ± 0,01 b
	PEG-6000		1,25 ± 0,01 c
	Aktivatör+PEG-6000		1,27 ± 0,14 c



Şekil 4.17. Candia pamuk çeşidinin yapraklarındaki prolin (µmol g^{-1} YA) birikimi. K: Kontrol grubu; A: Aktivatör uygulanan grup; PEG: PEG-6000 uygulanan kuraklık stresi grubu; A+PEG: Aktivatör ve PEG-6000 uygulamalarına maruz bırakılan grup



Şekil 4.18. BA-119 pamuk çeşidinin yapraklarındaki prolin birikimi (µmol g^{-1} YA). K: Kontrol grubu; A: Aktivatör uygulanan grup; PEG: PEG-6000 uygulanan kuraklık stresi grubu; A+PEG: Aktivatör ve PEG-6000 uygulamalarına maruz bırakılan grup

4.7. Lipit Peroksidasyonu

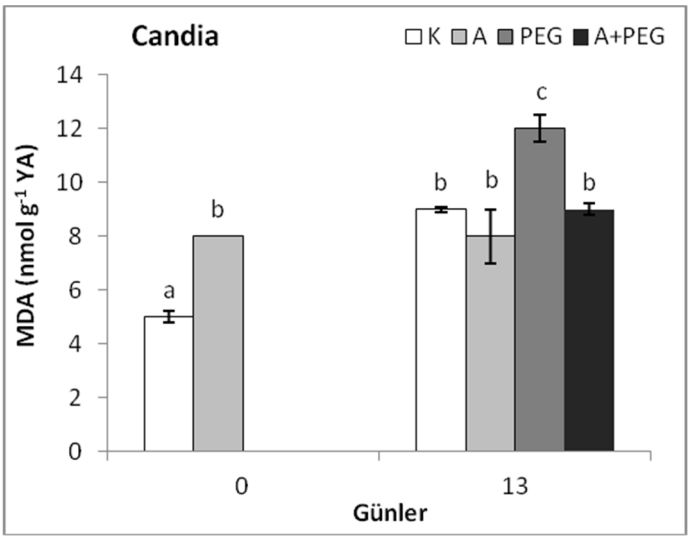
Çalışmada kullanılan Candia ve BA-119 pamuk çeşitlerinin yapraklarındaki lipid peroksidasyonu düzeyleri, malondialdehit (MDA) miktarında meydana gelen değişimlere göre belirlenmiş ve elde edilen değerler Çizelge 4.14 de verilmiştir. Candia pamuk çeşidinde, aktivatör uygulamaları, PEG-6000 tekvikli kuraklık stresi

uygulamasının 0. gününde MDA içeriği kontrol grubuna göre % 60 arttırmıştır. Kontrol grubundaki bitkilerin 13. gündeki MDA içerikleri 0.gündeki kontrol grubu bitkilerine göre % 80 daha yüksek bulunmuştur. Kuraklık stresinin 13. gününde sadece kuraklık stresine maruz bırakılan bitkilerin yaprak MDA içeriklerinde kontrol grubu bitkilerine göre % 33 oranında istatistiksel bakımdan önemli bir artış kaydedilmiştir ($P < 0,05$). Aktivatör uygulamalarının, Candia pamuk çeşidinde 13. günde kuraklık stresi nedeniyle meydana gelen artışı % 25 azalttığı görülmüştür (şekil 4.19).

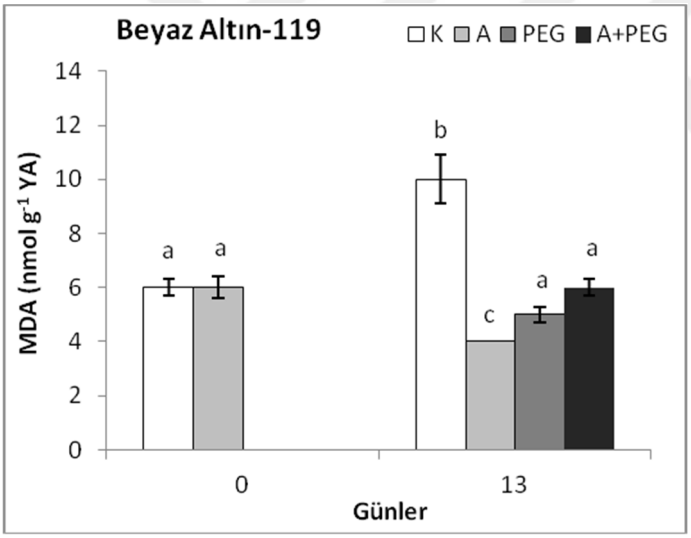
BA-119 pamuk çeşidinde, aktivatör uygulamalarının, PEG-6000 tekvikli kuraklık stresi uygulamasının 0. gününde MDA içeriğinde, kontrol grubuna göre belirgin bir farklılık meydana getirmediği gözlenmiştir. Kuraklık stresinin 13. gününde kontrol grubundaki bitkilerin MDA içeriğinin 0. gündeki kontrol grubuna göre % 67 arttığı görülmüştür. 13. günde sadece aktivatör uygulamalarının yapıldığı bitkilerin MDA içeriği 0. gündeki aktivatör grubuna göre % 33 azalmıştır. BA-119 bitkilerinin kontrol grubunun yapraklarındaki MDA içeriği 13. günde aktivatör grubundaki bitkilerde, % 60, sadece PEG-6000 uygulanan kuraklık grubu bitkilerinde % 50 ve aktivatör+kuraklık grubu bitkilerde ise % 40 oranında daha düşük olduğu bulunmuştur (şekil 4.20).

Çizelge 4.14. Candia ve BA-119 pamuk çeşitlerinin yapraklarındaki MDA miktarları (nmol g^{-1} YA). Ortalama değerlerin yanlarında bulunan farklı harfler bütün uygulama grupları arasında istatistiksel bakımdan farklıdır ($P < 0,05$; n = 6)

Pamuk çeşitleri	**Gruplar**	**Günler**	
		0. Gün	**13. Gün**
		MDA (nmol g^{-1} YA)	**MDA (nmol g^{-1} YA)**
Candia	**Kontrol**	5 ± 0,2 a	9 ± 0,1 b
	Aktivatör	8 ± 0 b	8 ± 1 b
	PEG-6000		12 ± 0,5 c
	Aktivatör+PEG-6000		9 ± 0,2 b
Beyaz Altın-119	**Kontrol**	6 ± 0,3 a	10 ± 0,9 b
	Aktivatör	6 ± 0,4 a	4 ± 0 c
	PEG-6000		5 ± 0,3 a
	Aktivatör+PEG-6000		6 ± 0,3 a



Şekil 4.19. Candia yapraklarındaki malondialdehit (MDA) içerikleri (nmol g^{-1} YA). K: Kontrol grubu; A: Aktivatör uygulanan grup; PEG: PEG-6000 uygulanan kuraklık stresi grubu; A+PEG: Aktivatör ve PEG-6000 uygulamalarına maruz bırakılan grup



Şekil 4.20. BA-119 yapraklarındaki malondialdehit (MDA) içerikleri (nmol g^{-1} YA). K: Kontrol grubu; A: Aktivatör uygulanan grup; PEG: PEG-6000 uygulanan kuraklık stresi grubu; A+PEG: Aktivatör ve PEG-6000 uygulamalarına maruz bırakılan grup

4.8. Antioksidan Enzim Aktivite Analizleri

4.8.1. Süperoksit dismutaz (SOD; EC 1.15.1.1) enzim aktivitesi

Çalışmada kullanılan Candia ve BA-119 pamuk çeşitlerinin yapraklarındaki Süperoksit dismutaz (SOD) izozimlerinin aktivitelerinde meydana gelen değişimler

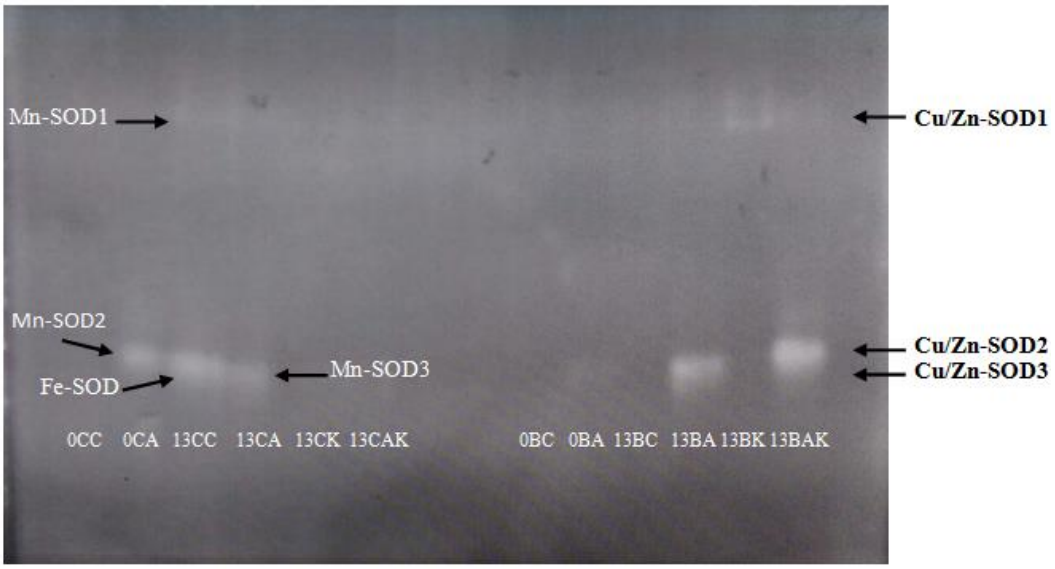
Çizelge 4.15 de verilmiştir. Candia pamuk çeşidinde, aktivatör uygulamaları (CA), PEG-6000 teşvikli kuraklık stresi uygulamasının 0. gününde Mn-SOD1 ve Mn-SOD2 izozim bantlarının belirmesine yol açmıştır (şekil 4.21). Kuraklık stresinin 13. gününde aktivatör uygulamaları (CA), Mn-SOD1 izozim aktivitesini kontrol grubuna (CC) göre % 77 arttırmış ve ayrıca Mn-SOD3 izoziminin belirimine neden olmuştur. Kontrol grubunda gözlenen Fe-SOD izozimi, diğer uygulamalarda gözlenmemiştir.

Çizelge 4.15. PEG-6000-teşvikli kuraklık stresi uygulamasının 0. ve 13. günlerinde Candia ve BA-119 pamuk çeşitlerinin yapraklarındaki SOD izozimlerinin aktivitelerinin (Ünite) densitometrik analiz sonuçları. Varsa kontrol gruplarının, eğer yoksa sadece aktivatör uygulanmış grupların izozim aktivitesi % 100 olarak alınmış ve diğer uygulama gruplarında gözlenen aktivite değişimleri kontrol veya aktivatör grubuna göre % değişim şeklinde parantez içinde gösterilmiştir. CA: Candia aktivatör uygulanan grup; CC: Candia kontrol grubu; BA: BA-119 aktivatör uygulanan grup; BK: BA-119 PEG-6000 uygulanan kuraklık stresi grubu; BAK: BA-119 Aktivatör ve PEG-6000 uygulamalarına maruz bırakılan grup. Değerler ortalama ± S.H. göstermektedir (n = 6)

SOD AKTİVİTESİ (ÜNİTE)						
Candia				**BA-119**		
0. Gün		**13. Gün**		**13. Gün**		
İZOZİMLER	**CA**	**CC**	**CA**	**BA**	**BK**	**BAK**
Mn-SOD1	0,78 ±0,008 (100)	0,52±0,004 (100)	0,92±0,011 (177)			
Mn-SOD2	2,00 ±0,04 (100)					
Mn-SOD3			2,20±0,07 (100)			
Fe-SOD		3,54±0,42 (100)				
Cu/Zn-SOD1				0,61±0,014 (100)	1,84±0,13 (302)	0,67±0,013 (110)
Cu/Zn-SOD2						5,11±0,51 (100)
Cu/Zn-SOD3				4,58±0,34 (100)		
Total SOD aktivitesi	**2,78**	**4,06**	**3,12**	**5,19**	**1,84**	**5,78**

BA-119 pamuk çeşidinde, PEG-6000 teşvikli kuraklık stresi uygulamasının 13. gününde kuraklık stresi grubundaki (BK) bitkilerin Cu/Zn-SOD1 aktivitesi sadece aktivatör uygulanmış (BA) gruba göre % 202 artmıştır (şekil 4.21). Ancak aktivatör uygulamaları ile birlikte kuraklık stresine maruz kalan bitkilerin (BAK) Cu/Zn-SOD1 aktivitesi, sadece aktivatör uygulanan bitkilere (BA) göre % 10 artış göstermiştir. Aktivatör uygulamalarıyla, kuraklık stresinin BA-119 bitkilerinin

Cu/Zn-SOD1 aktivitesinde neden olduğu önemli orandaki artışa, % 175 oranında düştüğü görülmüştür. Ayrıca BAK grubundaki bitkilerin yapraklarında Cu/Zn-SOD2 izoziminin belirdiği, sadece aktivatör uygulanan BA-119 bitkilerinde (BA) ise Cu/Zn-SOD3 izoziminin ortaya çıktığı ve bu iki izozim bantlarının diğer uygulama gruplarında belirmediği gözlenmiştir (Şekil 4.21).



Şekil 4.21. PEG-6000-tekvikli kuraklık stresi uygulamasının 0. ve 13. günlerinde Candia ve BA-119 pamuk çeşitlerinin yapraklarındaki SOD izozimlerinin native SDS-PAGE ile tespiti. Her bir SOD bandının aktivitesi band yoğunluğunun standart SOD bandı (0.5 Ünite) yoğunluğuyla karşılaştırılmasıyla belirlenmiştir. 0CC: Candia 0. gün kontrol grubu; 0CA: Candia 0. gün aktivatör uygulanan grup; 13CC: Candia 13. gün kontrol grubu; 13CA: Candia 13. gün aktivatör uygulanan grup; 13CK: Candia 13. gün PEG-6000 uygulanan kuraklık stresi grubu; 13CAK: Candia 13. gün Aktivatör ve PEG-6000 uygulamalarına maruz bırakılan grup; 0BC: BA-119 0. gün kontrol grubu; 0BA: BA-119 0. gün aktivatör uygulanan grup; 13BC: BA-119 13. gün kontrol grubu; 13BA: BA-119 13. gün aktivatör uygulanan grup; 13BK: BA-119 13. gün PEG-6000 uygulanan kuraklık stresi grubu; 13BAK: BA-119 13. gün Aktivatör ve PEG-6000 uygulamalarına maruz bırakılan grup

4.8.2. Askorbat peroksidaz (APOX; EC 1.11.1.11) enzim aktivitesi

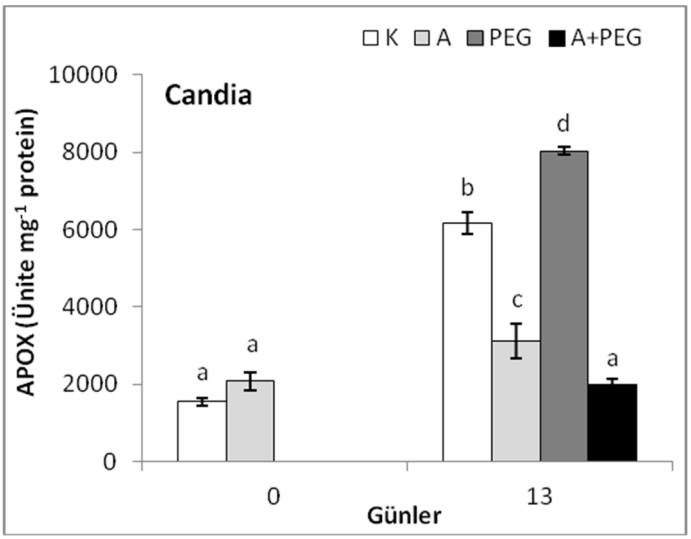
Çalışmada kullanılan Candia ve BA-119 pamuk çeşitlerinin yapraklarındaki askorbat peroksidaz (APOX) aktivitesinde meydana gelen değişimler Çizelge 4.16 da verilmiştir. PEG-6000 tekvikli kuraklık stresinin 0. gününde aktivatör uygulamalarının Candia pamuk çeşidinin yapraklarındaki APOX aktivitesini, kontrol grubuna göre önemli oranda değiştirmediği ($P > 0.05$) ancak 13. günde % 49 oranında düşürdüğü görülmüştür. Kontrol grubu bitkilerin 13. gündeki APOX

aktivitesi 0. güne göre % 297 artarken, aktivatör grubu bitkilerin 13. gündeki APOX aktivitesi 0. güne göre % 50 artmıştır. PEG-6000 teşvikli kuraklık stresi uygulamasının 13. gününde sadece PEG-6000 uygulanmış kuraklık stresi grubu bitkilerin APOX aktivitesinin kontrol grubuna göre % 30 oranında arttığı, buna karşın sadece aktivatör uygulanmış olan gruba ait bitkilerin APOX aktivitesin kontrole göre % 49 azaldığı belirlenmiştir. Aktivatör uygulamalarından sonra kuraklık stresine maruz bırakılmış olan aktivatör+kuraklık grubunun APOX aktivitesi, kontrole göre % 68 oranında düşmüştür. Buna göre, Candia pamuk çeşidinin, PEG-6000 teşvikli kuraklık stresi uygulamasının 13. gününde APOX aktivitesinde oluşan artışın % 75 oranında engellemiştir (şekil 4.22).

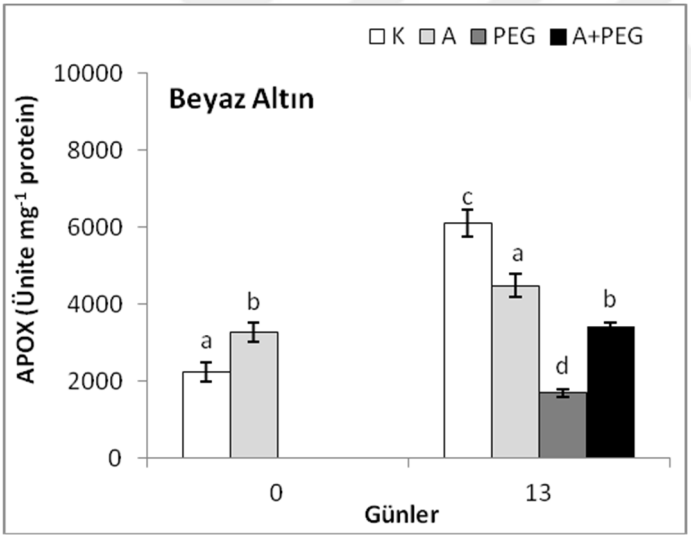
PEG-6000 teşvikli kuraklık stresinin 0. gününde aktivatör uygulamalarının BA-119 pamuk çeşidinde, APOX aktivitesini kontrol grubuna göre % 47 oranında arttırırken, 13. günde % 27 oranında azalttığı belirlenmiştir. Kontrol grubundaki bitkilerin 13. gündeki APOX aktivitesi, 0. güne göre % 174 oranında, aktivatör grubu bitkilerin 13. gündeki APOX aktivitesi ise 0. güne göre % 36 yükselmiştir. Kuraklık stresinin 13. gününde BA-119 bitkilerinin APOX aktivitesi kontrol grubuna göre aktivatör uygulanan grupta % 27, sadece PEG-6000 uygulanmış kuraklık grubunda % 72 ve aktivatör+kuraklık grubunda % 44 azalmıştır. Aktivatör uygulamalarının, kuraklık stresinin BA-119 bitkilerinin yapraklarındaki APOX aktivitesinde neden olduğu dramatik düşüşü % 102 oranında engellediği görülmüştür (şekil 4.23).

Çizelge 4.16. Candia ve BA-119 pamuk çeşitlerinin yapraklarındaki askorbat peroksidaz (APOX) aktivitesi (Ünite mg $^{-1}$ protein). Ortalama değerlerin yanlarında bulunan farklı harfler bütün uygulama gruplarının arasında istatistiksel bakımdan farklıdır ($P < 0,05$; n = 6)

Pamuk çeşitleri	Gruplar	Günler	
		0. Gün	13. Gün
		APOX (Ünite mg^{-1} protein)	APOX (Ünite mg^{-1} protein)
Candia	Kontrol	1552 ± 102 a	6166 ± 285 b
	Aktivatör	2086 ± 240 a	3123 ± 453 c
	PEG-6000		8033 ± 109 d
	Aktivatör+PEG-6000		1999 ± 140 a
Beyaz Altın-119	Kontrol	2229 ± 246 a	6105 ± 342 c
	Aktivatör	3283 ± 252 b	4481 ± 306 a
	PEG-6000		1695 ± 106 d
	Aktivatör+PEG-6000		3422 ± 92 b



Şekil 4.22. Candia pamuk çeşidinin yapraklarındaki askorbat peroksidaz (APOX) aktiviteleri (Unite mg^{-1} protein). K: Kontrol grubu; A: Aktivatör uygulanan grup; PEG: PEG-6000 uygulanan kuraklık stresi grubu; A+PEG: Aktivatör ve PEG-6000 uygulamalarına maruz bırakılan grup



Şekil 4.23. BA-119 pamuk çeşidinin yapraklarındaki askorbat peroksidaz (APOX) aktiviteleri (Unite mg^{-1} protein). K: Kontrol grubu; A: Aktivatör uygulanan grup; PEG: PEG-6000 uygulanan kuraklık stresi grubu; A+PEG: Aktivatör ve PEG-6000 uygulamalarına maruz bırakılan grup

4.8.3. Peroksidaz (POX; EC 1.11.1.7) enzim aktivitesi

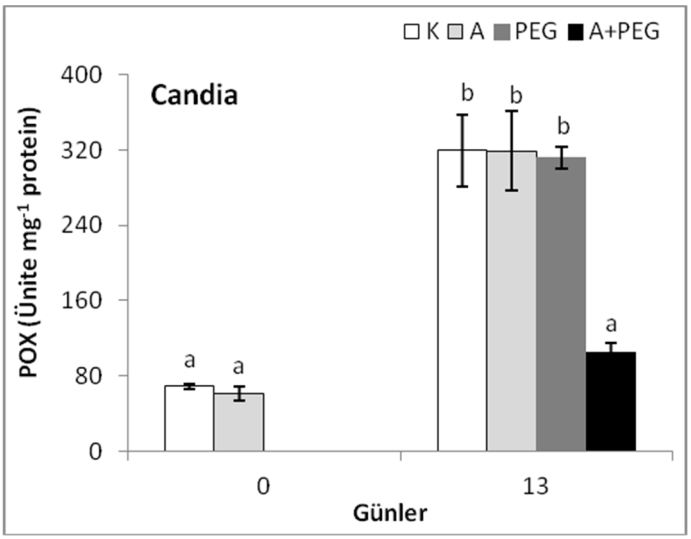
Çalışmada kullanılan Candia ve BA-119 pamuk çeşitlerinin yapraklarındaki peroksidaz (POX) aktivitesinde meydana gelen değişimler Çizelge 4.17 de verilmiştir. PEG-6000 teşvikli kuraklık stresi uygulamasının 0. ve 13. günlerinde,

aktivatör uygulamalarının Candia bitkilerindeki POX aktivitesini kontrol grubuna göre istatistiksel olarak önemli bir şekilde etkilemediği belirlenmiştir. 13. gündeki kontrol grubu bitkilerin POX aktivitesi 0. gündeki kontrol grubuna göre % 364 oranında artarken aktivatör grubundaki bitkilerin ise % 418 oranında artmıştır. 13. günde Candia bitkilerinin POX aktivitesinin kuraklık stresinden etkilenmediği ancak aktivatör+kuraklık grubunda kontrol grubuna göre % 67 oranında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir (şekil 4.24).

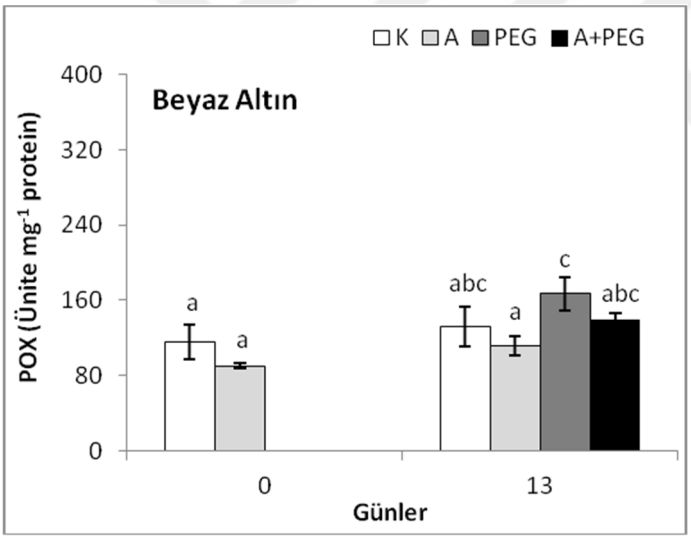
Aktivatör uygulamalarının gerek 0. gerekse 13. günlerde BA-119 bitkilerinin POX aktivitesini kontrol grubuna göre istatistiksel olarak önemli oranda etkilemediği belirlenmiştir. PEG-6000 teknikli kuraklık stresi uygulaması 13. günde kontrol grubuna göre POX aktivitesini % 27 arttırmıştır. Aktivatör+kuraklık grubundaki bitkilerin POX aktivitesinin kuraklık grubuna göre % 17 azaldığı görülmüştür (şekil 4.25).

Çizelge 4.17. Candia ve BA-119 pamuk çeşitlerinin yapraklarındaki peroksidaz (POX) aktivite değerleri (Ünite mg^{-1} protein). Ortalama değerlerin yanlarında bulunan farklı harfler bütün uygulama grupları arasında istatistiksel bakımdan farklıdır ($P < 0,05$; n = 6)

Pamuk çeşitleri	Gruplar	Günler	
		0. Gün	13. Gün
		POX (Ünite mg^{-1} protein)	POX (Ünite mg^{-1} protein)
Candia	Kontrol	69 ± 2,4 a	320 ± 38,3 b
	Aktivatör	62 ± 7,8 a	319 ± 42,1 b
	PEG-6000		312 ± 11,3 b
	Aktivatör+PEG-6000		105 ± 10,6 ac
Beyaz Altın-119	Kontrol	116 ± 18,3 a	132 ± 20,8 abc
	Aktivatör	90 ± 2,7 a	112 ± 9,7 a
	PEG-6000		167 ± 17,4 c
	Aktivatör+PEG-6000		139 ± 7,1 abc



Şekil 4.24. Candia pamuk çeşidinin yapraklarındaki peroksidaz (POX) aktivite değerleri (Ünite mg^{-1} protein). K: Kontrol grubu; A: Aktivatör uygulanan grup; PEG: PEG-6000 uygulanan kuraklık stresi grubu; A+PEG: Aktivatör ve PEG-6000 uygulamalarına maruz bırakılan grup



Şekil 4.25. BA-119 pamuk çeşidinin yapraklarındaki peroksidaz (POX) aktivite değerleri (Ünite mg^{-1} protein). K: Kontrol grubu; A: Aktivatör uygulanan grup; PEG: PEG-6000 uygulanan kuraklık stresi grubu; A+PEG: Aktivatör ve PEG-6000 uygulamalarına maruz bırakılan grup

4.9. Reaktif Oksijen Türlerinin Tayini

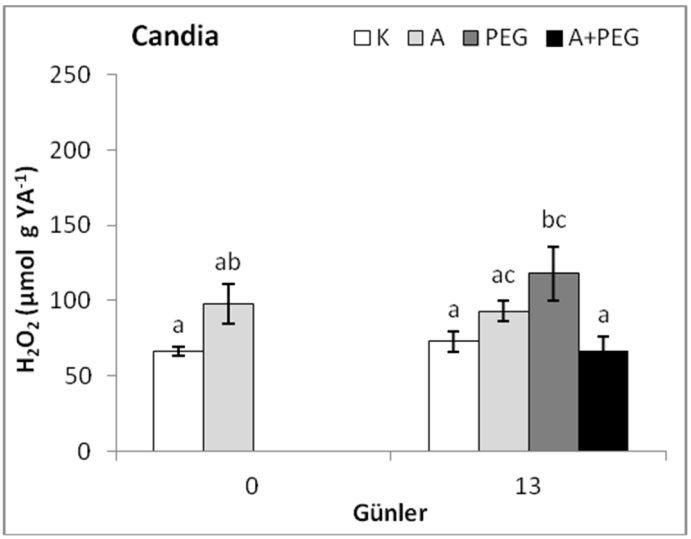
4.9.1. Hidrojen peroksit (H_2O_2) birikimi

Çalışmada Candia ve BA-119 pamuk çeşitlerinin yapraklarındaki H_2O_2 miktarında uygulamalara bağlı olarak meydana gelen değişimler Çizelge 4.18 de verilmiştir. Candia pamuk çeşidinde, aktivatör uygulamalarının 0. günde H_2O_2 birikimini kontrol grubuna göre % 47, 13. günde ise % 28 arttırdığı ($P > 0,05$) belirlenmiştir. PEG-6000 teşvikli kuraklık stresinin 13. gününde sadece kuraklık stresi grubunda kontrol grubuna göre % 62 oranında ($P < 0,05$) artış meydana gelmiştir (şekil 4.26). Candia bitkilerine aktivatör uygulamasının, kuraklık stresinin H_2O_2 birikiminde neden olduğu artışı % 43 oranında azalttığı görülmüştür (şekil 4.26).

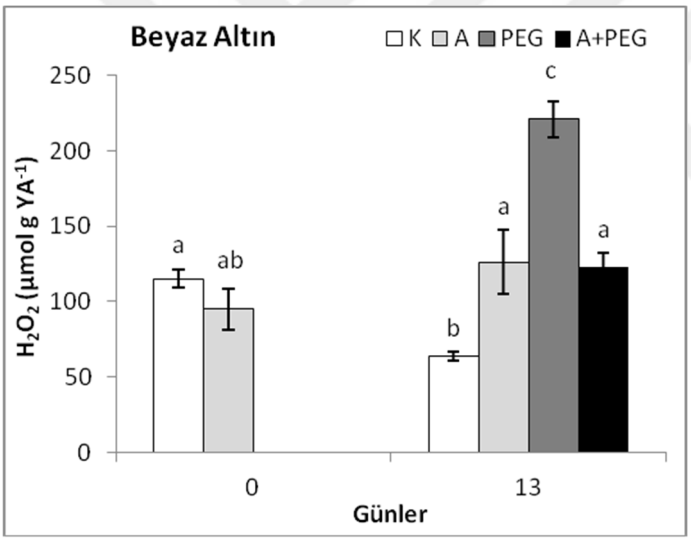
BA-119 pamuk çeşidinde aktivatör uygulamaları, 0. gündeki H_2O_2 birikimini kontrole göre önemli oranda değiştirmemesine rağmen, 13. günde % 97 oranında arttırmıştır. 13. gündeki kontrol grubu 0. gündeki kontrol grubuna göre H_2O_2 birikimini % 44 azaltırken, aktivatör grubu 0. güne göre H_2O_2 birikimini % 33 arttırmıştır. PEG-6000 teşvikli kuraklık stresi 13. günde BA-119'un yapraklarındaki H_2O_2 birikimini kontrole göre % 245, aktivatör+kuraklık grubu ise % 92 arttırmıştır. Kuraklık stresinin H_2O_2 birikiminde neden olduğu artışın, aktivatör uygulamalarıyla % 44 oranında azaltıldığı görülmüştür (şekil 4.27).

Çizelge 4.18. Candia ve BA-119 pamuk çeşitlerinin yapraklarındaki H_2O_2 miktarı (µmol g YA^{-1}). Ortalama değerlerin yanlarında bulunan farklı harfler bütün uygulama grupları arasında istatistiksel bakımdan farklıdır ($P < 0,05$; n = 6)

Pamuk çeşitleri	Gruplar	Günler	
		0. Gün	13. Gün
		H_2O_2 (µmol g YA^{-1})	H_2O_2 (µmol g YA^{-1})
Candia	Kontrol	66 ± 3 a	73 ± 7 a
	Aktivatör	98 ± 13 ab	93 ± 7 ac
	PEG-6000		118 ± 18 bc
	Aktivatör+PEG-6000		67 ± 10 a
Beyaz Altın-119	Kontrol	115 ± 6 a	64 ± 3 b
	Aktivatör	95 ± 14 ab	126 ± 21 a
	PEG-6000		221 ± 12 c
	Aktivatör+PEG-6000		123 ± 9 a



Şekil 4.26. Candia pamuk çeşidinin yapraklarındaki H_2O_2 (µmol g YA^{-1}) değişimleri. K: Kontrol grubu; A: Aktivatör uygulanan grup; PEG: PEG-6000 uygulanan kuraklık stresi grubu; A+PEG: Aktivatör ve PEG-6000 uygulamalarına maruz bırakılan grup



Şekil 4.27. BA -119 pamuk çeşidinin yapraklarındaki H_2O_2 (µmol g YA^{-1}) değişimleri. K: Kontrol grubu; A: Aktivatör uygulanan grup; PEG: PEG-6000 uygulanan kuraklık stresi grubu; A+PEG: Aktivatör ve PEG-6000 uygulamalarına maruz bırakılan grup

4.9.2. Süperoksit ($O_2^{\cdot}$) radikali birikimi

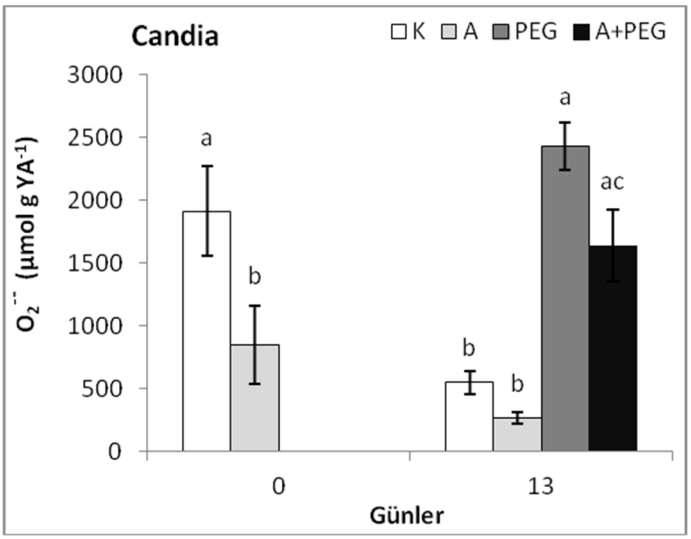
Çalışmada Candia ve BA-119 pamuk çeşitlerinin yapraklarındaki süperoksit radikali ($O_2^{\cdot}$) birikiminde uygulamalara bağlı olarak meydana gelen değişimler Çizelge 4.19 da verilmiştir. Aktivatör uygulamalarının 0. günde Candia pamuk çeşidinin yapraklarındaki $O_2^{\cdot}$ birikimini, kontrol grubuna göre % 56 azalttığı, 13. günde ise önemli bir değişime neden olmadığı saptanmıştır. Candia pamuk çeşidinde,

13. gündeki kontrol grubu 0. gündeki kontrol grubuna göre süperoksit radikal birikimini % 71 azaltmıştır. PEG-6000 tekvikli kuraklık stresinin 13. gününde Candia'da $O_2^{\bullet-}$ radikali birikimi kontrole göre % 345 artış göstermiş ve bu artış oranı aktivatör+kuraklık grubunda % 200 civarında kalmıştır. Aktivatör uygulamalarının PEG-6000 tekvikli kuraklık stresinin $O_2^{\bullet-}$ radikali birikiminde neden olduğu dramatik artışı, % 33 oranında azalttığı görülmüştür (Şekil 4.28).

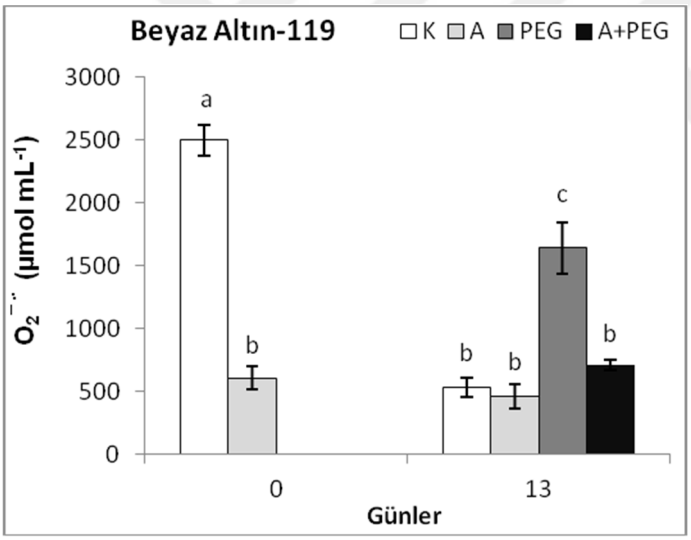
BA-119 pamuk çeşidinde, aktivatör uygulamalarının 0. günde $O_2^{\bullet-}$ radikali birikimini kontrol grubuna göre % 76 azalttığı ancak 13. günde etkilemediği görülmüştür. BA-119 pamuk çeşidinde, 13. gündeki kontrol grubunun $O_2^{\bullet-}$ içeriğinin 0. gündeki kontrol grubuna göre % 79 azaldığı buna karşın aktivatör grubundaki $O_2^{\bullet-}$ miktarının her iki günde önemli bir değişim göstermediği belirlenmiştir. PEG-6000 tekvikli kuraklık stresinin 13. gününde BA-119'da $O_2^{\bullet-}$ radikali birikimi kontrole göre % 208 oranında yükselmiştir. Aktivatör uygulamalarının kuraklık stresinin BA-119'un yapraklarındaki $O_2^{\bullet-}$ birikiminde neden olduğu bu ciddi artışı % 57 oranında düşürdüğü görülmüştür (Şekil 4.29).

Çizelge 4.19. Candia ve BA-119 pamuk çeşitlerinin yapraklarındaki süperoksit radikali ($O_2^{\bullet-}$) birikimi (µmol g YA^{-1}). Ortalama değerlerin yanlarında bulunan farklı harfler bütün uygulama grupları arasında istatistiksel bakımdan farklıdır ($P < 0,05$; n = 6)

Pamuk çeşitleri	**Gruplar**	**Günler**	
		0. Gün	**13. Gün**
		$O_2^{\bullet-}$ (µmol g YA^{-1})	**$O_2^{\bullet-}$ (µmol g YA^{-1})**
Candia	**Kontrol**	1913 ± 360 a	547 ± 94 b
	Aktivatör	847 ± 308 b	267 ± 48 b
	PEG-6000		2433 ± 188 a
	Aktivatör+PEG-6000		1640 ± 289 ac
Beyaz Altın-119	**Kontrol**	2500 ± 122 a	533 ± 77 b
	Aktivatör	607 ± 90 b	460 ± 99 b
	PEG-6000		1640 ± 200 c
	Aktivatör+PEG-6000		707 ± 41 b



Şekil 4.28. Candia pamuk çeşidinin yapraklarındaki $O_2^{\cdot-}$ miktarı (µmol g YA^{-1}) değişimleri. K: Kontrol grubu; A: Aktivatör uygulanan grup; PEG: PEG-6000 uygulanan kuraklık stresi grubu; A+PEG: Aktivatör ve PEG-6000 uygulamalarına maruz bırakılan grup



Şekil 4.29. BA -119 pamuk çeşidinin yapraklarındaki $O_2^{\cdot-}$ miktarı (µmol mL^{-1}) değişimleri. K: Kontrol grubu; A: Aktivatör uygulanan grup; PEG: PEG-6000 uygulanan kuraklık stresi grubu; A+PEG: Aktivatör ve PEG-6000 uygulamalarına maruz bırakılan grup

Küresel ısınma sonucu meydana gelen kuraklık ve yüksek sıcaklıklar tarımsal üretimde ürün veriminde önemli düşüklere neden olmaktadır. Pamuk yüksek sıcaklıklara dayanıklı bir bitki olmasına rağmen, kuraklık ve yüksek sıcaklık pamuk verimini olumsuz yönde etkilemektir.

Kuraklık, topraktaki su içeriğinin, bitkilerin su yetersizliğinden sökün etmeye çektiği miktara düşünceye kadar belirgin yaşamın olmadığı bir periyodu ifade etmektedir. Toprak kuruluşu, hava kuruluşunun ve radyasyonun birlikte yol açtığı güçlü evaporasyonla bir aradadır. Su stresi, transpirasyonun kökler tarafından gerçekleştirilen su absorbsiyonunun aştığı durumlarda meydana gelmektedir (Turner ve Begg, 1981; Larcher, 1995).

Yüksek sıcaklıklar, bitkilerde yapraklanma hızını ve yaprakların genişleme hızını arttırmasının yanı sıra yaprak ömrünü kısaltmakta, düşük sıcaklığa maruz kalan yapraklardan çok daha önce fotosentetik verimi düşürmektedir (Ünlükara ve ark., 2006). Yüksek sıcaklığın bitki büyümesine ve gelişmesine vermiş olduğu hasarların etkileri; bitki gövde direncinde azalma, yaprak alanda azalma, tozlaşmada kötüleşme, meyve tutumunda azalma, meyve boyutunda küçülme ve çiçeklenmenin gecikmesi şeklinde sıralanabilir (Ünlükara ve ark., 2006).

Pamuk, uzun yıllar boyunca birçok ülkede başta tekstil sanayisi olmak üzere farklı sanayi kollarının en önemli hammaddesinden biridir. Sentetik lif üretiminin sürekli artmasına rağmen dünya tekstil sanayinde kullanılan hammaddeler arasındaki yerini ve önemini korumaktadır. Dokuma sanayisinde kullanılan ham maddenin % 60'ı pamuktan karşılanmaktadır. Tarım ve sanayi alanında geniş bir iş imkanı sağlamasının yanında pamuk, lifiyle tekstil sanayisine, çiğitiyle yağ sanayisine, küspesiyle hayvancılık sektörüne, ihracatıyla dış ticarete önemli katkılar sağlayan endüstriyel bir üründür (Anonim, 2010). Bu çalışmada; pamuk bitkisinde meydana gelen kuraklık stresine karşı, bitkinin doğal SAR savunma mekanizmasını aktive eden bitki aktivatörleri kullanılarak kuraklık stresine karşı bitkinin stres toleransına etkisi incelenmiştir.

Bitki aktivatörlerinin kullanımı ürün yetiştirmede yeni bir teknolojidir. Rapor edilen bulguların ışığında, bitki aktivatörlerinin; bitkilerin su tutma kapasitesini, stoma iletkenliğini, fotosentetik pigment içeriklerini, fotosistem-II verimliliğini arttırarak bitkileri abiyotik ve/veya biyotik streslerden koruyabileceği hipotezi kurulmaktadır. Ayrıca bitki aktivatörleri bitkileri çevresel stresler tarafından tetikvik edilen oksidatif hasardan koruyabilir, oksidatif sistem ve biyotik yada abiyotik stres

köklerde altında ışık gören lokal ve sistemik sinyal iletim yollarını kapsayan belli savunma tepkilerinin düzenlenmesine yardımcı olabilir. Tüm bu etkilerin yardımıyla bitki aktivatörleri; biyotik ve /veya abiyotik stresler altındaki bitkilerde daha yüksek ürün eldesi sağlayan bir bitki koruma yöntemi olabilir (Türkan ve ark., 2004).

Bitkilerde kuraklık stresi bitki büyümesini azaltmaktadır. Özellikle de sürgün büyümesinin kök büyümesinden daha fazla inhibe olduğu belirlenmiştir (Pace ve ark., 1999). Pamuk bitkisinde büyüme döneminde karşılaşılan kuraklık stresinin en önemli etkilerinden birinin büyümedeki yavaşlama ve bitki boylarındaki azalma olduğu belirtilmiştir (Wrona, 2000). Kuraklığın bitki boyu gibi morfolojik özelliklerinin incelendiği bir çalışmada pamuk bitkisine ekimden 36 gün sonra kuraklık stresi uygulanmıştır. Ekimden 49 gün sonra belirlenen bitki boylarında kontrol bitkilerinin % 28 oranında daha uzun boylu olduğu görülmüştür (Pace ve ark., 1999). Kuraklığın bilinen en temel etkilerinden bir diğeri ise bitki yaş ve kuru ağırlıklarında meydana gelen düşüşlerdir (Farooq ve ark., 2009). Çalışmamızda da 13 gün boyunca % 30'luk PEG-6000 uygulanan BA-119 bitkilerinin gövde uzunluklarında ve yaş ağırlıklarında kontrol gruplarına göre azalmalar meydana gelmiştir. Aktivatör+kuraklık stresi grubunda ise BA-119'un gövde ve kök uzunluklarında ve gövde kuru ağırlığında ayrıca gerek Candia gerekse BA-119'un gövde yaş ağırlığında azalmalar gözlenmiştir. Genel anlamda bitkiler, kuraklık etkisi boyunca daha uzun köklere sahip olmaktadırlar (Ludlow ve Muchow, 1990). Çalışmamızda da benzer şekilde 13. günde % 30'luk PEG-6000 uygulanan pamuk bitkilerinde kuraklık stresine bağlı olarak Candia çeşidinin kök boyunda kontrol grubuna göre artma meydana gelirken, BA-119 çeşidinde önemli bir değişim gözlenmemiştir. Çalışmamızda 0. günde aktivatör uygulanan gruplarda her iki pamuk çeşidinin gövde ve köklerinin yaş ağırlıklarında artışlar meydana gelmiştir. Ayrıca aktivatör uygulamaları, kuraklık stresinin 0. gününde BA-119 bitkilerinin gövde ve kök uzunluklarını ve kuru ağırlıklarında da artışı teşvik etmiştir.

Kuraklık stresinin bitkiler üzerinde oluşturduğu etkilerin incelenmesinde kullanılan yöntemlerden birisi de yaprak bağıl nem içeriğinin ölçülmesidir. Yüksek yapılı bitkilerin çoğu kuraklık ve/veya sıcaklık stresine maruz kaldıklarında yaprak nispi su içeriğinde (NSİ) azalma meydana gelir (Wang, 2008). Yaprak NSİ ve dolaylı

olarak yaprak su potansiyeli azaldığı zaman yapraklar zarar görmeye bırakılarlar. Genellikle kurak koşullara uyum sağlamış bitkilerde yaprak oransal su içeriğinin yüksek olduğu bulunmuştur (Carter ve Patterson, 1985). Fakat çalışmamızda elde ettiğimiz bulgularda yaprak oransal su içeriği bakımından gerek Candia gerekse BA-119'un kuraklık stresinden önemli oranda etkilenmediği ancak aktivatör uygulanan kuraklık stresine maruz bırakılmış bitkilerde yaprak NSİ'de düşükler olduğu belirlenmiştir.

Ozmotik düzenleme veya bir diğer adıyla ozmoregülasyon, su potansiyeli gradiyentlerinin (Ψw) sürdürülmesini sağlayan, bitkilerin kuraklık stresine gösterdikleri tolerans mekanizmalarından birisidir (Wyn Jones ve Gorham, 1983). Ozmotik düzenleme su kıtlığı veya tuz stresi koşullarında hücredeki ozmotik potansiyeli (Ψs) düşürebilmek için ozmotik bileşiklerin (şekerler, organik asitler, mineral iyonlar v.b.) aktif bir şekilde sitoplazmada biriktirilmesini kapsar (Munns ve Termaat, 1986). Hücrelerde su potansiyelinin (Ψs) düşmesine tepki olarak ozmotik potansiyelin (Ψs) düşürülmesi, turgor basıncı için gerekli olan basınç potansiyelinin (Ψp) korunmasını sağlar (Hsiao, 1973). Kuraklık stresi koşullarında turgorun korunması, her ne kadar optimal koşullardakine göre daha düşük düzeyde olsa da, büyümenin devam etmesi açısından oldukça önemlidir (Sharp ve Davies, 1979). Ozmotik düzenleme evrensel bir mekanizma olmamakla birlikte, bitkiye tolerans kazandıran önemli bir mekanizma olabilir. Pamuk bitkisi diğer çapa ürünlerine göre kuraklık stresine daha yüksek düzeyde ozmotik düzenleme yapma yeteneğine sahiptir (Oosterhuis ve Wullschleger, 1988). Çalışmamızda kuraklık stresi uygulamasının 13. gününde BA-119'da daha fazla olmak üzere (-2,36 MPa) her iki pamuk çeşidinde ozmotik potansiyelin önemli oranda düştüğü görülmüştür. Aktivatör uygulamalarının Candia'da kuraklık stresinin ozmotik potansiyelde neden olduğu düşüşü biraz da olsa azalttığı ancak BA-119'da etkilemediği tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, ozmotik bileşikler grubuna giren prolin birikim düzeyleriyle de paralellik göstermektedir. Prolin; protein yapılarını denatürasyona karşı korur, fosfolipitlerle etkileşim göstererek hücre membranlarını stabilize eder, serbest radikal uzaklaştırıcı özelliği yada enerji ve azot kaynağı olarak rol oynar, ayrıca ozmotik koruyucu bir bileşik olarak da görev alır (Aspinall ve Paleg, 1981; Delauney ve Verna, 1993; Samaras ve ark., 1995). Çalışmamızda kuraklık stresine bağlı olarak her iki pamuk

çeşidine ait bitkilerin yapraklarında önemli miktarda prolin birikimi ve dolayısıyla ozmotik potansiyelde düşük meydana gelmiştir. Aktivatör uygulamalarının, Candia'da kuraklık stresi nedeniyle prolin birikiminde oluşan artışı önemli oranda düşürerek kontrol seviyesine yaklaştırdığı ancak BA-119'da prolin birikim düzeyini etkilemediği, dolayısıyla BA-119'da kuraklık stresi nedeniyle ozmotik potansiyelde oluşan düşüşün prolin birikim düzeyinin değişmemesi nedeniyle aktivatör+kuraklık stresi grubunda sabit kalmış olabileceği düşünülmektedir. Prolin; su kaybı, tuzluluk, ekstrem sıcaklıklar ve yüksek ışık yoğunluğu gibi çeşitli stres koşulları altında yaşayan pek çok bitkide biriktirilmektedir (Aspinall ve Paleg, 1981; Delauney ve Verna, 1993; Hare ve ark., 1999; Mansour, 2000).

Askorbat insan beslenmesinde olduğu kadar aynı zamanda bitkilerin gelişimleri için önemli olan bir vitamindir (Nishikawa ve ark; 2003). Askorbat gerek bitki gerekse hayvanların hücre metabolizmalarının önemli basamaklarında antioksidan ve farklı dioksigenazlara kofaktör olarak önemli görevler üstlendiği bilinmektedir (Noctor ve Foyer, 1998; Arrigoni ve De Tullio, 2000; Nishikawa ve ark; 2003). Askorbat peroksidaz (APOX) askorbatı oksitleyerek hidrojen peroksidi (H_2O_2) suya (H_2O) indirgeyen bir enzimdir. APOX, normal metabolizma sırasında ya da çevresel stresler nedeniyle oluşan zarara karşı hücreleri korumada görev almaktadır (Nishikawa ve ark; 2003). Yapılan bir çalışmada PEG uygulamasına bağlı olarak oluşan kuraklık stresi sonucunda artan APOX aktivitesi tespit edilmiştir (Liu ve ark., 2009). Yine *Capparis ovata* bitkisinde de PEG 6000 uygulaması sonucunda artış gösteren APOX aktivitesi bitkinin oksidatif hasara karşı geliştirdiği koruma mekanizmasını göstermektedir. APOX'in indirgediği askorbat monodehidroaskorbat reduktaz (MDHAR), dehidroaskorbat reduktaz (DHAR) ve glutatyon reduktaz (GR) tarafından katalizlenen bir seri reaksiyon ile tekrar okside olur. Bu reaksiyonlar serisi Halliwell-Asada döngüsü olarak adlandırılır ve bitkiler için en önemli antioksidan sistemlerinden biridir (Kawitha ve ark., 2008). Çalışmamızda da % 30'luk PEG-6000 teşvikli kuraklık stresi uygulamasının 13. gününde Candia çeşidinde, sadece PEG-6000 uygulanmış kuraklık stresi grubu bitkilerin APOX aktivitesinin kontrol grubuna göre % 30 oranında arttığı, aktivatör uygulamalarından sonra kuraklık stresine maruz bırakılmış olan aktivatör+kuraklık grubunun APOX aktivitesinin, kontrole göre % 68 oranında düştüğü görülmüştür. BA-119 çeşidinde ise PEG-6000 uygulanmış kuraklık

grubunda % 72 oranında APOX aktivitesinin azaldığı ancak aktivatör uygulamalarıyla bu azalmanın % 102 oranına engellendiği gözlemlenmiştir. Dolayısıyla aktivatör uygulamalarının kuraklık stresi altında BA-119'da APOX aktivitesini koruduğu düşünülmektedir.

POX kloroplastlarda ve sitozolde H_2O_2'nin süpürülmesinde, büyümede, gelişmede ve lignifikasyonda görev alan bir enzimdir (Asada ve Takahashi, 1987). Stres koşullarında birçok bitkide POX aktivitesinin arttığı rapor edilmiştir (Zhang ve Kirkham, 1996). POX enzimi kuraklık stresine bağlı olarak meydana gelen ROT'ların temizlenmesinde etkili olan enzimler arasındadır ve bitki için oldukça önemlidir (Srivalli ve ark., 2003). Chugh ve ark. (2010)'nın yaptıkları çalışmada, iki farklı meşe kültivarından toleranslı olan kültivarda kuraklık stresine bağlı olarak POX enzim aktivitesini daha fazla arttığı rapor edilmiştir. Nair ve ark. (2008)'nın yapmış oldukları bir başka çalışmada, kuraklığa duyarlı ve toleranslı börülce türlerinde kuraklık stresi uygulamasının, her iki bitki grubunun POX ve CAT enzim aktivitelerini arttırdığı belirtilmiştir. Toleranslı börülce türünde POX ve CAT aktivitesinin duyarlı türe kıyasla daha yüksek bulunması, kuraklık stresi toleransı ve antioksidan mekanizma arasındaki pozitif ilişkiye işaret etmektedir (Nair ve ark., 2008). Toleranslı bitki türleri duyarlı olan bitki türlerine göre biyokimyasal adaptasyonları sayesinde stres ile daha iyi başa çıkabilmektedirler (Nair ve ark., 2008). Yine yapılan bir başka çalışmada kasımpatıgillerden kuraklığa toleranslı (*Dendranthema zawadskii*) ve duyarlı (*D. nankingense*) iki farklı türün kuraklık stresine verdikleri tepkileri incelenmiş ve duyarlı olan türün daha erken stres altına girdiği, kuraklığa toleranslı türün yapraklarında ise SOD, APOX ve CAT enzim aktivitelerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Yin ve ark., 2010). Çalışmamızda 13. günde Candia bitkilerinin POX aktivitesinin kuraklık stresinden etkilenmediği ancak aktivatör+kuraklık grubunda kontrol grubuna göre % 67 oranında azaldığı görülmüştür. Ayrıca Candia'nın yapraklarındaki POX aktivitesinin temel düzeylerinin BA-119'a göre oldukça yüksek olduğu, dolayısıyla Candia'nın kuraklık stresi altında POX aktivitesini arttırma ihtiyacı hissetmediği düşünülmektedir. BA-119'da ise 13. günde kontrol grubuna göre POX aktivitesinin % 27 oranında artışı, BA-119'un kuraklık stresine verdiği adaptasyonal bir tepki olabilir.

SOD, $O_2^{\bullet-}$'yi H_2O_2'ye çeviren antioksidan savunma sisteminin anahtar bileşenlerinden birisidir. Çevresel stres faktörlerinin çeşitli bitki türlerinde SOD aktivitesini arttırdığı rapor edilmiştir. Bu türlere örnek olarak fasülye (Türkan ve ark., 2005), arpa (Perez-Lopez ve ark., 2009), ve bezelye (Mittler ve Zilinkas, 1994) sayılabilir. Türkan ve ark. (2005) yaptıkları bir çalışmada kuraklığa toleranslı *Phaseolus acutifolius* bitkisinin kuraklık stresi koşullarında SOD aktivitesini arttırdığını tespit etmişlerdir. Çalışmamızda elde etmiş olduğumuz bulgulara göre kuraklık stresinin 13. gününde aktivatör uygulamaları (CA), Mn-SOD1 izozim aktivitesini kontrol grubuna (CC) göre % 77 arttırmıştır. BA-119 pamuk çeşidinde, PEG-6000 teşvikli kuraklık stresi uygulamasının 13. gününde kuraklık stresi grubundaki (BK) bitkilerin Cu/Zn-SOD1 aktivitesi sadece aktivatör uygulanmış (BA) gruba göre % 202 artmıştır. Ancak total SOD aktivitesi göz önüne alındığında, BA-119'un kuraklık stresine maruz bırakılan gruptaki total SOD aktivitesinin sadece aktivatör uygulanan gruba göre azalması (1,84 Ünite); aktivatör+kuraklık stresi grubunda ise en yüksek düzeye ulaşması (5,78 Ünite), BA-119 bitkilerinin kuraklık stresine gösterdikleri toleransın bir yansıması olabilir. Nitekim, BA-119'un yapraklarında biriken ve SOD'un substratı olan süperoksit radikalinin kuraklık stresi koşullarında en yüksek düzeye ulaşırken, aktivatör+kuraklık grubunda kontrol seviyelerine düşmesi de SOD aktivitesinde gözlenen değişimlerle paralellik göstermektedir. Ancak BA-119'un aktivatör+kuraklık grubunda total SOD aktivitesinde görülen artışa rağmen H_2O_2 miktarında gözlenen azalma, H_2O_2'yi süpüren diğer antioksidan moleküllerin varlığıyla ilişkili olabileceğini düşündürmektedir. Dolayısıyla, aktivatör uygulamalarının her iki pamuk genotipinde, kuraklık stresinin teşvik ettiği oksidatif stres nedeniyle üretimi artan ROT oluşumunu azaltarak olumlu etki gösterdiği düşünülebilir.

Bitkilerin içerdikleri toplam klorofil miktarı, bitkilerin stres koşulları altında fotosentetik etkinliklerinin değerlendirilmesi açısından önemli bir parametredir. Karotenoidler doğal formlarında hücre içinde proteinlere zayıf bağlarla tutunmuş durumda olup, bu etkileşim pigmenti, oksidasyon, degredasyon ve izomerizasyon gibi reaksiyonlardan korur (Çınar, 2003). Bitkilerin yüksek oranda klorofil içeriklerine sahip olmalarının ve uzun süre yeşil kalmalarının kuraklığa tolerans ile ilişkili olup olmadığına dair birçok tartışma vardır (Blum, 1998). Yapılan bir

çalışmada çayır mera bitkileri olan kamışsı yumak (*Festuca arundinacea* L.) ve çayır salkımotuna (*Poa pratensis* L.) 6 ve 12 günlük süreler ile kuraklık stresi uygulanmıştır. Araştırıcılar kısa süreli kuraklık etkisi ile bitkilerin klorofil içeriklerinin arttığını görmüşlerdir. Fakat kuraklık etkisinin süresi uzadıkça bitkilerin klorofil içeriklerinin tamamen kaybolduğu görülmüştür (Jiang ve Huang, 2001). Kuraklık süresince klorofil içeriklerinin düşmesi oksidatif stres nedeni ile membranların bozulması sonucunda meydana gelebilir (Alonso ve ark., 2001). Sairam ve Saxena (2000) yapmış oldukları deneyde *Triticum*'un kuraklığa bağlı olarak klorofil miktarında azalma tespit etmişlerdir. Bizim çalışmamızda Candia çeşidinin yapraklarındaki pigment miktarları uygulamalardan önemli oranda etkilenmemesine rağmen, BA-119'da yukarıdaki bulguların aksine gerek kuraklık gerekse aktivatör uygulamalarıyla artmıştır. Bu durum, BA-119'un kuraklık stresi altında fotosentetik pigment miktarlarını arttırma yoluna giderek strese direnç gösterdiğini düşündürmektedir (Jiang ve Huang, 2001).

Sıcaklık ve kuraklık stresi gibi çevresel stres koşulları altında üretimi artan reaktif oksijen türleri (ROT) lipid membranların peroksidasyonuna yol açarak, membran bütünlüğünü yok etmekte ve hücre ölümüne neden olmaktadır. Malondialdehit (MDA) lipid peroksidasyonunun son ürünlerinden birisidir ve MDA miktarı, stres altındaki hücre membranlarının hasar derecesinin tesbitinde kullanılmaktadır (Jiang ve Zhang, 2002). Çalışmamızda 13. günde kuraklık stresine bağlı olarak Candia pamuk çeşidinde MDA miktarında ciddi oranda artış meydana gelirken, BA-119 pamuk çeşidinde ise azalma gözlenmiştir. Ancak aktivatör uygulamalarıyla Candia'da kuraklık stresi nedeniyle oluşan MDA düzeyindeki artışın engellendiği ve böylece aktivatörlerin olumlu etkileriyle lipid membranların peroksidasyon düzeyinin azaldığı görülmüştür. BA-119'un MDA düzeyinde uygulamalara bağlı olarak gözlenen düşüler, bu genotipin Candia'ya göre daha yüksek kuraklık stresi toleransına sahip olabileceğini göstermektedir.

Kuraklık stresine bağlı olarak ortaya çıkan reaktif oksijen türlerinden olan; H_2O_2, OH^- ve $O_2^{\cdot-}$ oksidatif hasara sebep olmaktadır. H_2O_2, hücre metabolizması için oldukça zararlı olan ROT'lerinden biridir (Azevedo Neto ve ark., 2005). Ancak, bitki hücrelerinde H_2O_2 birkiminin iki türlü etkisi olabilir; birincisi hücreye zarar veren

oksitleyici ajan olarak davranmasıve Fenton reaksiyona yol açarak ÅOH$^{\cdot-}$ üretmesidir, ikincisi ise ikincil (sekonder) mesajcıolarak gen ifadesini tetikvik etmesi ve yol açtığıdiğer cevaplarıuyarmasıdır (Miller ve ark., 2010). PEG-6000 tetikvikli kuraklık stresinin 13. gününde strese bağlıolarak BA-119'da daha yüksek oranlarda olmak üzere her iki pamuk genotipinde H_2O_2 miktarının arttığıve bu artışın aktivatör uygulamalarıyla engellendiği gözlenmiştir. Benzer şekilde, $O_2^{\cdot-}$ miktarıda Candia'da daha yüksek oranlarda olmak üzere her iki pamuk genotipinde kuraklık stresiyle artış göstermiş ve aktivatör uygulamalarıyla da bu artışlar büyük oranda engellenmiştir. Aktivatör uygulamalarının kuraklık stresinin neden olduğu ROT miktarındaki artışlarıengelleyerek oksidatif stres düzeyini her iki pamuk çeşidi için azalttığıgörülmüştür.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu tez çalışması sonucunda, aktivatör uygulamalarının PEG-6000 tekvikli kuraklık stresi altındaki Candia ve BA-119 pamuk çeşitlerinde fizyolojik ve biyokimyasal açıdan farklı tepkilere neden olduğu belirlenmiştir. Aktivatör uygulamalarının özellikle BA-119'da daha etkin bir şekilde, kuraklık stresinin neden olduğu oksidatif stres etkilerini iyileştirdiği görülmüştür. Organik bitki aktivatörlerinin kullanımıyla, pestisit, ilaç ve gübrelerin doğaya ve insana verdiği zararlardan kaçınılmış olunacağı düşünülmektedir.

Bitki yetiştirmede bitki aktivatörlerinin kullanımıyla, tıpkı insanların aşı olduklarında bağışıklık sistemlerini aktive etmeleri gibi, bitkilerin savunma mekanizmalarının önceden uyarılması sağlanarak bitkilerin hastalık, zararlı ve diğer çevresel stres faktörlerine direnç kazanması ve verimlerinin attırılması mümkündür. Böylelikle, zararlılara karşı kullanılan kimyasal pestisitlerin, insanlara ve doğaya verdikleri zararlı etkilerinden de kaçınılmış olunacaktır.

Çalışmamız, GAP Projesinin büyük bir bölümünün tamamlanmasıyla GAP Bölgesi ve özellikle de Şanlıurfa yöresinde yoğun bir şekilde tarımı yapılmakta olan pamuğun kuraklık stresi toleransının artırılmasında bitki aktivatörü uygulamasının nasıl bir katkı sağlayabileceğini göstermesi açısından bitki aktivatörlerinin kullanımının tekvik edilmesinde atılmış önemli bir adımdır. Bitki büyütme odasında kontrollü koşullarda ve perlit içeren saksılarda gerçekleştirilen bu çalışma, tarla koşullarında da tekrarlanarak karşılaştırmalar yapılabilir. Ayrıca, bitkilerin uygulamalara bağlı farklı dokularında meydana gelen değişimler anatomik düzeyde araştırılabilir. Bu çalışmanın sonuçları, aktivatör uygulamalarının kuraklık stresi toleransında rol oynayan moleküler mekanizmaların aydınlatılmasını hedefleyen gelecekte yapılacak bitki ıslahı çalışmaları için de yol gösterici olabilir.

Günümüzde pamuk yetiştiriciliği yapan çiftçilerin pestisit kullanım alışkanlıklarının en aza indirilmesi için, çiftçilerimiz bilinçlendirilmeli, gerek

yetiştiricilik gerekse hastalık ve zararlılarla mücadele konularında bilgilendirici eğitimler düzenlenmelidir.

KAYNAKLAR

AGRIOS G. N., 1997. Plant Pathology. Fourth Edition. Academic Press., San Diego, USA. 93-112, 192-193.

AHMADI, A., EMAM, Y., and PESSARAKLI M., 2009. Response of Various Cultivars of Wheat and Maize to Salinity Stress. Journal of Food, Agriculture Environment, 7(1):123-128.

AKBUDAK, N., ve TEZCAN, H., 2006. Bitkisel üretimde ve bitki korumada yeni bir etken madde: Harpin. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Sayı: 2 Cilt: 21 S. 39-43.

AKI, C., ve TÜRKAN, Ş, 2000. Kitosan Uygulamasının Kabak *(Cucurbita pepo* L.) ve Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) Peroksidaz Değişkimleri Üzerinde Etkileri. XV. Ulusal Biyoloji Kongresi, A.Ü. Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 5-9 Eylül. Ankara.

AKSOY, H., ve ÖZ, A., 2012. Bakteriyal Patojenlere Karşı Bitkilerdeki Dayanıklılık Mekanizmaları. Anadolu Tarım Bilim Dergisi 27(3):165-173.

ALONSO, R., ELVIRA, S., CASTILLO, F.J., and GIMENO, B.S., 2001. Interactive effects of ozone and drought stress on pigments and activities of antioxidative enzymes in *Pinus halepensis*, *Plant Cell and Environment*, 24: 905-916.

ANJUM, S. A., XIE, X., WANG, L., SALEEM M, F., MAN, C., and LEI, W., 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stres. Afr. J. Agric. Res., 6:2026-2032.

ANONİM, 2000. http://www.britannica.com

ANONİM, 2000. http://www.edenbio.com

ANONİM, 2000. The Plant Activator. Inagrosa

ANONİM, 2000. The Plant Activator. Nature Created the Concept. Novartis.

ANONİM, 2006. Aylık Zirai Meteoroloji Bülteni. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Zirai Meteoroloji ve İklim Rasatları Dairesi Başkanlığı, Sayı: 4. http://www.mgm.gov.tr/FTPDATA/zirai/urunler/aylikbulten-YZ10.pdf. Erişim: Kasım 2015.

ANONİM, 2009. DSİ yayınları.

ANONİM, 2010. Pamuk Raporu. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Tekstilatlandırma Genel Müdürlüğü, Ankara.

ANONİM, 2012. Türkiye İstatistik Kurumu http: // tuikrapor.tuik.gov.tr/reports.

ANONİM, 2014a. Pamuk üretiminde çalışan çocuklar için model eylem planı. http://www.kalkınmaatolyesi.org/foto/seasonal_agricultural_migrition/pamuk%20eylem%20plan1.pdf.

ANONİM, 2014b. http://ag.alltech.com/crop/en/products/protection/isr-2000-t%C3%BCrkiye

APEL, K., and HIRT, H., 2004. ROS: Metabolism, Oxidative Stress and Signal Transduction. Annu. Rev. Plant Biol., 55: 373-379 p.

ARORA, A., SAIRAM, R.K., and SRIVASTAVA, G.C., 2002. Oxidative stress and antioxidative systems in plants. Curr. Sci., 82:1227-1238.

ARRIGONI, O., DE TULLIO, M.C., 2000. The role ascorbic acid in cell metabolism: between gebe-directed functions and unpredictable chemical reactions. J. Plant Physiol. 157: 481-488.

ASADA, K., 2006. Production and scavening of reactive oxygen species in chloroplasts and their functions. Plant Physiology 141:391-396.

ASADA, K., and TAKAHASHI, M., 1987. Prouctions an scavenging of active oxygen in photosynthesis. In: Kyle, d.j. (Ed.), Photoinbition, Elsevier, Amsterdam/North Holland, 227-287 pp.

ASHRAF, M., and FOOLAD, M.R., 2007. Roles of Glycine Betaine and Proline in Improving Plant Abiotic Stress Resistance. Environmental and Experimental Botany, 59:206-216.

ASHRAF, M., and HARRIS, P.J.C., 2005. Abiotic stresses: Plant resistance through breeding and molecular approaches. Haworth Press, New York.

ASPĶNALL, D., and PALEG, L.G., 1981. Proline accumulation: physiological aspects, In: Paleg, L.G., Aspinall, D., (eds). The physiological and biochemistry of drought resistance in plants. Academic Press, Sydney, 205-241 pp.

AZEVEDO NETO, A.D., PRISCO, J.T., ENEAS-FILHO, J., MEDEIROS, J.V.R., and GOMES-FILHO, E., 2005. Hydrogen peroxide pre-treatment induces stress acclimation in maize plants. J. Plant Physiol., 162:1114-1122.

BALDOCCHI, D.D., VERMA, S.B., ROSENBERG, N.J., BLED, B.L., GAREY, A.V., and SPECHT, J.E., 1983. Leaf pubescence effects on the mass and energy exchange between soybean canopies and the atmosphere. Agron J., 75:537-543.

BALOĴ LU, C., ve IĶNCIĶ N., 2008. Küresel ēsēnma ve tarla bitkileri açēsēndan deĵ erlendirilmesi, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Antalya. www.akdeniz.edu.tr/ziraat/tr/ekkaynak/ts005.pdf.

BASAL, H., and SEZENER, V., 2012. Turkey cotton report. 11 th Meeting of the Inter-Regional Cooperative Research Network on Cotton for the Mediterranean and Middle East Regions, Antalya 2012.

BASAL, H., DAGDELEN, N., UNAY, A., and YILMAZ, E., 2008. Effects of deficit drip irrigation ratios on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) yield and fiber quality. J. Agronomy & Crop Science.

BATES, L.S., WALDREN, R.P., and TEAR, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil, 39:205-207.

BEAUCHAMP, C., and FRIDOVICH, I., 1971. Superoxide dismutase: Improved Assays and Applicable to Acrylamide Gels. Analytical Biochemistry, 44:276-287.

BENHAMOU, N., 1996. Elicitor-Induced Plant Defence Pathways. Elsevier Science Ltd. Vol. 1 No. 7, July.

BENHAMOU, N., 1996. Elicitor-induced plant defense pathways. Trends Plant Sci., 1(7):233-240.

BERNT, E., and BERGMEYER, H.U., 1974. Inorganic peroxidases. In: Bergmeyer H.U. (eds.) Methods of enzymatic analysis, Vol. 4. Academic Press, New York, pp. 2246ï 2248.

BLUM A., 1998, Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization, Euphytica, 100, 77-83.

BLUM, A., 1986. Breeding Crop Varieties for Stress Environments, Critical Reviews in Plant Sciences, 2: 199-237.

BRADFORD, M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal. Biochem. 72:248-254.

BRUCE, W.B., EDMEADES, G.O., and BARKER, T.C., 2002. Molecular and physiological approaches to maize improvement for drought tolerance. Journal of Exp. Bot., 53:13-25.

BÜYÜK, Ķ, SOYDAM-AYDIN, S., ve ARAS, S., 2012. Bitkilerin Stres Koĸullarēna Verdiĵi Moleküler Cevaplar. Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi, 69(2):97-110.

CAMPA, A., 1991. Biological roles of plant peroxidases: known and potential function. In: Everse, J. Everse, K.E. and Grisham, M.B., eds., Peroxidases in Chemistry and Biology, CRC Press, Boca Raton, FL, Vol II , pp. 25-50.

CARTER, J.E Jr, and PATTERSON, R.P., 1985. Use of relative water content as a selection tool for drought tolerance in soybean. In: 1985 Agronomy Abstract. ASA. Madison, WI.

CAVE, J., 2013. Cotton lint yield, fiber quality, and water ï use efficiency as influenced by cultivar and irrigation level. Master of Sciences, Texas Tech Universty, USA. p. 192.

ÇAYLAK, E., 2011. Hayvan ve Bitkilerde Oksidatif Stres ile Antioksidanlar. Tēp Araĸtērmalarē Dergisi, 9(1):73-83.

ÇETĶN, N., 2004. Domatesin Biyolojik Preparatlar ile Uyarēlarak Total Protein ve Peroksidaz Seviyelerinin Deĵiĸen Elisitasyon Tepkisinin Saptanmasē (Yüksek Lisans Tezi), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.

CHAVES, M., MAROCO, J., and PEREIRA, J., 2003. Understanding plant responses to drought from genes to the whole plant. Functional Plant Biology 30(3) 239-264.

CHAVES, M.M., and OLIVEIRA, M.M., 2004. Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture. J. Exp. Bot., 55:2365-2384.

ÇINAR, I., 2003. Carotenoid Pigment Loss of Freeze-dried Plant Samples under Different Storage Conditions, *Food Science and Technology/LWT*, 37 (3): 363-367.

ÇIRAK, C., ve ESENDAL, E., 2006. Soyada kuraklēk stresi. Ondokuz Mayēs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 21(2):231-237.

ÇÖMELEKOĴLU, Ü., MAZMANCI, B., ve ARPACI, A., 2000. Pestisidlerin kronik etkisine maruz kalan tarēm iĸçilerinde karaciĵer fonksiyonlarēnēn incelenmesi. Türk. J. Biol., 24:461-466.

CREELMAN, R.A., and MULLET, J.E., 1997. Oligosaccharins, Brassinolides, and Jamonates: Nontraditional Regulators of Plant Growth, Development, and Gene Expression, 45:453-459.

ÇUBUKÇU, N., 2007. Pamuklarda Verticillium Solgunluĵu (*Verticillium dahliae* Kleb.)ónaKarĸē Endofitik Balkterilerle Mücadele Olanaklarē. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi) Aydēn:73 s.

DELAUNEY, A.J., and VERNA, D.P.S., 1993. Proline biosynthesis and osmoregulation in plants. Plant J., 4:215-223.

DELEN, N., 2008. Fungisitler. Nobel Yayēn Daĵētēm Tic. Ltd. Ķti, 318 s. Ankara.

DEMİR, Ö., ATAY, H., ESKİOĞLU, O., TUVAN, A., DEMİRCAN, M., ve AKÇAKAYA, A., 2013. RCP4.5 Senaryosuna Göre Türkiye'de Sıcaklık ve Yağış Projeksiyonları. III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK 2013, 3-5 Haziran 2013, İstanbul.

DEMIRAL T., TURKAN I., and SEKMEN A.H., 2011. Chapter 8- Signaling Strategies During Drought and Salinity, Recent News. Advances in Botanical Research 57:293-317.

DIONISIO-SESE, M.L., and TOBITA, S., 1998. Antioxidant responses of rice seedlings to salinity stress. Plant Sci. 135:1-9.

DURMUŞOĞLU, E., TİRYAKİ, O., ve CANHİLAL, R., 2009. Türkiye'de Pestisit Kullanımı, Kalıntı ve Dayanıklılık Sorunları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü s.2.

EGERT, M., and TEVINI, M., 2002. Influence of drought on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress in leaves of chives (*Allium schoenoprasum*). Environ. Exp. Bot., 48:43-49.

EL-SHARKAWY, M.A., COCK, J.H, and HELD, A.A., 1984. Water use efficiency of Cassava II. Differing sensitivity of stoma to air humudity in Cassava and the warm climates species. Crop. Sci. 24:503-507.

FAO, 2013. http://faostat.fao.org/site/613/DesktopDefault.aspx?PageID=613#ancor Erişim: 15 ş Gaff, D.F., 1980. Protoplazmic tolerance of extreme water stress.In:Turner, N.C. and Kramer, P.J. (Eds). Wiley Interscience, New York. p. 207-230.ubat 2013.

FAROOQ, M., WAHID, A., KOBAYASHI, N., FUJITA, D., and BASRA, S.M.A., 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development 29: 185-212.

FOYER, C.H., DESCOURVİÈRES, P., and KUNNERT, K.J., 1994. Protection against oxygen radicals: an important defense mechanism studied in transgenic plants. Plant Cell Environ. 17: 507-23 p.

FU, J., and HUANG, B., 2001. Involvement of antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation of two cool-season grasses to localized drought stress. Environ. Exp. Bot., 45: 105-114..

GAFF, D.F., 1980. Protoplasmic tolerance of extreme water stress. In: Turner, N.C. and Kramer, P.J. (Eds), Adaptations of Plants to Water and High Temperature Stress. Wiley Interscience, New York. p. 207-231.

GEBBING, T., and SCHNYDER, H., 1999. Pre-anthesis reserve utilization for protein and carbohydrate synthesis in grains of wheat. Plant Physiol. 121: 871-878.

GRAHAM, P.H., and VANCE, C.P., 2003. Legumes: Importance and constraint stogreateruse. Plant Physiol., 131; 872-877.

GRIMES, D.W., and EL-ZIK, K.M., 1990. Cotton. In B.A. Stewart and D.R. Nielsen (ed.) Irrigation of Agricultural Crops. Agron. Monogr. 30. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. p. 741ï 748.

GUNEŞ, A., ÇIÇEK, N., INAL, A., ALPASLAN, M., ERASLAN, F., GUNERI, E., VE and GUZELORDU, T., 2006. Genotipic responce of chickpea (*Cicer arietininum* L.) cultivars to drought stress implemented at pre- and post-anthesis stages and its relations with nutrient uptake and efficiency. Plant Soil Environment 52: 368-376.

HANSCOM, Z., and TING, L.P., 1978. Responses of succulent stop plant water stress. Plant Pyhsiol. 61: 327-330.
HANSON, A.D., and HITZ, W.D., 1982. Metabolic responses of mesophytes to plant ater deficits. Annual Review of Plant Physiology. 33: 163-203.
HARE, P.D., CRESS, W.A., and VAN STADEN, J., 1999. Proline synthesis and degration: a model system for elucidating stress-related signal transduction, J. Exp. Bot., 50:413-434.
HARRIS, P.M., 1992. The potato crop. The scientific basis for improvement. Chapman and Hall. P. 909.
HERZOG, V., and FAHIMI, H.D., 1973. A new sensitive colorimetric assay for peroxidase using 3 , 3'-diaminobenzidine as hydrogen donor . Anal. Biochem . 55 :554.
HOAGLAND D.R., and ARNON, D.I., 1950. The water-culture method for growing plants without soil. Circ. 347. Univ. of Calif. Agric. Exp. Station, Berkley.
HSIAO, T.C. 1973. Plant responses to water stress. Annu. Rev. Plant Physiol. 24:519-570.
HSU, S.Y., HSU, Y.T., and KAO, C.H., 2003. The effect of polyethylene glycol on proline accumulation in rice leaves. Biol. Plant, 46, 73-78.
INNES, P., and BLACKWELL, R.D., 1983. Some effects of leaf posture on the yield and water economy of winter wheat. J. Agric. Sci., Camb. 101:367-376.
İTKİB Mayıs 2014 - İstatistiklerle Türkiye'nin Denim Kumaş ve Konfeksiyon Dış Ticareti ï 2013.
JIANG, M., and ZHANG, J., 2002. Water stress-induced abscisic acid accumulation triggers the increased generation of reactive oxygen species and upregulates the activities of antioxidant enzymes in maize leaves. J. Exp. Bot., 53:2401-2410.
JIANG, Y. and HUANG, B., 2001. Physiological Responses to Heat Stress Alone or in Combination with Drought: A Comparison between Tall Fescue and Perennial Ryegrass, Hortscience, 36(4):682ï 686.
JORDAN, W.R., SHOUSE, P.J., BLUM, A., MILLER, F.R., and MONK, R.L., 1984. Environmental Physiology of Sorghum, 2. Epicuticular waxloa cuticular transpiration. Crop Sci., 24:1168-1173.
KADIOĜLU, A., 2007. Bitki Fizyolojisi, Efsen Ofset Matbaacılık, 406. s., Trabzon.
KAISER, W.M., 1987. Effects of water deficit on photosynthetic capacity. Physiol. Plant., 71:142-149.
KALEFETOĜLU, T., 2006. Nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşit ve hatlarının kuraklık stresine karşı dayanıklılığının karakterizasyonu. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. s:140. (basılmamış).
KALEFETOĜLU, T., ve EKMEKÇİOĜLU, Y., 2005. Bitkilerde kuraklık stresinin etkileri ve dayanıklılık mekanizması. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi 18(4):723-740.
KARABAY, N.Ü., TÜRKÜSAY, H., AKI, C., TOSUN, N., ve TÜRKAN, Ş., 2003. Domatesin bakteriyel hastalıklarının kontrolünde bitki aktivatörleri ve bakterisitlerin etkileri. Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi 13:88-102.
KARADEMIR, C., and GENCER, O., 2008. Yield and tecnological characteristics in advanced cotton (*Gossypium hirsutum* L.) lines under drought stres conditions, 10th Meeting of Inder-Regional Cooperative Research Network on Cotton, 28 September-1 October, Greece.

KARADEMIR, Ç., KARADEMIR ,E., EKINCI, R., and BEREKATOĴLU, K., 2011. Yield and fiber quality properties of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) under water stress and non-stress conditions. African Journal of Biotechnology, 10(59):12575-12583.

KAVI KISHORE, P.B., SANGAM, S., AMRUTHA, R.N., LAXMIŞ P.S., NAĶDUNAIDU, K.R., RAO, K.R.S.S., RAO, S., REDDY, K.J., THERIAPPAN, P., and SREENIVASULU, N., 2005. Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: its implications in plant growth and abiotic stres tolerance. Curr. Sci., 88:424-43.

KAVIŞTHA, K., VENKATARAMAN, G., PARIDA, A., 2008. An oxidative and salinity stress induced peroximal ascorbate peroxidase from Avicennia marina: Molecular and functional characterization Plant Physiology and Biochemistry. 46: 794-804.

KERBY, K., and SOMERVILLE, S.C., 1992. Purification of an Infection-Related, Extracellular Peroxidase from Barley. Plant Physiol. 100:397-402.

KESSLER, B., 1961. Nucleic acids as factors in drought resistance of higher plants. Recent Advan. Bot., 2:1153-1159.

KLIEBENSTEIN, D.J., MONDE, R.A., and LAST, R.L., 1998. Superoxide dismutase in *Arabidopsis*: an eclectic enzyme familiy with disparate regulation and protein localization, Plant Physiol., 118(2):637-650.

KOCA, Y.O., 2003. Bitki Aktivatörünün Patateste Bazē Tarēmsal Özellikler Üzerine Etkileri. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, 36s, Ķzmir.

KRANNER, I., BIRTIC, S., ANDERSON, KM., and PRITCHARD, H.W., 2006. Glutathione halfcell reduction potential: a universal stres marker and modulator of programmed cell death. Free Radical Biology and Medicine 40:2155-2165.

KUĶVURAN, Ķ., 2010. Kavunlarda Kuraklēk ve Tuzluluĵa Toleransēn Fizyolojik Mekanizmalarē Arasēndaki Baĵlantēlar. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 355s.

LAGRIMNI, L.M., VAUGHN, J., ERB, W.A., and MILLER, S.A., 1993. Peroxidase over Production in Tomato: Wound Induced Polyphenol Deposition and Disease Resistance. Horticulture Science 28:218-221.

LARCHER, W., 1995. Physiological Plant Ecology, Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups, Mir Publishers, Moscow.

LEVITT, J., 1980. Responses of Plants to Environmental Stress. Chilling, Freezing and High Temperature Stresses, 2nd Edn. New York, NY: Academic Press.

LICHTENTHALER, H.K., and WELLBURN, A.R., 1983. Determination of total carotenoids and chlorophylls *a* and *b* of leaf extracts in different solvents. Biochemical Society Transactions 11:591ï 592.

LIU, F., and STUTZEL, H., 2002. Leaf water relations of vegetable amaranth *(Amaranthus* spp.) in response to soil drying. Eur. J. Agron., 16:137-150.

LIU, Z., ZHANG, X.L., BAI, J.G., SUO, B.X., XU, P.L., WANG, L., 2009. Exogenous paraquat changes antioxidant enzyme activites and lipd peroxidation in drought-stressed cucumber leaves. Scientia Horticultuae. 121: 138-143.

LUDLOW, M.M., and MUCHOW, R.C., 1990. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. Advances in Agronomy 43:107-153.

MADHAVA RAO K.V., and SRESTY T.V.S., 2000. Antioxidative parameters in the seedlings of pigeonpea *(Cajanus cajan* L. Millspaugh) in response to Zn and Ni stresses. Plant Sci., 157:113-128.

MAHAJAN, S., and TUTEJA, N., 2005. Cold, salinity and drought stresses: an overview. Archives of Biochemistry and Biophysics, 444(2):139-158.

MANSOUR, M.M.F., 2000. Nitrogen containing compounds and adaptation of plants to salinity stress. Biol. Plant, 43:491-500.

MILLER, G., SHULAEV, V., and MITTLER, R., 2008. Reactive oxygen signaling and abiotic stress. Physiologia Plantarum 133:481-489.

MILLER, G., SUZUKI, N., ÇIFTÇIYILMAZ, S and MITTLER,R., 2010. Reaktive oxygen species homeostasis and signalling during drought and salinity stresses. Plant Cell Environ. 33: 453-467.

MILLS, C.I., 2010. Analysis of Drought Tolerance and Water Use Efficiency in Cotton, Castor, and Sorghum, Plant and Soil Science, Texas Tech University, Lubbock-TX. Pp. 203. (Doctoral Dissertation).

MITTLER, R., 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends in Plant Science 7:405-410.

MITTLER, R., 2006. Abiotic stress, the field environment and stress combination. Trends in Plant Science, 11:15-19.

MITTLER, R., and ZILINKAS, B., 1994. Regulation of pea cytosolic ascorbate peroxidase and other antioxidant enzymes during the progression of drought stres and following recovery from drought. Plant Journal 5: 397-406.

MOHAMMAD, M., SHIBLI, R., AJLOUNI, M., and NIMRI, L., 1998. Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. J. Plant Nutr. 21:1667-1680.

MONTI, L.M., 1987. Breeding Plants for Drought Resistance; the Problem and Its Relevance. Drought Resistance in Plants: 1-8. Meeting Held in Amalfi, 19 to 23 October 1986, Belgium.

MORGAN, J.M., and CONDON, A.G., 1986. Water use, grain yield, and osmoregulation in wheat. Aust. J. Plant Physiol. 13:523-532.

MUNNS, R., 2005. Genes and Salt Tolerance: Bringing Them Together. New Phytol., 167: 645-663.

MUNNS, R., and TERMAAT, A., 1986. Whole-plant responses to salinity. Aust. Plant Physiol. 13:143-160.

MUNNS, R., BRADY, C.R.J., and BARLOW, E.W.R., 1979. Solute accumulation in the apex and leaves of wheat during water stress. Aust. J. Plant Physiol. 6:379-389.

NAIR, A.S., ABRAHAM, T.K., and JAYA, D.S., 200. Studies on the changes in lipid peroxidation and antioxidants in drought stres induced cowpea (*Vigna unguiculata* L.) varieties. Journal of Environmental Biology 29(5): 689-691.

NAKANO Y., and ASADA K., 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts, Plant and Cell Physiology, 22(3):867-880.

NETO, A.D.A., PRISCO, J.T., ENEAS-FILHO, J., ABREU, C.E.B., and GOMES-FILHO, E., 2006. Effect of salt stress on antioxidatif enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of ï tolerant and salt-sensitive maize genotypes. Environmental and Experimental Botany, 56:87-94.

NISHIKAWA, F., KATO, M., WANG, R., HYODO, H., IKOMA, Y., SUGIURA, M., YANO M., 2003. Two ascorbate peroxidases from broccoli: identification, expression and characterization of their recombinant proteins. Postharvest Biology and Technology 27: 147-156.

NOCTOR, G., and FOYER, C.H., 1998. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. Annual Reviews of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 49:249-279.

NOCTOR, G., FOYER, C.H., 1998. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. Annu. Rev. Plant Mol. Biol. 49: 249-279.

OOSTERHUIS, D.M., and WULLSCHLEGER, S.D., 1988. Drought tolerance and osmotic adjustment of various crops in response to water stress. Arkansas Farm Res. 37(1):12.

ÖZFIDAN, C., 2005. Bir Bitki Aktivatörünün (ISR-2000) Tuz Stesi (NaCl) ve Biyotik Stres (*Botrytis cineria*) Altındaki Domates Fideleri Üzerindeki Biyokimyasal ve Fizyolojik Etkilerinin Araştırılması. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 95 s., İzmir.

ÖZTÜRK, M.A., VE ve SEÇMEN, Ö., 1992. Bitki Ekolojisi. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları: 141, İzmir.

ÖZÜDOĞRU, T., 2011. Pamuk Durum ve Tahmin 2011-2012, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, Yayınlar Durum Tahmin Raporları, TEPGE YAYIN NO: 19 ISBN: 978-975-407-337-9, ISSN: 1303-8362.

PACE, P. F., CRALE, H.T., EL-HALAWANY, S.H.M., COTHREN, J.T., and SENSEMAN, S.A., 1999. Drought induced changes in shoot and root growth of young cotton plants. Journal Cotton Science, 3:183-187.

PADMALATHA, K.V., DHANDAPANI, G., KANAKACHARI, M., KUMAR, S., DASS, A., PATIL, D.P., RAJAMANI, V., KUMAR, K., PATHAK, R., RAWAT, B., LEELAVATHI, S., PREDDY, .S., JAIN, N., POWAR, K.N., HIREMATH, V., KATAGERI, I.S., REDDY, M.K., SOLANKE, A.U., REDDY, V.S., and KUMAR, P.A., 2012. Genome-wide transcriptomic analysis of cotton under drought stress reveal significant down-regulation of genes and pathways involved in fibre elongation and up-regulation of defense responsive genes. Plant Molecular Biology, 78:223-246.

PARIDA, A.K., and DAS, A.B., 2005. Salt tolerance and salinitiy effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety, 60:324-349.

PAXTON, J.D., 1981. Phytoalexins-A Working Redefinition. Phytopathol. Z. 101: 106-9.

PEKTAŞ, Ş, 2009. Bitki Gelişim Düzenleyicilerinin Antioksidant Enzimler Üzerindeki Etkisinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, 73.

PEREZ-LOPEZ, U., ROBREDO, A., LACUESTA, M., SGHERRI. C., MUNOZ-RUEDA, A., and NAVARI-IZZO, F., 2009. The oxidative stres caused by salinity in two barley cultivars is mitigated by elevate CO_2. Physiologia Plantarum, 135: 29-42 pp.

RABINOWITCH, H.D., and FRIDOVICH, I., 1983. Superoxide radical, superoxide dismutase and oxygen toxicity in plants. Photochem. Photobiol. 188:206-213.

RAUSCH, T., GROMES, R., LIEDSCHULTELIEDSCHULTE, V., MULLER, I., BOGS, J., GALOVIC, V., and WACHTER, A., 2007. Novel insight into the regulation of GSH biosysnthesis in higher plants. Plant Biology 9:565-572.

REDDY, K. R., KAKANI, V. G., ZHAO, D., KOTI, S., and GAO, W., 2004. Interactive Effects of Ultraviolet-B Radiation and Temperature on Cotton Physiology, Growth, Development and Hyperspectral Reflectance. Photochemistry and Photobiology, 79(5):416ï 427.

REEVES, H. R., 2012. Effects of irrigation termination date on cotton yield and fiber quality. M.S. Thesis, Texas Tech Univ., Lubbock, TX.

RESMÎGAZETE, 26. 06. 2002

RODRIGUES, M.L., PACHECO, C.M.A., and CHAVES, M.M., 1995. Soil plant relations, root distribution and biomass portioning in *Lupinus albus* L. under drought conditions. J. Exp. Bot., 46:947-956.

ROMERO-ARANDA, R., SORIASORIA, T., and CUARTERO J., 2001. Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growt conditions. Plant Sci., 160:265-272.

SABANEK, J. 1992. Plant Physiology. Elsevier, Tokyo, 453 p.

ÎAHÎN, A., 2000. Melezleme ēslahē ile kuraklē a dayanē klē pamuk çeki tlerinin geli tirilmesi. Pamuk Arat rma Î stasyonu Müdürlü ü Yayē nlarē Nazilli.

SAIRAM, R.K., and SAXENA, D.C., 2000. Oxidative stress and antioxidants in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. Journal of Agronomy and Crop Science, 184: 55-61.

SALISBURY, F.B., and ROSS, C.W., 1992. Plant Phsiology. Fourth edition. Wadworth Publishing Company Belmont, California. 682 p.

SALVUCCI, M.E., and CRAFTS-BRANDNER, S.J., 2004. Inhibition of Photosynthesis by Heat Stress: The Activation State of Rubisco as a Limiting Factor in Photosynthesis. Physiologia Plantarum, 120:179-186.

SAMARAS, Y., BRESSAN, R.A., CSONCA, L.N., GARCIA-RIOS, M.G., PAINO, D., URZO, M., and RHODES, D., 1995. Proline accumulation during drought and salinity. In: Smirnoff, N., (eds). Enviroment and Plant Metabolism. Bios Scientific Publishers, Oxford. 161-187 pp.

SATOH, K., and MURATA, N., 1998. Stress Responses of Photosynthetic Organisms: Molecular Mechanisms and Molecular Regulations. Elsevier, The Netherlands.

SCANDALIOS, J.G., 1993. Oxygen stress and superoxide dismutases. Plant Physiol. 101:7-12.

SCHWANZ, P., and POLLE, A., 2001. Differential stress responses of antioxidant systems to drought in pendunculate oak (*Quercus robur*) and maritime pine (*Pinus pinaster*) grown under high CO_2 concentrations. Journal of Experimental Botany, 52:133-143.

SEELANAN, T.A., SCHNABEL, K., and WENDEL, J.F., 1997. Congruence and consensus in the cotton tribe. Systematic Botany, 22:259-290.

SEKMEN, H., DEMÎRAL, T., TOSUN, N., TÜRKÜSAY, H., ve TÜRKAN, Î., 2005. Tuz Stresi Uygulanan Domates Bitkilerinin Bazē Fizyolojik Özellikleri ve Toplam Protein Miktarē Üzerine Bitki Aktivatörünün Etkisi. Ege Üniv. Ziraar Fak. Derg., 42(1):85-95.

SHARP, R.E., and DAVIES, W.I., 1979. Solute regulation and growth by roots and shoots of water stressed maize plants. Planta 147:43-49.

SIMOVA-STOILOVA, L., DEMIRESVSKA, K., PETROVA, T., TSENOV, N., and FELLER, U., 2008. Antioxidative protection in wheat varieties under severe recoverable drought at seedling stage. Plant Soil Environ., 54(12):529-536.

SMART, R.E., and BINGHAM, G.E. 1974. Rapid estimates of relative water content. Plant Physiol., 53:258-260.

SMITH, C. W., and COTHREN, J. T., 1999. Cotton: Origin, History, Technology, and Production. John Wiley and Sons, Inc. 850p.

SRIVALLI, B., CHINNUSAMY, V., and CHOPRA, R.K., 2003. Antioxidant defense in response to abiotic stresses in plants. J. Plant Biol., 30:121-139.

STEVENSON, K.R., and SHAW, R.H., 1971. Effects of leaf orientation and leaf resistance to water vapor diffusion in soybean (*Glycine max* L. Merr.) leaves. Agron. J., 63:327-329.

SÜRMELİ, M.A., 1997. Tarım ve Çevre Etkileşimi. Türkiye Çevre Vakfı Yayını pp. 25-31.

TAIZ, L., and ZAIGER, E., 2010. Responses and adaptations to abiotic stress. In: Plant Physiology, Fifth Edition. Sunderland, MA: Sinauuer Associates, Inc. Pp. 755-778. ISBN 978-0-87893-866-7.

TAIZ, L., and ZEIGER, E., 1991. Plant Physiology. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. California. p. 346-370.

TAMBUSSI, E.A., CASADESUS, J., MUNNE-BOSCH, S., and ARAUS, J.L., 2002. Photoprotection in water-stressed plants of durum wheat (*Triticium turgidum* var. Durum): changes in chlorophyll flouorescence spectral signature and photosynthetic pigments. Funct. Plant Biol., 29:35-44.

TAN, Y., LIANG, Z., SHAO, H., and DU, F., 2006. Effect of water deficits on the activity of anti-oxidative enzymes and osmoreulation among three different genotypes of *Radix astragali* at seedling stage. Colloid. Surface. B., 49:59-64.

TIPIRDAMAZ, R., ve ÇAKIRLAR, H., 1990. Buğday (*Triticum aestivum* L.) bitkisinin Türkiye'de yetiştirilen iki çeşidinde tuz ve su stresinin oransal su kapsamı prolin ve betain değişimine etkisi. DOĞA-Tr. J. of Biology. 14(2):125-148.

TOPÇU, T., YAVUZ, I., BLEDA, E.A., and ALTUN, Z., 2012. Generation of a broad band UV continuum in high order harmonic generation by spatially in homogeneous fields. Physical Review A, 85(1):413-416.

TOSUN, N., TÜRKÜSAY, H., AKI, C., KARABAY, N.Ü., ve TÜRKAN, Ş., 2001. Domatesin Önemli Fungal ve Bakteriyal Hastalıklarının Kontrolünde Antimikrobiyal Bileşikler. Bitki Aktivatörleri ve Biostimulantların Etkileri. Proje no. 200 ZRF 002. Ege Üniversitesi Araştırma Fon Saymanlığı. Bornova. İzmir.

TOSUN, N., ve ERGÜN, A., 2002. Bitkisel Üretimde ve Tarımsal Savaşımda Yeni Bir Yaklaşım Olarak Bitki Aktivatörlerinin Rolü. Tarla Bitkileri Grubu Bilgi Alış Veriş Toplantısı Bildirileri. 03-05 Eylül 2002.

TUBEROSA, R., 2012. Phenotyping for drought tolerance of crops in the genomics era. Front. Physiol., 3: Article 347.

TÜRKAN, I., BOR, M., ÖZDEMİR, F., and KOCA, H., 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant P. Acutifolius Gray and drought-sensitive P. Vulgaris L. Subjected to polyethylene glycol mediated water stres, Plant Science 168: 223-231 pp.

TÜRKAN, Ş., DEMİRAL, T., SEKMEN, A.H., and TOSUN, N., 2004. Abiotic stresses and plant activators. Proceedings of Alltech's 20th Annual Symposium on Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industies, Lyons T.P., Jacques K.A. (eds.) Nothingham University Pres, pp. 387-390.

TÜRKEş, M., 1994. Artan Sera Etkisinin Türkiye Üzerindeki Etkileri. Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, 321:71.
TURNER, N.C., 1986. Crop water deficits: A decade of progress. Advan. in Agron., 39:1-51.
TURNER, N.C., and BEGG, J.E., 1981. Plant water relations and adaptation to stress. Plant Soil, 58:97-131.
TURNER, N.C., BLUM, A., ÇAKIR, M., STEDUTO, P., TUBEROSA, R., and YOUNG, N., 2014. Strategies to increase the yield and yield stability of crops under droughtï are we making progress. Funct. Plant Biol., 41:1199-1206.
ÜNLÜKARA, A., CEMEK, B., ve KARADAVUT, S., 2006. Farklı Çevre Koşullarında ile Sulama Suyu Tuzluluğu Kükkilerinin Domatesin Büyüme, Gelişme, Verim ve Kalitesi Üzerindeki Etkileri. GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi, 23:15-23.
ÜSTÜN, N., ULUTAş, E., YAşARAKINCI, N., ve KILIÇ, T., 2009. Efficacy of Some Plant Activators on Bacterial Canker of Tomato in Aegean Region of Turkey. Acta Horticulturae, 808:405-408.
VALLAD, G.E., and GOODMAN R.M., 2004. Systemic Acquired Resistance and Induced Systemic Resistance in Conventional Agriculture. Crop Science. 44:1920-1934.
WANG, J.P., MAO, X.G., JING, R.L., LI, R.Z., and CHANG, X.P., 2008. Single nucleotide polymorphism of TaCRT-D gene associated with drought resistance in wheat. Germplasm Sci. Agric Sin. 41:3983-3990.
WANG, Z., HUANG, B., BONOS, S.A., and MEYER,W.A., 2004. Abscisic Acid Accumulation in Relation to Drought Tolerance in Kentucky Bluegrass. Hort. Sci., 39:1133-1137.
WRIGHT, G.C., and SMITH R.C.G., 1983. Differences between two grain sorghum genotypes in adaptation to drought stress. II. Root water uptake and water use. Australian Journal of Agricultural Research 34: 627-636.
WRIGHT, L.,P., WRENCH, P., R.W., HINDEHINDE, R.W., and BRADY, C.J., 1977. Proline accumulation in tubers of jerusalem artichoke. Aust. J. Plant Physiol. 4:51-60.
WRONA, A.F., 2000. Factors Affecting Water Use, Newsletter of the Cotton Physiology Education Program, National Cotton Council, Vol:1 No:1.
WYN JONES, R.G., and GORHAM, J., 1983. Osmoregulation. In: Lange, O.L., Nobel, P.S., Osmond, C.B., and Ziegler H. (eds.) Encyclopedia of Plant Physiology, New Series 12, Physiology, New Series 12, Physiological Plant Ecology 01 . Springer Verlag, Berlin, Germany pp. 35-38.
XU, S., LI, J., ZHANG, X., WEI, H., and CUI, L., 2006. Effects of heat acclimation pretreatment on changes of membrane lipid peroxidation, antioxidant metabolites, and ultrastructure of chloroplasts in two cool-season turfgrass species under heat stress. Environ. Exp. Bot. 56:274ï 285.
YANG, J.C, ZHANG, J.H., WANG, Z.Q., ZHU, Q.S., and WANG, W., 2001. Remobilization of carbon reserves in responses to water deficit during grain filling of rice. Field Crops Research, 71:47-55.
YIN, D., CHEN, S., CHEN, F., GUAN, Z., 2010. Weimin Fang Morpho-anatomical and physiological responses of two Dendranthema species to waterlogging. Environmental and Experimental Botany. 68: 122-130.

ZABALZA., A., VAN DONGEN, J.T., and FROEHLICH, A., 2008. Regulation of respiration and fermentation to control the plant internal oxygen concentration. Plant Physiol., 149:1087-1098.

ZHANG, J.X., and KIRKHAM, M.B., 1996. Enzymatic responses of the ascorbate glutathione cycle to drougt in sorhum and sunflower plants. Plant Science. 113: 139-147 pp.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Semra ALMAS

Uyruğu : T.C.

Doğum Yeri ve Tarihi : şanlıurfa/ 13.12.1987

Telefon : 0553 498 85 68

Faks :

e-mail : semraalmas@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Yıl
Lise	: Davut Zeki Akpınar Lisesi (şanlıurfa)	2005
Üniversite	: Harran Üniversitesi (şanlıurfa) Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü	2013
Yüksek Lisans	: Harran Üniversitesi (şanlıurfa) Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji A.B.D. Tezli Yüksek Lisans	2016

UZMANLIK ALANI: Bitki Fizyolojisi

YABANCI DİLLER: İngilizce

YAYINLAR:

T. Demiral, Ö. F. Kaya, **S. Almas**, Ö. Çelik, M. Hamurcu "Assesment of heavy metal accumulation on some ecological features of *Ranunculus sphaerospermus*

living in puddle (Turkey)". 5th Aquatic Biodiversity International Conference 2015, Sibiu/Transylvania/Romania/European Union, 7-10 October 2015.

T. Demiral, M. Hamurcu, Z.Z. Avsaroglu, M. Calek, **S. Almas**, E.E. Hakki, A. Topal, S. Gezgin, R.W. Bell ñImplication of Nitric Oxide on Growth and Development of Wheat under Drought Conditionsñ. European Biotechnology Congress 2014, Lecce, ITALY. 15-18 May 2014. Journal of Biotechnology 1855 (2014) S18-S36, S33