



**KURAK KOŞULLARDA YETİŞTİRİLEN
BİBER FİDELERİNDE METİL AMİN
UYGULAMALARININ BİTKİ GELİŞİMİ
İLE BAZI FİZYOLOJİK ÖZELLİKLERİ
ÜZERİNE ETKİSİ**

Ayla GÜR

**Yüksek Lisans Tezi
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı
Sebze Yetiştiriciliği ve Islahı Bilim Dalı
Prof. Dr. Ertan YILDIRIM
2019
Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KURAK KOŞULLARDA YETİŞTİRİLEN BİBER FİDELERİNDE
METİL AMİN UYGULAMALARININ BİTKİ GELİŞİMİ İLE BAZI
FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE
ETKİSİ**

Ayla GÜR

**BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI
Sebze Yetiştiriciliği ve Islahı Bilim Dalı**

**ERZURUM
2019**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

**KURAK KOŞULLARDA YETİŞTİRİLEN BİBER FİDELERİNDE METİL
AMİN UYGULAMALARININ BİTKİ GELİŞİMİ İLE BAZI FİZYOLOJİK VE
BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Prof. Dr. Ertan YILDIRIM danışmanlığında, Ayla GÜR tarafından yapılan bu çalışma 28/03/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı – Sebze Yetiştiriciliği ve Islahı Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği/oy çokluğu (3./3)** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Ertan YILDIRIM

İmza :

Üye : Doç. Dr. Melek EKİNCİ

İmza :

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim ÖZTÜRK

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu **04/05/2019** tarih ve **15/18** nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet KARAKAN
Enstitü Müdürü

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

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KURAK KOŞULLARDA YETİŞTİRİLEN BİBER FİDELERİNDE METİL AMİN UYGULAMALARININ BİTKİ GELİŞİMİ İLE BAZI FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Ayla GÜR

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

Danışman: Prof. Dr. Ertan YILDIRIM

Bu çalışma, kuraklık stresi altında yetiştirilen biberde fide döneminde metil amin (MA) uygulamalarının bitki gelişimi ile bazı fizyolojik ve biyokimyasal özellikler üzerine etkisini belirlemek amacıyla Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü Araştırma Seraları ve Laboratuvarlarında 2017 yılında yürütülmüştür. Araştırma, tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 sulama seviyesi [tam sulama (%100) (S0), tarla kapasitesinin %80 (S1), %60 (S2) ve %40 (S3)] ve iki MA uygulaması (0, 2.5 mM) 3 tekerrürlü olarak saksı denemesi şeklinde yürütülmüştür. Deneme süresi sonunda biber bitkilerinde bitki gelişim parametreleri ile bazı fizyolojik ve biyokimyasal ölçüm ve analizler yapılarak uygulamalar arasındaki farklılıklar değerlendirilmiştir. Araştırma bulgularına göre uygulamalar ve seviyeler arasında önemli farklılıklar ortaya çıkmıştır. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biberde MA uygulamalarının bitki gelişimi (bitki boyu, gövde çapı, taze, kuru ağırlık vb.) ve bazı bitkisel fizyolojik ve biyokimyasal parametreler [doku elektrik iletkenliği (DEİ), doku oransal su içeriği (DOSİ), hidrojen peroksit (H_2O_2), Malondialdehid (MDA), prolin] üzerine etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonunda kurak koşulların biberde bitki gelişimini olumsuz etkilediği, DEİ, H_2O_2 ve MDA içeriğini artırdığı, DOSİ değerini ise azalttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte MA uygulaması kurak şartlarda biberde bitki gelişimini iyileştirmiş ve DEİ, H_2O_2 ve MDA içeriğini kontrole göre azaltmıştır. Sonuç olarak; MA uygulamasının kurak koşulların biber üzerine meydana getirdiği zararı azaltabildiği ortaya konulmuştur.

2019, 53 sayfa

Anahtar Kelimeler: Kuraklık, biber, bitki büyümesi, metil amin

ABSTRACT

Master Thesis

EFFECTS OF METYLAMİN TREATMENTS ON GROWTH AND SOME PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMEICAL PROPERTIES OF PEPPER SEEDLING UNDER DROUGHT STRESS

Ayla GÜR

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

Supervisor: Prof. Dr. Ertan YILDIRIM

This study was carried out in 2017 in the research greenhouse and laboratories of the Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Atatürk University in order to determine the effect of methyl amine (MA) applications on plant growth and some physiological and biochemical properties in pepper grown under drought stress. The study was conducted according to randomized plot design with 4 irrigation levels [full irrigation (100%) (S0), 80% (S1), 60% (S2) and 40% (S3)] and two MA applications (0, 2.5 mM)] with 3 replications as a pot experiment. At the end of the study, plant growth parameters and some physiological and biochemical measurements and analyzes in pepper plants were used to evaluate the differences between applications. According to the research findings, there were significant differences between applications and levels. Effects of MA treatments on plant growth (plant height, stem diameter, fresh, dry weight etc.) and some plant physiological and biochemical parameters [tissue electrical conductivity (DEI), tissue proportional water content (DOSI), hydrogen peroxide (H2O2), Malondialdehyde (MDA), proline] of pepper under different irrigation levels were significantly important. At the end of the study, it was determined that the drought conditions negatively affected the plant growth, increased the content of DEI, H2O2 and MDA and decreased the DOSI value in pepper. However, MA application improved plant growth and decreased DEI, H2O2 and MDA content compared to control in pepper under drought conditions. As a result; it has been shown that the MA application can reduce the damage caused by the drought stress on the peppers.

Keywords: Drought, pepper, plant growth, methyl amine

2019, 53 pages

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimimin başlamasından tamamlanmasına kadar geçen süre içerisinde çalışma konumu belirleyen, çalışma sürem boyunca denetimlerini üzerimden hiç eksik etmeyen her türlü stres, sıkıntı, üzüntü anımda benimle ilgilenen engin bilgi ve tecrübelerini benimle esirgemedi paylaşan, yanlışlarım kaşısında bana doğru yolu gösteren, zorlukla karşılaşsam bile asla pes etmemem gerektiğini öğreten bir öğretmen bir abi ve bir baba gibi davranan maddi manevi yardımlarını esirgemeyen danışmanım; Sayın Prof. Dr. Ertan YILDIRIM'a, denemenin kurulması, yürütülmesinde tecrübelerini esirgemeyen denememin her aşamasında yanımda olan en zor anlarımda pes etmekte olduğum zamanlarda bana bir abla şevkati ile yaklaşip benim dik durmamı sağlayan, onunla çalışmaktan mutluluk duyduğum ve her zaman görmekten onur duyacağım saygıdeğer hocalarım Sayın Doç. Dr. Melek EKİNCİ'ye teşekkürlerimi sunarım. Çalışmadaki kullandığımız Metil Aminin temini, hazırlanmasındaki katkılarından dolayı Sayın Prof. Dr. Metin TURAN (Yeditepe Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Genetik ve Biyomühendislik Bölümü Öğretim Üyesi)'a, çok teşekkür ederim

Yardım ve desteğini dostluklarını hep hissettiğim, her zaman hissedeceğim hocam Sayın Arş. Gör. Raziye KUL teşekkür ederim.

Çalışmamın her aşamasında yanımda olup bana yardım eden değerli arkadaşlarım Taner ÜNAL'a, Kübra TİNBEK, Ayşe Betül TAŞKIN'a, Hatice AGRIDAGI'na, Oğuzhan ARAS teşekkür ederim.

Ayrıca hayatımın her aşamasında yanımda olan maddi manevi hiçbir yardımını benden esirgemeyen canım aileme saygı ve sevgilerimi teşekkürlerimi sunarım.

Ayla GÜR

Şubat, 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	8
2.1. Bitkilerde Kuraklık Stresi.....	8
2.2. Poliaminler ve Bitkilerde Poliamin Uyulamalarının Etkileri	13
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	16
3.1. Materyal.....	16
3.2. Yöntem	16
3.2.1. Tohum ekiminin yapılması, fide yetiştiriciliği ile denemenin kurulması	16
3.2.2. Metil Amin uygulamasının yapılması	18
3.2.3. Kuraklık uygulamalarının yapılması	19
3.3. Ölçüm ve Analizler	20
3.3.1. Bitki boyu (cm)	20
3.3.2. Yaprak sayısı (adet / bitki)	20
3.3.3. Gövde çapı (mm).....	21
3.3.4. Yaprak alanının belirlenmesi.....	21
3.3.6. Klorofil değeri (SPAD)	21
3.3.7. Bitki toprak üstü aksam ve köklerde yaş ve kuru ağırlığın belirlenmesi (g)....	22
3.3.8. Doku elektriksel iletkenliği (EC)(%)	22
3.3.9. Doku oransal su içeriği (DOSİ).....	22
3.3.10. Hidrojen peroksit (H ₂ O ₂).....	23
3.3.11. Malondialdehid -MDA	24
3.3.12. Prolin	24
3.4. İstatiksel Analizler.....	25

4. ARAŞTIRMA BULGULARI	26
4.1. Uygulamaların fide boyu üzerine etkisi	26
4.2. Uygulamaların Gövde Çapı Üzerine Etkisi	27
4.3. Uygulamaların Biber Bitkilerinde Yaprak Sayısı Üzerine Etkisi	28
4.4. Uygulamaların Biber Bitkilerinde Klorofil Miktarı Üzerine Etkisi	29
4.5. Uygulamaların Biber Bitkilerinde Yaprak Alanı Üzerine Etkisi	31
4.6. Uygulamaların Biber Bitkilerinde Fide Yaş Ağırlığı Üzerine Etkisi	32
4.7. Uygulamaların Biber Bitkilerinde Fide Kuru Ağırlığı Üzerine Etkisi	33
4.8. Uygulamaların Biber Bitkilerinde Kök Yaş Ağırlığı Üzerine Etkisi	34
4.9. Uygulamaların Biber Bitkilerinde Kök Kuru Ağırlığı Üzerine Etkisi	35
4.10. Uygulamaların Biber Bitkilerinde DEİ Üzerine Etkisi	36
4.11. Uygulamaların Biber Bitkilerinde DOSİ Üzerine Etkisi	37
4.12. Uygulamaların H ₂ O ₂ İçeriği Üzerine Etkisi	38
4.13. Uygulamaların MDA İçeriği Üzerine Etkisi	39
4.14. Uygulamaların Prolin İçeriği Üzerine Etkisi	40
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	42
KAYNAKLAR	46
ÖZGEÇMİŞ	54

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzde
°	Derece
cm	Santimetre
g	Gram
kg	Kilogram
m	Metre
m ²	Metre kare
mg	Miligram
mg/kg	miligram /kilogram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
mM	Milimolar
ng/μl	Nanogram /mikrolitre
μmol	Mikromol

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Türkiye’de 1981-2017 yıllarındaki yıllık yağış ortalaması	2
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan menderes kıl acı çeşidi	16
Şekil 3.2. Tohum ekimi ve tezgahlar üzerinde viyoller	17
Şekil 3.3. Fide dikimi ve seradaki fidelerden genel bir görünüm	17
Şekil 3.4. Tezgahlar üzerinde saksılar	18
Şekil 3.5. Metil Amin solusyonun uygulanması	18
Şekil 3.6. HH2 Moisture Meter ve sulamadan bir görünüm	19
Şekil 3.7. Deneme boyunca sera içerisinde ölçülen günlük en düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri	20
Şekil 3.8. Yaprak alanının ölçümünden bir görünüm	21
Şekil 3.9. EC ve DOSİ değerlerinin belirlenmesi	23

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Farklı sulama seviyelerinde MA uygulamasının biberde fide boyu üzerine etkisini gösteren varyasyon analiz sonuçları	26
Çizelge 4.2. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biberde MA uygulamasının fide boyu üzerine etkisi	27
Çizelge 4.3. Farklı sulama seviyelerinde MA uygulamasının biberde gövde çapı üzerine etkisini gösteren varyasyon analiz sonuçları	28
Çizelge 4.4. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biberde MA uygulamasının gövde çapı üzerine etkisi	28
Çizelge 4.5. Farklı sulama seviyelerinde MA uygulamasının biberde yaprak sayısı üzerine etkisini gösteren varyasyon analiz sonuçları	29
Çizelge 4.6. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biberde MA uygulamasının yaprak sayısı üzerine etkisi	29
Çizelge 4.7. Farklı sulama seviyelerinde MA uygulamasının biberde klorofil içeriği üzerine etkisini gösteren varyasyon analiz sonuçları	30
Çizelge 4.8. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biberde MA uygulamasının klorofil içeriği üzerine etkisi	30
Çizelge 4.9. Farklı sulama seviyelerinde MA uygulamasının biberde yaprak alanı üzerine etkisini gösteren varyasyon analiz sonuçları	31
Çizelge 4.10. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biberde MA uygulamasının yaprak alanı üzerine etkisi	31
Çizelge 4.11. Farklı sulama seviyelerinde MA uygulamasının biberde taze toprak üstü aksam ağırlığı üzerine etkisini gösteren varyasyon analiz sonuçları	32
Çizelge 4.12. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biberde MA uygulamasının toprak üstü aksam taze ağırlığı üzerine etkisi.....	32
Çizelge 4.13. Farklı sulama seviyelerinde MA uygulamasının biberde kuru toprak üstü aksam ağırlığı üzerine etkisini gösteren varyasyon analiz sonuçları	33

Çizelge 4.14. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biberde MA uygulamasının toprak üstü aksam kuru ağırlığı üzerine etkisi.....	33
Çizelge 4.15. Farklı sulama seviyelerinde MA uygulamasının biberde taze kök ağırlığı üzerine etkisini gösteren varyasyon analiz sonuçları.....	34
Çizelge 4.16. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biberde MA uygulamasının kök taze ağırlığı üzerine etkisi	35
Çizelge 4.17. Farklı sulama seviyelerinde MA uygulamasının biberde kök kuru ağırlığı üzerine etkisini gösteren varyasyon analiz sonuçları.....	35
Çizelge 4.18. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biberde MA uygulamasının kök kuru ağırlığı üzerine etkisi.....	36
Çizelge 4.19. Farklı sulama seviyelerinde MA uygulamasının DEİ değeri üzerine etkisini gösteren varyasyon analiz sonuçları	36
Çizelge 4.20. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biberde MA uygulamasının DEİ değeri üzerine etkisi	37
Çizelge 4.21. Farklı sulama seviyelerinde MA uygulamasının DOSİ değeri üzerine etkisini gösteren varyasyon analiz sonuçları	37
Çizelge 4.22. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biberde MA uygulamasının DOSİ değeri üzerine etkisi	38
Çizelge 4.23. Farklı sulama seviyelerinde MA uygulamasının H ₂ O ₂ içeriği üzerine etkisini gösteren varyasyon analiz sonuçları	38
Çizelge 4.24. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biberde MA uygulamasının H ₂ O ₂ içeriği üzerine etkisi	39
Çizelge 4.25. Farklı sulama seviyelerinde MA uygulamasının MDA içeriği üzerine etkisini gösteren varyasyon analiz sonuçları	39
Çizelge 4.26. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biber bitkisinde MA uygulamalarının MDA içeriği üzerine etkisi.....	40
Çizelge 4.27. Farklı sulama seviyelerinde MA uygulamasının Prolin içeriği üzerine etkisini gösteren varyasyon analiz sonuçları	40
Çizelge 4.28. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biberde MA uygulamasının prolin içeriği üzerine etkisi.....	41

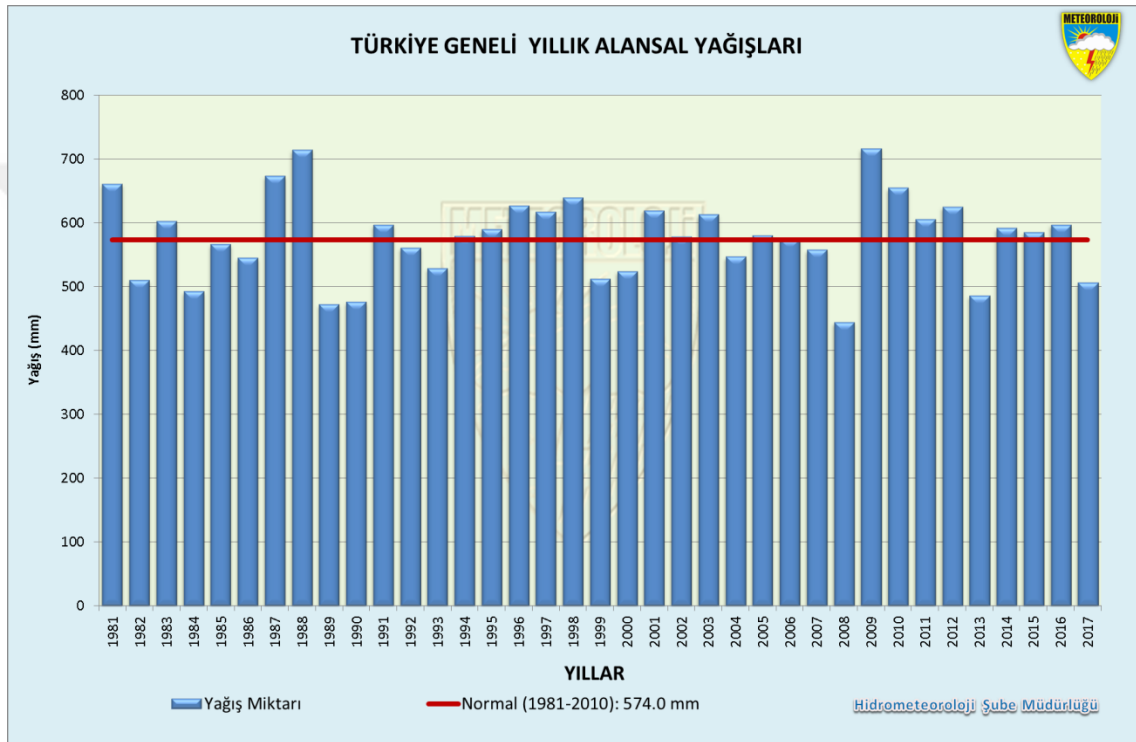
1. GİRİŞ

İklim değışikliğı ve küresel ısınmanın olumsuz sonuçlarından olan su kaynaklarının giderek azalması, çevreye vermiş olduğı zararın yanında sürdürülebilir yaşamı da olumsuz etkileyecek boyutlara ulaşmıştır. Su ihtiyacı fazla olan tarım sektörünün bu olumsuz durumdan ciddi derecede zarar göreceğı öngörülmektedir. İklim değışikliklerinin giderek daha da artacağı 2100 yılına kadar sıcaklıklarda 1-3,5°C artışa neden olacağı öngörülmektedir (Anonim 2015). Dünya da bulunan toplam su miktarı 1,4 milyar km³ tür. Bu suların %97,5'i deniz ve okyanuslarda tuzlu su olarak, %2,5'i ise göllerde ve nehirlerde tatlı su olarak mevcuttur. Bu kadar az olan tatlı su kaynaklarının da %90'ının kutuplarda ve yeraltında bulunması sebebiyle insanoğlunun kolaylıkla yararlanabileceğı elverişli tatlı su miktarının ne kadar az olduğı anlaşılmaktadır (Anonim2017 b).

Türkiye de 2008-2017 arasında yıllık toplam yağış ortalaması 629,6 mm olup, yılda 488 m³ suya denk gelmektedir (Anonim 2017 c). Kişi başına düşen yıllık su kullanılabilir limiti 1,000 m³ ten az olan "su fakiri", 1,000-2,000 m³ arasında "su azlığı" yaşayan 8,000-10,000 m³ ten fazla olanlar "su zengini" olarak sınıflandırılmaktadır. Türkiye de 2015 yılında kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1450 m³ dolaylarında bulunduğundan su azlığı yaşayanlar kategorisinde yer almaktadır (Anonim 2015).

Türkiye İstatistik Kurumu 2030 yılında nüfusumuzun 100 milyon olacağını öngörüsünde bulunmuştur. Bu öngörü dikkate alındığında 2030 yılı için kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının 1.120 m³/yıl civarında olacağı ifade etmektedir. Mevcut büyüme hızı, su tüketim alışkanlıklarının değışmesi gibi faktörlerin etkisi ile su kaynakları üzerine olabilecek baskıları tahmin etmek mümkündür. Ayrıca bütün bu tahminler mevcut kaynakların 20 yıl sonrasına hiç tahrip edilmeden aktarılması durumunda söz konusu olabilecektir. Bu sebeple Türkiye'nin gelecek nesillere sağlıklı ve yeterli su bırakabilmesi için kaynakların çok iyi korunup, dikkatli kullanılmalıdır (Anomin 2017 a).

Türkiye geneli yağış miktarları grafiği incelendiğinde 1981 yılından 2017 yılına kadar olan süre zarfında yağışların azaldığını 2017 yılının daha kurak geçtiği görülmektedir (Şekil 1.1) (Anonim 2017 c). Kuraklığın tarım yapılan toprakların sulanmasında ciddi sorunların yaşanmasına ve bitkisel üretimi olumsuz etkilemesine, buna paralel olarak ta verim ve kalitede azalmaya yol açmaktadır.



Şekil 1.1. Türkiye’de 1981-2017 yıllarındaki yıllık yağış ortalaması (Anonim 2017c).

Kuraklık; tarımsal, meteorolojik, sosyo-ekonomik ve hidrolojik olarak dört alt başlığa ayrılmıştır. Kuraklığın ilk başlangıcı meteorolojik olarak başlar ve hidrolojik, tarımsal kuraklık olarak devam eder ve sosyo-ekonomik kuraklık etkileri gözle görülür bir biçimde meydana gelir. Meteorolojik kuraklıkta ise, yağış miktarı dikkate alınıp yağışın normal değerlerinin altında seyir etmesi ile tanımlanırken, tarımsal kuraklık ise toprakta bulunan suyun bitkinin ihtiyacını karşılayacak seviyede su bulunmaması olarak nitelendirilir (Mishra and Singh 2010). Hidrolojik kuraklık yeraltı su kaynaklarında, göl ve nehirdeki azalan su miktarı olarak adlandırılırken, sosyo-ekonomik kuraklık ise diğer

kuraklık çeşitlerine paralel olarak ekonomik dengelerinde beraberinde bozulması olarak tanımlanır (Mengü vd 2011).

Kuraklık hesaplaması yapılırken bir bölgedeki yağış ile evapotranspirasyon (terleme +buharlaşıma) arasındaki dengenin ortalaması göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Kuraklık zamanla ve yağışların tesirleri (yağış sayısı, yağış yoğunluğu) ile bağlantılıdır. Kuraklıkta etkili olan etmenlerin başında birçok bölgede; yüksek sıcaklık, şiddetli rüzgâr ile düşük nem miktarı gelmektedir (Kapuluhan 2013).

Bitkisel üretimi dünyada sınırlandıran başlıca çevresel stres faktörlerinden ötürü, bitkinin normal ürün potansiyeline ulaşabilmesi için yetiştiricilikte uygun alanların bulunması gün geçtikçe zorlaşmaktadır. Tarımsal üretimin azalmasına etki eden stresler %71 oranında abiyotik kaynaklı iken, %29 oranında diğer stres faktörleri etki etmektedir (Boyer 1982). Stres bitkisel üretimde; bitkilerin büyüme, gelişme ve metabolizmasını etkileyen veya engelleyen durumlara denir. Strese neden olan etmenler; bitkilerde hastalık ve zararlılar gibi biyotik kökenli olabilmektedir. Bunun yanında, düşük ve yüksek sıcaklıklar, kuraklık, tuzluluk, besin elementlerinin eksikliği ya da fazlalığı gibi abiyotik kökenli olabilmektedir (Gürel and Avcıoğlu 2001). Tuzluluk, kuraklık, aşırı yağış, soğuk veya sıcaklık gibi abiyotik stres faktörleri bitkinin büyüme ve gelişmesini direkt etkilemektedir (Taiz and Zeiger 2010).

Bitkiler, genetik kabiliyetleri dahilinde çevresel koşullarda meydana gelebilecek olumsuzluklardan en az zarar görecektir şekilde gelişme mekanizmalarını oluşturabilir ve daha uzun süre aynı ortamda yetiştirildiğinde ise, o ortamın koşullarına uyum sağlayabilirler. Aynı türe ait bitkilerin farklı iklim özelliklerindeki bölgelerde dağılımları, çok farklı iklim koşullarına uyum sağlayabildiklerinin iyi bir göstergesidir (Dolferus 2014).

Abiyotik stres koşullarından bitkilerin büyüme ile gelişimlerini en fazla etkileyen faktörlerden birisi kuraklıktır (Özpay 2008; Köse 2010; Yaşar vd 2013a). Kuraklık, tarımsal faaliyetlerin başlamasından bu yana, bitkisel yetiştiricilik için potansiyel bir

tehdit olmuştur (Karimi *et al.* 2018). Kurak şartlarda bitki büyümesi ile gelişmesi önemli ölçüde etkilenir. Büyüme ve gelişimdeki bu değişim kuraklığın şiddeti ile yaşandığı süreye bağlı olarak değişir. Kurak şartların oluştuğu zamanda bitki ilk dönemlerde, suya ulaşabilmek için gövde büyümesini azaltarak kök uzamasını sağlar. Buna karşın, kuraklık şartlarının daha uzun sürmesi durumun da gövde ve kök gelişimi durur, yaprak sayısı azalır, yaprak alanı ve bazı yapraklar sarararak dökülmeler meydana gelir (Farooq *et al.* 2009; Yaşar vd 2013a; Yaşar vd 2014).

Birçok araştırmanın göstermiş olduğu üzere kuraklık stresi şartlarında yaprak alanı, bitki yaş ve kuru ağırlığı gibi bitki büyüme ve gelişme parametrelerinin olumsuz etkilendiği bilinmektedir (Anyia and Herzog 2004; Mnasri *et al.* 2007). Kuraklık stresi bitkiler üzerinde genel olarak kuruma ve su noksanlığı olarak ikiye ayırabilir (Smirnoff 1993; Kalefetoğlu and Ekmekçi 2005). Su noksanlığı orta düzeydeki su kaybı olup stomaların kapanması ve gaz değişimine neden olur. Su kapsamının oransal değeri yaklaşık %70'de olduğunda az su noksanlığına maruz bırakılan bitkilerde stomaların kapanmasıyla karbondioksit alımı azalmaktadır. Kuruma olayı ise hücre yapısının ve metabolizmanın komple bozulması olarak tanımlanır, enzimle katalizlenen reaksiyonların durmasına sebep olabilecek fazla miktardaki su kaybı olarak ifade edilebilir (Kaçar 2015). Solma, bitkinin ihtiva ettiği turgoru kaybederek çökmesine sebep olmakta, ihtiyaç duyduğu su tekrar bünyesine almasıyla solgunluk şiddetinde azalma meydana gelerek bitki ilk haline geri dönebilmektedir. Kuruma olayında ise solmadan daha çok ileri bir aşamada bitki su kaybettiğinden, bitkinin su alıp eski haline geri dönmesi mümkün değildir. Vasküler bitkilerin çoğu kurumaya duyarlı olduğundan vejetatif doku, %30 seviyesinin altındaki oransal su kapasitesine eriştikten sonra iyileşme işlemine girememektedirler (Kalefetoğlu ve Ekmekçi 2005).

Kurak koşullar, bitkilerde hücre turgor basıncını (su potansiyeli miktarını) etkilemektedir. Bitkilerde bulunan hücrelerin su stresinden etkilenmelerini en aza indirmek için ozmotik dengeleme çok önemlidir. Bunun için bitkiler kuraklık stresini algıladıkları andan itibaren hücrelerinde “ozmolit” olarak adlandırılan, hücre turgor dengesinin korunmasında önemli rol tutan çözünür madde sentezler ve biriktirirler.

Sentezlenen ve biriktirilen bu maddeler betain, organik asitler, asparajin, glisin ve prolin gibi serbest amino asitler ve karbonhidratlar gibi farklı maddeler olabilmektedir. Ozmolitler su dengesini korumakla görevli olmasına rağmen bitkinin kuraklık stresine toleransını direkt olarak arttırmazlar. Ancak, su basıncını yaprakta dengelediklerinden dolayı fotosentezin devamlılığını sağlar stoma iletkenliğini artırır ve böylece büyümeye ve gelişmeye yardımcı olurlar. Kuraklık şartlarında ilk olarak ortaya çıkan serbest amino asit prolindir. Bu yüzden bitkilerin su sorunu çektiğini göstermek için Prolin molekülünün hücre içi konsantrasyonu deneylerde sıklıkla kullanılmaktadır. Hücre içinde prolinin ana görevi, lipid oksidasyonunu önleyerek membran sistemlerini ve teşkil ettikleri bileşikler vasıtasıyla da protein yapılarını korumaktır. Fakat son zamanlarda yapılan çalışmalar, prolinin aynı anda sinyal iletiminde de vazifesinin olabileceğini ve mitokondri işlevlerinin düzenlenmesi, hücre ölümü, hücre bölünmesi veya gen anlatım limitlerinin düzenlenmesinde de rol aldığı, önemli bir serbest amino asit kabul edilebileceğini ortaya koymuştur (Anjum *et al.* 2011; Liang *et al.* 2013; Kishor and Sreenivasulu 2014).

Su, başarılı bir sebze yetiştiriciliği için vazgeçilmez büyüme faktörlerinden biridir. Sebzelerin normal vejetatif ve generatif büyüme ve gelişimi için suya ihtiyacı vardır. Sebze türlerinin kısa süreli su stresine maruz kalması, yapraklardan su kaybını azaltmak için stomaları kapatmalarına neden olur. Bununla birlikte, uzun süreli bir kuraklık durumunda, bitkilerde geri dönüşümsüz hasar meydana gelir ve sonunda ölüm meydana gelir (Ekinci *et al.* 2015). Bitki büyümesindeki meydana gelen azalma, kök ve sürgün meristemlerindeki hücrelerin genişlemesinin ve hücre bölünmesinin durmasına bağlı olarak gelişmektedir. Hücre genişlemesinin veya bölünmesinin durması ise su eksikliği nedeniyle fotosentez oranının düşmesi ile paralellik gösterir (Anjum *et al.* 2011).

Abiyotik stres koşulları altındaki bitkiler yaşamlarını sürdürebilmek ve stresle baş edebilmek için oksidatif strese karşılık ROT (Reaktif Oksijen Türleri)'un kontrolünü ve detoksifikasyonunu karşılayan farklı antioksidatif savunma mekanizmaları geliştirmektedirler. Geliştirmiş oldukları bu sistem çalışmadığı zaman veya yetersiz olduğu zamanlar da bitkilerin hücrelerinde ölümler ortaya çıkmaktadır (Büyük vd 2012;

Yaşar vd 2013b). Bitkiler kuraklığın yol açtığı oksidatif hasarın yıkıcı etkilerini önlemek için antioksidan enzimler (CAT, POD, SOD vb.) yoluyla stresin zararlı etkilerini azaltabilir. Fitohormonlar kuraklık toleransında önemli bir rol oynar ve düşük konsantrasyonlarda bitkilerin fizyolojik süreçlerini etkiler (De Smet *et al.* 2006).

Bitki türleri, çeşitleri ve organları, kuraklık stresinden etkilenmeleri açısından arasında metabolik ve fizyolojik değişimler bakımından önemli derecede farklılıklar bulunmaktadır (Belkhodja *et al.* 1994). Farklı şiddetlerde meydana gelen kuraklıktan etkilenme derecesi genotipe bağlı olarak o genotipin stres şartlarında geliştirdiği metabolik değişimlere, diğer bir ifadeyle biyokimyasal ve fizyolojik tepkilere bağlıdır (Kayabaşı 2011).

Poliaminler birçok bitki büyümesi ve gelişmesi sürecine dahil olan küçük her yerde bulunan poli-kasyonlardır ve asit nötrleştirme ve antioksidan özelliklerinin yanı sıra membran ve hücre duvarı stabilize etme yetenekleri nedeniyle yaşlanma önleyici ve stres önleyici etkileri ile iyi bilinmektedir (Zhao and Yang 2008). Poliaminlerin, bitkilerin, metal toksisitesi (Groppa *et al.* 2003), oksidatif stres (Rider *et al.* 2007), kuraklık (Yamaguchi *et al.* 2007), tuzluluk (Duan *et al.* 2008) ve düşük sıcaklık stresini (Cuevas *et al.* 2008; Groppa and Benavides 2008) içeren çeşitli çevresel streslere karşı savunma tepkilerini kontrol etmede önemli rol oynadıkları öne sürülmüştür. Putresin (Put), spermidin (Spd) ve spermin (Spd) veya uygulamalarının bitkilerde ozmotik ayarlamaların korunması ve toleransla ilişkili gen ekspresyonu ve protein seviyelerinin artırılması ile membranların korunmasındaki rolleri nedeniyle bitki stres toleransını arttırdığı rapor edilmiştir (Tang and Newton 2005; Shi *et al.* 2013; Li *et al.* 2014).

Biberin (*Capsicum annum*) anavatanı Tropikal Amerikadır. Patlıcangiller (Solanaceae) familyasından *Capsicum* cinsindendir. Kristof Colomb'un (1492) Amerika'ya keşfi esnasında Peru, Meksika, Şili, Brezilya'daki Kızılderililerin biber yetiştiriciliği yaptığını gördüğü ifade edilmektedir. Biber İspanya'ya 1493 yılında, Osmanlı İmparatorluğu döneminde 16. yüzyılda ise İstanbul'a getirilmiştir. Ilık ve tropikal iklimlerde yetişebilen çok yıllık bir bitkidir (Hekimoğlu ve Altındeğer 2009).

Uzun zamanlardan beri yetiştiriciliği yapılan biber ülkemizde toplam sebze üretim miktarı içerisinde önemli bir paya sahiptir. 2017 yılı TUIK verilerine göre salçalık biber üretimi 1.107.703, dolmalık biber 420.904, sivri biber 945.361, arliston biber 134.194 ton ile üretim payına sahiptir. Toplam retim miktarı ise 2.608.172 tondur (Anonim 2017 a). Türkiye dünyada biber üreten ülkeler arasında üçüncü sırada yer almaktadır. 2016 yılında dünyada yaklaşık 35 milyon ton biber üretimi gerçekleşmiş olup, birinci sırada 17 milyon ton ile in, ikinci sırada 2.7 milyon ton ile Meksika ve üçüncü sırada ise yaklaşık 2.5 milyon ton ile Türkiye gelmektedir (FAO 2018).

Sulama biber üretimi için elzemdir, çünkü biber su stresine en duyarlı sebze türlerinden biri olarak kabul edilir (Doorenbos and Kassam 1986; Katterji *et al.* 1993; Jaimez *et al.*, 2000). Bu alışma, Türkiye de yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan biber bitkisinde kuraklık stresinin bitki gelişimi ve bazı fizyolojik özellikleri üzerine etkisini belirlemek, ayrıca bu stresin etkilerini en aza indirmek için dört farklı sulama seviyesinde uygulanan metil amin solisyonunun etkilerini araştırmak için yapılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Bitkilerde Kuraklık Stresi

Stres bitkisel üretimde, biyotik ve abiyotik kökenli faktörler sebebiyle bitkinin büyüme ve gelişmesinde yavaşlama ve bunların sonucunda ise verim düşüklüğü ile neticelendirilen bir dizi gerileme olarak nitelendirilebilmektedir (Yaşar 2003).

Çevresel faktörler içerisinde kuraklık stresi, ekonomik açıdan öneme sahip bitkilerde ürün miktarını ve kalitesini en fazla sınırlandıran faktördür (Roch *et al.* 2009). Kuraklık, yağışsız geçen dönemde toprağın su ihtivası ile birlikte bitki gelişiminde ve büyümesinde son derece önemli azalmaya sebebiyet olabilecek, genel ifadeyle meteorolojik bir olgudur (Kozłowski *et al.* 1997; Kuşvuran 2010).

Kuraklık stresi; bitkinin vegetatif ile generatif organları içerisinde su rekabeti, verim ve büyüme, fotosentez ve azot metabolizması, hücre içi yapıları üzerine olumsuz etkilenmelere sebebiyet vererek bitki metabolizmasını bozmaktadır (Smirnoff 1993; Bray 1997; Kocaçalışkan 2003). Ayrıca strese maruz bırakılan bitkilerde bu süreç; etkilenme süresine, genotipine, diğer stres faktörleriyle ilişkisine ve gelişimine paralel olarak çeşitli fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler cevabı tetiklediği ifade edilmektedir. Bu tetikleme sonucunda ise; vejetasyonun çeşitli evrelerinde kuru madde miktarının birikiminde, karbon miktarının değişiminde ve genin başkalaşımında farklılıklar görülmektedir. Yine bu stres faktörü bitkilerin; stomatal özelliklerinin, su kullanımının, fenolojisinin, ozmotik düzenlerinin, su kullanım randımanının, su geçirgenlik etkinliğinin ve bitki kısımlarının olumsuz yönde etkilenmesine sebebiyet vermektedir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi 2005; Jaleel *et al.* 2008; Karipçin 2009). Bununla birlikte araştırmacılar, strese maruz kalan bitkilerde, antioksidant aktivitelerinde azalma, lipid peroksidasyonlarında artış ve klorofil mitarında kayıplara sebebiyet verebileceğini belirtmektedirler (Yaşar 2003; Kuşvuran vd 2008; Yaşar vd 2008). Ayrıca yine yapılan çalışmalarda, kurak koşullarda yetişen bitkilerde, bitkinin köklerinden gövde kısmına

besin maddesi taşınmasının azalmasıyla besin elementi alım miktarının azaldığı bildirilmektedir. Bitkiler kuraklık stresine maruz kaldığında stomalar kapanmakta, yaprak alanları küçülmekte ve buna bağlı olarak transpirasyon oranı düşmektedir. Böylece bitki, bünyesinde meydana gelebilecek su kaybını minimum seviyeye düşürmekte, topraktan suyla beraber iyon emilimini de engellemektedir. Bunun nedeni olarak ise bitkinin transpirasyon miktarının ve aktif taşınımının azalması ve membran permabilitesinin deformasyona uğramasından kaynaklanmış olabileceği ifade edilmiştir (Viets 1972; Alam 1999; Franço *et al.* 2000; Türkan vd 2005). Hücrede fosfolipitlerin hidrofilik kısımlarının birbirlerine daha fazla yaklaşması sonucunda ise membranlar jel-faz konumuna gelmekte ve su kaybına bağlı olarak plazmoliz durumu ortaya çıkmaktadır. Gerilim altında bulunan plazma membranı ve tonoplastta meydana gelen çökmeler, yırtılmalar sebep olarak sitoplazmanın otolizine sebebiyet verebilmektedir (Salisbury and Ross 1992; McKersie and Lehsem 1994). Ayrıca bitki bünyesindeki su potansiyelinin azalması ile stomaların açılıp kapanmasındaki anormallikler sebebiyle toplam klorofil miktarında azalmalar olduğu saptanmıştır. Bunun sonucunda meydana gelen fotosentez aktivitesindeki azalma bitkinin gelişiminde gerilemelere sebep olmaktadır (Franço *et al.* 2000; Hu and Schmidhalter 2005; Türkan vd 2005).

Bu alanda çalışmalar yapan bir çok araştırmacı, kuraklık stresi şartlarında bitki büyüme ve gelişiminin gerilediğini, yaprak alanı, bitki taze ve kuru ağırlığı gibi parametrelerde azalmalar ortaya çıktığını ifade etmişlerdir (Anyia and Herzog 2004; Mnasri *et al.* 2007).

Yapılan bir çalışmada ise, kuraklık uygulamalarının yaprağı yenen sebzelerde su içeriği, bitki gelişimi, gaz değişimi, elektriksel iletkenlik oranı, oksidatif stres zararı, osmolit birikimi ve mineral madde muhtevası belirlenmiştir. Çalışmada, su kısıtı uygulanan bitkilerde yaprak, gövde ve kök gelişimini büyük oranda azaldığı, ayrıca stres şartlarında fotosentetik etkinlik oranının ve stomal iletkenlik oranının düştüğü gözlenmiştir. Bununla birlikte diğer özelliklerin aksine MDA (Malondialdehyde) ve EL (Elektrolit sızıntısı) değerleri su kısıtı uygulanan bitkilerde artmıştır. Ayrıca yapılan bu çalışmada, stres şartlarında yüksek mineral ve prolin içeriği sayesinde bitkilerin osmotik

regulasyonuna yardımda bulunarak, stresin zarar boyutunu azalttığı ileri sürülmüştür (Assaha *et al.* 2016).

Hıyarda yapılan çalışmada, su stresinin verim parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmada, bitkiler 4 farklı sulama seviyesinde (K1=100, K2=75, K3=50, K4=25, K5=0) sera koşullarında yetiştirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre farklı sulama seviyeleri, meyve verimi, meyve uzunluğu, meyve çapı ve kuru madde miktarında önemli seviyede farklılıklara sebep olmuştur. En yüksek kalite ve verim K1 seviyesindeki bitkilerden elde edilirken, sulamanın tamamen kesildiği K5 düzeyinde ise verim %957.1 seviyesinde azalmıştır. En fazla kuru madde içeriği verimle ters orantılı olacak şekilde K5 düzeyinde sulanan bitkilerden elde edilirken K1 düzeyindeki bitkilerden en az kuru madde alınmıştır. Su kullanım etkinliği ise, K1 seviyesinde sulanan bitkilerde en yüksek olup bunu K2 ve K3 seviyelerinde sulanan bitkiler izlemiştir. Sonuç olarak araştırmacılar, hıyarda kuraklık stresinin verim ve kalite parametrelerini olumsuz yönde etkilediğini belirtmişlerdir (Ayaş ve Demirtaş 2009).

Mirabad *et al.* (2013)'ün kavunda farklı sulama seviyelerini kullanarak yaptıkları çalışmada (evapotranspirasyonun %60, %80 ve %100'ü); verim, şeker içeriği ve bitki gelişimi parametreleri incelenmiştir. Araştırmada kısıtlı su uygulamalarının yaprak alanı, yaprak sayısı, bitki kuru ağırlığı, bitki taze ağırlığı ve bitki uzunluğu üzerine istatistiksel olarak önemli seviyede farklılıklara sebep olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, sulama seviyelerinde meydana gelen artışa paralel olarak bitki verim ve gelişiminde de artış tespit edilmiş, düşük sulama seviyelerinde ise bu parametreler olumsuz yönde etkilendiği görülmüştür. Ayrıca bu çalışmada, sulama seviyesindeki azalışa paralel olarak kavunda şeker muhtevasının azaldığı rapor edilmiştir.

Köse (2010) yaptığı çalışmada, kuraklık stresine maruz bırakılan kabak bitkilerinde klorofil miktarının kontrol bitkilerine azaldığını belirtmiştir. Su kısıtı uygulanan bitkilerde enzim aktiviteleri tetkik edildiğinde SOD enzim etkinliği yüksek olan bitkilerin CAT ve APX etkinliklerinin düşük olduğu gözlemlenirken, SOD etkinliği düşük olan bitkilerde CAT ve APX etkinliklerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Kuraklık stresi uygulaması yapılan kabak bitkilerinde mikro element miktarının genel olarak kök bölgelerinde daha çok miktarda yoğunlaştığı gözlemlenmiş, en az mikro element birikiminin ise gövde kısımlarında meydana geldiği gözlemlenmiştir.

İki yıl süre ile yürütülen bir tarla çalışmasında, lahanada (*Brassica oleracea* L. cvs Pennant ve Rio Grande) kısıtlı sulama miktarlarının bitki fizyolojisi, bitki gelişimi ve bitki verimi üzerine etkileri incelenmiştir. Araştırmada kısıtlı sulama uygulamalarının oransal su içeriğini, lahana iriliğini, gaz değişimini, yaprak alanını ve pazarlanabilir ürün miktarını azalttığı sonucuna ulaşılmıştır (Xu and Leskovar 2014).

Bamya genotiplerinin kuraklık ve tuzluluk streslerine dayanıklılıklarının incelendiği çalışmada; stres koşullarının bamya genotiplerinin hepsinde teze ağırlık miktarlarında azalmalara sebep olduğu belirtilmiştir. Bamya genotipleri üzerindeki tuz ve kuraklık stresinin nelere sebebiyet verebileceği karşılaştırıldığında, tuz stresinin meydana getirdiği etkinin daha fazla olduğu ve bu sebeple kontrol bitkilerine oranla taze ağırlık bakımından daha büyük kayıplara sebebiyet verdiği belirlenmiştir. Tuz stresi altında yetiştirilen bamya bitkisinde genel olarak kontrol bitkilerine göre %73,20 oranında değişim meydana geldiği tespit edilirken, kuraklık stresi altındaki bitkilerde, görülen bu etkinin %63,56 dolaylarında olduğu belirlenmiştir (Küçükkömürcü 2011).

Arpada farklı dönemlerde kuraklığa maruz bırakılan bitkiler incelendiğinde; arpa tane miktarını ve verimini azaltan en önemli abiyotik stres faktörünün kuraklık olduğu, fakat bu azalma nedeninin sadece kuraklığın süresi ve şiddetine değil, bunların yanında kuraklık etkisinde kaldığı gelişme dönemi ile de bağlantılı olduğu tespit edilmiştir (Van Oosterom *et al.* 1993).

Saneoka *et al.* (1996) tarafından yürütülen bir araştırmada, altı mısır çeşidinde yaprak su ilişkileri ve bitki gelişimi üzerine kuraklık stresinin etkileri incelenmiştir. Araştırmacılar, çeşitler arasında yaprak su potansiyeli ve bitki gelişimi yönünden önemli derecede farklılıklar olduğunu ve bu farklılıkların bitki çeşitlerinin ozmotik basıncı düzenlemeleri arasındaki farklılıktan kaynaklandığını ifade etmişlerdir.

Türkan vd (2005) tarafından yürütülen çalışmada, stres ortamı oluşturabilmek için kullanılan polietilen glikol (PEG) ile bitkideki stomal geçirgenlik, gelişmesindeki değişim, oransal su içeriği, lipit peroksidasyonu, prolin ve antioksidan düzen tolerans ilişkisi incelenmiştir. Araştırmada bitkisel materyal olarak kuraklığa dayanıklı tepari fasulyesi (*P. acutifolius* Gray) grubu içerisinde yer alan PI 321–638 çeşidi ile kuraklığa hassas yaygın fasulye (*P. vulgaris* L.) grubu içerisinde yer alan FM 53 çeşidi kullanılmıştır. Fasulye fideleri 35 günlük olduklarında, su stresinin başlatılması için - 0.40 MPa ozmotik potansiyel oluşturan PEG–6000 ile 14 gün muamele edilmiştir. Araştırma sonuçları incelendiğinde, *P. vulgaris* çeşidinde vejetatif gelişmenin daha az olduğu gözlemlenirken gövde ve kök kuru ağırlıklarının da daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Oransal su içeriğinde *P. acutifolius* bitkisinde herhangi bir değişiklik gözlenmezken *P. vulgaris*'te oransal su içeriğinde azalma olduğu gözlenmiştir. Araştırmacılar *P. acutifolius*'in, PEG işleminin oluşturduğu su stresi altında *P. vulgaris*'ten daha fazla stoma iletkenliği sağladığını ifade etmişlerdir. Sonuçlar incelendiğinde, *P. acutifolius*'taki lipit peroksidasyonunun *P.vulgaris*'ten daha düşük olduğu gözlenmiştir. GR, SOD ve APOX etkinliklerinin su stresi koşullarında arttığı ve APOX, SOD, CAT ve POXS gibi enzimlerin etkinliklerinin *P. acutifolius*'ta hasas olan çeşitten daha fazla olduğu saptanmıştır.

Nogues *et al.* (2000) yaptıkları kuraklık çalışmasında; zeytin, biberiye ve lavantada fotosentetik karakterlere bakmışlardır. Çalışma sonunda, kuraklık stresine maruz kalan üç türde de fotosentetik üretkenliğin azaldığı saptanmıştır.

Mohammadian *et al.* (2005), şeker pancarında kuraklık stresinin bitki gelişimi üzerine olan etkisini incelemişler ve kontrol uygulaması ile karşılaştırılan bitkilerde kuraklık şartlarının yaprak, yaprak alanı indeksi, kök ve sürgün kuru ağırlığında azalmaya yol açtığını bildirmişlerdir.

Makbul vd (2011) tarafından kuraklık stresine maruz bırakılan soya fasulyesi (*Glycine max* L.) bitkisinde fizyolojik ve anatomik parametrelerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Strese tabi tutulan bitkiler kontrolle kıyaslandığında kök/gövde

seviyesinin arttığı, stoma iletkenliğinin ve toplam klorofil muhtevasının azaldığı saptanmıştır.

2.2. Poliaminler ve Bitkilerde Poliamin Uyulamalarının Etkileri

Poliaminlerin, biyokimyada tanımlanmış olan en eski organik bileşiklerden birisi olduğu ifade etmiştir (Galston 1991).

1800'lü yıllarda keşfedilen poliaminlerin; spermin, spermidin, putresin ve kadaverin hormon gruplarından oluştuğu ifade edilmiştir. Bu hormon grupları embriyogenesis, organogenesis, hücre bölünmesi ve çiçek oluşumu gibi birçok parametrede rol aldığı bilinmektedir. Poliaminlerin RNaz, membran stabilitesinin korunmasında, serbest radikallerin uzaklaştırılmasında, protein ile nükleik asit sentezinde, proteaz gibi benzer enzimlerin ve fitokrom, etilen benzeri birçok çeşitli hormonların biyosentezinde çok önemli bir görev üstlendiği ifade edilmektedir (Arslan 2012).

En fazla bilinen putresin, spermidin ve sperminin kimyasal ve yapısal özellikleri 1920'li yıllarda ortaya çıkmış ve bunların, azot muhteva eden düşük molekül ağırlıklı organik bileşikler olduğunu ifade edilmektedir (Alcazar 2010).

Poliaminlerin hücrede mitoz bölünmeye yol açarak, hücre bölünmesi ve ardından hücre büyümesine sebebiyet verdiği bildirilmektedir (Costa and Bagni 1983; Bagni 1986; Gallardo and Matilla 1996).

Poliaminler; embriyo oluşumu, organ oluşumu, çiçek oluşumu ve gelişimi, meyve gelişimi ve olgunlaşması, yaprak senesensi, biyotik ve abiyotik stres gibi daha birçok fizyolojik süreçlerde önemli rol oynamaktadır. Ayrıca, bitki hücresinin bütün iç yapılarında hatta nükleuslerde bir veya birden fazla yaşamsal süreçlerde bulunur (Galston and Kaur-Sawhney 1990; Kumar *et al.* 1997; Walden *et al.* 1997; Malmberg *et al.* 1998; Bouchereau *et al.* 1999; Bagni and Tassoni 2001; Alcazar *et al.* 2006; Kusano *et al.* 2008).

Günümüzde poliaminlerin tüm hücrelerde bulunduğu ifade edilme fakat bu bileşikler bazı metanojenik arkeler ve halofit bakteri hücrelerinde bulunmamaktadır (Gupta *et al.* 2013).

Poliaminlerle ilgili yapılan araştırmaların ilk yıllarında, potasyum eksikliğine uğramış arpada bilinmeyen yapıların (ninhidrin pozitif) varlığını gözlemlemişlerdir. Gözlemlenen bu yapılar daha sonradan, kristalizasyon ve izolasyon yöntemleri kullanılarak putresin olarak ifade edilmiştir (Alcazar 2010).

Putresin, Spermidin ve Spermin gibi poliamin uygulamalarının abiyotik stres şartlarında bitki gelişimini olumlu etkilediğini göstermiştir (Kireççi 2006; Alcazar *et al.* 2011; Alet *et al.* 2012).

Bazı bitki türlerinde yapılan araştırmalar, poliamin konsantrasyonlarındaki değişikliklerin, tuzluluk, potasyum eksikliği, yüksek veya düşük sıcaklıklar ve kuraklık gibi çeşitli abiyotik streslere ortak bir bitki tepkisi olduğunu göstermiştir (Oosterhuis and Loka 2012).

Shi *et al.* (2013) poliamin uygulamalarının kuraklık ve tuz streslerinin etkisini hafiflettiğini, antioksidan enzimlerin ve stresle ilgili diğer birkaç proteini önemli ölçüde arttırdığını bulmuşlardır. Minocha *et al.* (2014), poliaminlerin stres koşullarının olumsuz etkisini azaltmadaki rolünü muhtemelen, membranlarla doğrudan etkileşimlerinden, oksidan aktivitesinin azaltılmasından, uyumlu osmolit veya iyonik özellik olarak işlev görmesinden kaynaklanmış olabileceğini bildirmişlerdir.

Yoncada, kuraklığa tabi tutulan bitkilere spermidine uygulaması yapılarak stresin sebep olabileceği olumsuz etkilerin ortadan kaldırılması hedeflanmıştır. Poliaminlerin, bitkilerde H₂O₂ üretiminin düzenlenmesinde de rol oynadığı bildirilmektedir. Araştırma sonucuna göre, spermidine uygulamasının H₂O₂ üretimini ve antioksidanla ilgili genlerin ifadelerini kontrol ederek, yoncada kuraklığa toleransı artırdığı rapor edilmiştir (Li *et al.* 2015).

Altabella *et al.* (2009) yaptıkları incelemede *Arabidopsis* bitkisinde *ADC1* geninin fazla ifade edilmesi, putresin miktarının fazla olduğu ile ilişkilendirilmekte ve bu putresin birikiminin soğuk stres seviyesine toleransı arttırdığı bildirilmiştir.

Ayrıca yapılan araştırmalar, poliaminlerin hücrede mitoz bölünmeye yol açarak, hücre bölünmesi ve ardından hücre büyümesine sebebiyet verdiğini bildirilmektedir (Costa and Bagni 1983; Bagni 1986; Gallardo and Matilla 1996).



3. MATERİYAL ve YÖNTEM

Bu çalışma, 2017 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Araştırma Seraları ve Laboratuvarlarında yürütülmüştür.

3.1. Materyal

Araştırmada bitkisel materyal olarak biber (*Capsicum annum* L.) menderes kıl acı çeşidi kullanılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan menderes kıl acı çeşidi

3.2. Yöntem

3.2.1. Tohum ekiminin yapılması, fide yetiştiriciliği ile denemenin kurulması

Biber tohumları ekimden önce yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuştur. Bunun için tohumlar %5'lik sodyum hipoklorid içerisinde 15 dakika tutulduktan sonra steril deionize su ile yıkanmıştır. Yüzeysel sterilizasyonu yapılan tohumlar steril koşullarda

kurutulmuştur. Tohumlar 216 gözlü torf:perlit (3:1 v:v) ile doldurulmuş viyollere, 1 cm derinliğe bir göze 2 tohum gelecek şekilde ekim işlemi yapılmıştır (Şekil 3.2). Ekimi yapılan viyoller serada tezgahlar üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 3.2). Çıkıştan sonra her gözde bir fide kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır. Tohum ekim tarihinden itibaren 30 gün sonra dikim büyüklüğüne gelen sağlıklı fideler topraklı saksılara her saksıda bir biber fidesi olacak şekilde aktarılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.2. Tohum ekimi ve tezgahlar üzerinde viyoller

Saksılar 2:1 oranında bahçe toprağı ve kum karışımı ile tüm saksıların ağırlığı 2,300 g olacak şekilde ayarlanmıştır. Saksılar serada tezgâhlar üzerine rastgele dağıtılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Fide dikimi ve seradaki fidelerden genel bir görünüm (orijinal)



Şekil 3.4. Tezgahlar üzerinde saksılar

3.2.2. Metil Amin uygulamasının yapılması

Metil amin uygulaması; 2,5 mM olacak şekilde solisyon hazırlanılmıştır. Fideler dikimden önce viollerle beraber hazırlanan metil amin solusyon içine 5 dk daldırma işlemi yaparak uygulama yapılmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Metil Amin solusyonun uygulanması (orijinal).

3.2.3. Kuraklık uygulamalarının yapılması

Bitkilere verilecek olan sulama suyu dozu saksılardaki nem muhtevası portatif nem ölçer (HH2 Moisture Meter, WET Sensor, Delta-T Devices, Cambridge, England) ile hacim esas alınarak hesaplanmıştır (Şekil 3.6). Sulama uygulamalarını gerçekleştirmek için öncelikle kullanılacak nem ölçerin denemede kullanılan toprak materyaline göre kalibrasyonu sağlandıktan sonra, spesifik olarak ortamın tarla kapasitesinde tuttuğu hacimsel nem miktarı belirlenmiştir. Her sulama uygulamasında tam sulama (%100) yapılacak olan kontrol konusunda (S0) eksilen toprak nemi tekrar tarla kapasitesine ulaşacak kadar sulama suyu verilmiştir. Kuraklık etkilerinin görülmesi amaçlanan diğer üç konuda tarla kapasitesinin %80 (S1), %60 (S2) ve %40 (S3)'ü kadar miktarında sulama yapılmıştır.

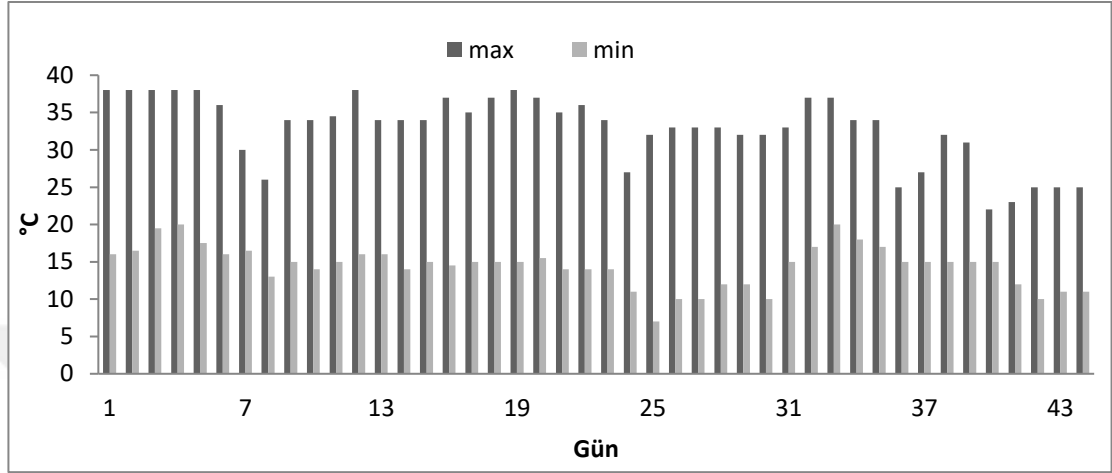
Çalışma, 4 sulama seviyesi (%100, 80, 60 ve 40) iki MA uygulaması (kontrol ve 2.5 mM MA) üç tekerrürlü ve her tekerrürde 5 bitki olacak şekilde toplamda 120 saksı ile yürütülmüştür.



Şekil 3.6. HH2 Moisture Meter ve sulamadan bir görünüm (orijinal)

Seranın sıcaklık ve nem oranı günlük olarak takip edilmiştir. Deneme boyunca elde edilen verilerden ortalama minimum sıcaklık 18,7°C ve ortalama maksimum sıcaklık

34,1°C olarak belirlenmiştir (Şekil 3.7). Saksıların nem durumu kontrol edilerek ihtiyaç olduğunda saksılara tarla kapasitesine kadar su verilmiştir.



Şekil 3.7. Deneme boyunca sera içerisinde ölçülen günlük en düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri

Dikimden 50 gün sonra bitkiler toprak yüzeyinden kesilerek toprak üstü taze ve ve kuru yine saksılardan kökler azami dikkatle çıkarılarak yıkanmış ve kök taze ve kuru ağırlığı belşirmek amacıyla laboratuara götürülmüştür. Hasat öncesi ve hasat sonrası yapılan ölçüm, tartım ve gözlemler aşağıda belirtildiği şekliyle gerçekleştirilmiştir.

3.3. Ölçüm ve Analizler

3.3.1. Bitki boyu (cm)

Deneme bitiminde bitkilerin kök boğazından başlayıp büyüme ucuna kadar devam eden bölüm cm cinsinden cetvel yardımıyla ile ölçüm işlemi yapılmıştır.

3.3.2. Yaprak sayısı (adet / bitki)

Deneme bitiminde bitkilerde bitki üzerinde bulunan tüm yaprakların sayılması ile adet/bitki olarak belirlenmiştir.

3.3.3. Gövde apı (mm)

Bitkilerinin gövde çaplarının ölçüm işlemleri dijital kumpast vasıtası ile mm (± 0.1) olarak gerçekleşmiştir.

3.3.4. Yaprak alanının belirlenmesi

Deneme bitiminde her bir uygulamada bulunan biber bitkilerin yaprak alanları, yaprak alanını ölçen cihaz ile (LICOR, Model: LI-3100, Lincoln, NE, ABD) llerek belirlenmiştir (ekil 3.8).



Şekil 3.8. Yaprak alanının ölçümünden bir görünüm (orijinal)

3.3.6. Klorofil değeri (SPAD)

Klorofil lm işlemi, yapraktaki klorofil muhtevasını ölçen, portatif klorofilmetre (SPAD-502, Konica Minolta Sensing, Inc., Japan) ile yapılmıştır.

3.3.7. Bitki toprak üstü aksam ve köklerde yaş ve kuru ağırlığın belirlenmesi (g)

Dikimden 90 gün sonra hasat edilen biber bitkileri hassas terazide tartım işlemi gerçekleştirildikten sonra bitkilerde hem toprak üstü aksamlarının hemde toprak altı (kök) g (± 0.1) yaş ağırlıkları tespit edilmiş, daha sonra ölçümü yapılan bu bitki aksamaları 68°C etüvde 48 saat sıcakta kurutma işlemine tabii tutulmuş ve ardından kuruyan bitkiler hassas terazide g olarak tekrar tartılarak çıkan sonuçlar kaydedilmiştir.

3.3.8. Doku elektriksel iletkenliği (EC)(%)

Bitki bünyesinde ortaya çıkan stresin yaprak dokularında ortaya çıkardığı zarar ile hücre zarlarında ortaya çıkardığı hasarın bir belirtisi olan yaş yaprak dokularında ölçülen elektrik iletkenlik ölçümleridir. Her bir tekerrürden tesadüfî olacak şekilde seçilen bitkinin gerçek yapraklarından kesilen diskler (1 cm çapında) saf su (20 ml) muhteva eden cam şişelere konarak çalkalayıcıya yerleştirilmiş ve ardından 24 saat çalkalanmış ve ardından cam şişelerdeki suyun elektriksel iletkenliği ölçülmüştür. Bunun sonucunda ise hücre zarının geçirgenliği saptanmıştır (EC1). Mevcut örnekler ölçüm işleminin ardından otoklavda 121°C'de 20 dakika süre ile bekletilmiştir. Bu sürede hücre ile dokuların tamamen parçalanması saplanmış olup ardından da ikinci ölçüm işlemi (EC2) yapılmıştır. Bunun ardından ise EC1/ EC2 arasında bulunan oran işlemi hesaplanmış ve göreceli elektriksel iletkenlik değerleri saptanmıştır.

3.3.9. Doku oransal su içeriği (DOSİ)

Tesadüfen seçilen 2 biber bitkisinin yapraklarından diskler (1 cm çapında) kesilmiş ve ardından tartılmış. Yaprak disklerinin taze ağırlıkları (TA) kayıt edilmiştir. Tartım işlemi bittikten sonra disk şeklinde alınan yapraklar içinde saf su bulunan petri kaplarına konulmuştur. Yaprak diskleri petri kabında 5 saat bekletilmiş, bekletme işlemi bitince yaprak disklerinin üzerinde bulunan fazla su silinerek tekrar tartılmış. Disklerin turgorlu ağırlıkları (TU) ölçülmüştür. Ölçüm işlemi tamamlandıktan sonra bu yaprak diskleri, boş petri kaplarına yerleştirilerek 72°C etüvde 48 saat süre ile bekletilerek

diskler kurutulmuş ardında tartılmıştır. Böylece yaprak disklerinin kuru ağırlıkları (KA) hesaplanmıştır. Kaya *et al.* (2003)'e göre doku oransal su içeriği aşağıda belirtilen formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{DOSİ} = [(TA - KA) / (TU - KA)] \times 100$$



Şekil 3.9. EC ve DOSİ değerlerinin belirlenmesi (Orijinal resim)

3.3.10. Hidrojen peroksit (H₂O₂)

Özden *et al.* (2009)'da verilen yöntem esas alınarak yapılan H₂O₂ analizinde her bir tekerrürden tesadüfî olarak seçilen bitkilerden alınan toplam 0,25 g yaş yaprak örneği buz üzerinde soğutularak porselen havan içerisinde 3 ml %0,1'lik TCA ile ekstrakt edilmiştir. Daha sonra ekstraktlar 2 ml'lik ependorf tüplere konularak ve soğutuculu santrifüj de 4°C'de 10.000 g'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Daha sonra 15 ml hacimli tüplere sırası ile 100 µL supernatant, 100 µL K-P tampon çözeltisi ve 1.5 ml KI (Potasyum Iodide) konulmuştur. Örneklerin absorbansı karıştırıcıda 30 sn çalkalandıktan sonra spektrofotometrede 390 nM'de okunmuştur. Kör numune olarak supernatant yerine saf su kullanılmıştır ve diğer işlemler aynı şekilde tekrarlanmıştır. Değişik yoğunlukta H₂O₂ içeren çözeltilerin yardımıyla standart eğri oluşturulmuş ve örneklerin H₂O₂ içerikleri hesaplanmıştır.

3.3.11. Malondialdehid -MDA

Hayatta kalan bitkiler arasından tesadüfen seçilen 2 bitkiden 0,25 g yaş yaprak örneği alınarak buz üzerindeki porselen havan içerisinde 5 ml %0,1'lik TCA ile ekstrakt edilmiştir. Ekstraktlar tüplere yerleştirilerek 25°C'de 6000 g'de 5 dakika santrifüj edilmiştir. Daha sonra 1 ml supernatantdan alınıp üzerine 4 ml %20'lik TCA içeren %0,5'lik TBA eklenmiştir. Test tüpleri 95-100°C'deki su banyosunda 30 sn bekletildikten sonra 5-10 dakika boyunca buz içerisine konulmuştur. Daha sonra 30 saniye boyunca karıştırıcıda çalkalanmış ve oda sıcaklığına gelmesi beklenilmiştir. Karışımdan alınan örneğin absorbansı spektrofotometrede 450, 532 ve 600 nM'lerde okunmuştur. Kör numune olarak supernatant yerine 1 ml saf su konulmuş ve diğer işlemler aynı şekilde tekrarlanmıştır. Örneklerin MDA verileri aşağıda belirtilen formüle göre (Zhang *et al.* 2005) hesaplanmıştır.

$$\text{MDA } (\mu\text{mol g}^{-1} \text{ taze ağırlık}) = 6.45 \times (A_{532} - A_{600}) - 0.56 \times A_{450}$$

3.3.12. Prolin

Bates *et al.* (1973)'nın kullandığı yöntem esas alınarak yapılan prolin tayininde hayatta kalan bitkiler arasında tesadüfen seçilen 2 bitkiden 0,25 g yaş yaprak örneği alınarak porselen havan içerisinde 5 ml %3'lük (w/v) 5-sülfosalisilik asit ile ekstrakt edilmiştir.

Ekstraktlar tüplere yerleştirilerek 25°C'de 6000 g'de 5 dakika santrifüj edilmiş ve içerisinden 1 ml supernatantdan alınmış ve 1 ml asit ninhidrin, 1 ml glasiyal asetik asit test tüpü içerisinde karıştırılmıştır. Test tüpleri 100°C'deki su banyosunda 1 saat bekletildikten sonra 1 dakika boyunca buz içerisine bekletilmiştir. Karışımın üzerine 4 ml toluen eklenerek 30 saniye boyunca karıştırıcıda çalkalanmış ve oda sıcaklığına gelmesi beklenmiştir. Karışımdan alınan örneğin absorbansı spektrofotometrede 520 nM'de okunmuştur. Kör numune olarak sadece toluen kullanılmıştır. Değişik yoğunlukta prolin içeren çözeltiler aynı işlemlere tabi tutularak standart eğri oluşturulmuş ve örneklerin prolin içerikleri hesaplanmıştır.

3.4. İstatiksel Analizler

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü kurulmuştur. Deneme sonucunda elde edilen veriler SPSS 18 paket programı yardımıyla varyans analizine tabi tutularak, ortalamalara ait farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir (SPSS Inc. 2010).



4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Uygulamaların fide boyu üzerine etkisi

Araştırmada, sulama seviyesi ve MA uygulamasının fide boyu ölçümlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi uygulama, sulama, uygulama x sulama interaksyonu istatistiksel olarak çok önemli ($p<0,001$) bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Farklı sulama seviyelerinde MA uygulamasının biberde fide boyu üzerine etkisini gösteren varyasyon analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F	Ö.S.
Uygulama	1	15,909	107,269	0,000***
Sulama	3	113,277	763,974	0,000***
Uygulama x Sulama	3	2,282	15,385	0,000***
Hata	16	0,148		
Toplam	24			

*** $p<0.001$ olasılık düzeyinde çok önemli

MA uygulaması ve farklı seviyelerde sulamaların fide boyu üzerine etkisi ile ilgili veriler Çizelge 4.2’de sunulmuştur. Sulama seviyeleri dikkate alındığında hem kontrol hem MA uygulamalarında en yüksek fide boyu S0, en düşük ise S3 uygulamasında belirlenmiştir. Kuraklık seviyesi arttıkça fide boyunun kısaldığı görülmüştür. Ortalamalara göre MA uygulaması kontrole göre fide boyunu %13 civarında artırmıştır.

Çizelge 4.2. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biberde MA uygulamasının fide boyu üzerine etkisi (cm)

Uygulama	Sulama Seviyeleri				
	S0	S1	S2	S3	Ortalama
MA	19,47a*	14,13b	10,01c	8,40d	13,00 A^z
Kontrol	16,30a*	12,07b	9,53c	7,60d	11,38 B
Ortalama	17,88A*	13,10B	9,77C	8,00D	12,19

S0: %100 sulama, S1: %80 sulama, S2: %60 sulama, S3: %40 sulama

* “Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 seviyesinde önemli farklılık yoktur”

z “Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 seviyesinde önemli farklılık yoktur”

4.2. Uygulamaların Gövde Çapı Üzerine Etkisi

Araştırmada, sulama seviyesi ve MA uygulamalarının biber bitkisinde gövde çapı ölçümlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir. Çizelge 4.3’de görüldüğü üzere sulama seviyesi, uygulama ve uygulama x sulama seviyesi interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çalışmada, MA uygulaması ve farklı sulama seviyelerinin biberde gövde çapını istatistiksel anlamda etkilediği belirlenmiştir. Gövde çapı en fazla S0 seviyesinde belirlenmiş su kısıtı arttıkça gövde çapının azatlığı saptanmıştır. Ortalamalar dikkate alındığında S3 seviyesinde gövde çapı S0 seviyesine göre %37,5 azaldığı tespit edilmiştir. MA uygulamalarının uygulama yapılmayan kontrole göre gövde çapını %15 oranında arttırdığı saptanmıştır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.3. Farklı sulama seviyelerinde MA uygulamasının biberde gövde çapı üzerine etkisini gösteren varyasyon analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F	Ö.S.
Uygulama	1	1,163	244,193	0,000***
Sulama	3	1,854	389,333	0,000***
Uygulama x Sulama	3	0,023	4,869	0,014*
Hata	16	0,005		
Toplam	24			

*P<0.05 düzeyinde önemli, ***p<0.001 olasılık düzeyinde çok önemlidir.

Çizelge 4.4. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biberde MA uygulamasının gövde çapı üzerine etkisi (mm)

Uygulama	Sulama Seviyeleri				Ortalama
	S0	S1	S2	S3	
MA	3,47a	3,29b	2,60c	2,30d	2,92A
Kontrol	3,10a	2,72b	2,29c	1,79d	2,48B
Ortalama	3,28A***	3,00B	2,45C	2,05D	2,70

S0: %100 sulama, S1: %80 sulama, S2: %60 sulama, S3: %40 sulama

* “Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 seviyesinde önemli farklılık yoktur”

z “Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 seviyesinde önemli farklılık yoktur”

4.3. Uygulamaların Biber Bitkilerinde Yaprak Sayısı Üzerine Etkisi

Araştırmada kullanılan MA uygulaması ve sulama seviyelerinin biber bitkisinde yaprak sayısı üzerine etkisini gösterir varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5’de verilmiştir. Çizelge 4.5’de gösterildiği gibi uygulama ve kuraklık istatistiksel olarak çok önemli ($p<0,001$) olduğu bulunmuştur. Ayrıca uygulama x kuraklık interaksiyonlarının istatistiksel olarak ($p<0,01$) önemli olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.5. Farklı sulama seviyelerinde MA uygulamasının biberde yaprak sayısı üzerine etkisini gösteren varyasyon analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F	Ö.S.
Uygulama	1	11,084	213,479	0,000***
Sulama	3	62,538	1204,961	0,000***
Uygulama x Sulama	3	0,286	5,502	0,009**
Hata	16	0,052		
Toplam	24			

***p<0.001 olasılık düzeyinde çok önemli ve **p<0,01 düzeyinde önemli

Farklı sulama seviyeleri incelendiğinde en fazla yaprak sayısı S0 seviyesinde, en az ise S3 seviyesinde olduğu tespit edilmiştir. Farklı sulama seviyelerinin ortalamaları incelendiğinde S0'a oranla S3 seviyesinde %40,4 daha azaldığı tespit edilmiştir. MA ve kontrol grubu ortalamaları incelendiğinde MA uygulamasının ortalaması kontrol grubu ortalamasına oranla yaprak sayısında %9,1 oranda artış olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biberde MA uygulamasının yaprak sayısı üzerine etkisi (adet/bitki)

Uygulama	Sulama Seviyeleri				
	S0	S1	S2	S3	Ortalama
MA	18,53a	16,14b	13,47c	11,27d	14,85A
Kontrol	17,47a	14,87b	11,47c	10,17d	13,49B
Ortalama	18,00A	15,50B	12,47C	10,72D	14,17

S0: %100 sulama, S1: %80 sulama, S2: %60 sulama, S3: %40 sulama

* "Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 seviyesinde önemli farklılık yoktur"

z Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 seviyesinde önemli farklılık yoktur"

4.4. Uygulamaların Biber Bitkilerinde Klorofil Miktarı Üzerine Etkisi

Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biber bitkisine uygulanan MA uygulamasının klorofil miktarına etkisini gösteren varyans analizi Çizelge 4.7'de gösterilmiştir. Çizelge

4.7 incelendiğinde klorofil içeriği bakımından sulama seviyelerinin istatistiksel açıdan çok önemli olduğu ($p<0,001$) görülmektedir. Uygulama ve uygulama x sulama interaksyonlarının istatistiksel önemsiz olduğu ($p>0,05$) tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7. Farklı sulama seviyelerinde MA uygulamasının biberde klorofil içeriği üzerine etkisini gösteren varyasyon analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F	Ö.S.
Uygulama	1	1,101	0,231	0,637 ^{NS}
Sulama	3	149,981	31,528	0,000 ^{***}
Uygulama x Sulama	3	14,495	3,047	0,059 ^{NS}
Hata	16	4,757		
Toplam	24			

*** $p<0.001$ olasılık düzeyinde çok önemli ve $P>0,05$ de önemsiz

Ortalamalar dikkate alındığında sulama seviyeleri arasında en fazla klorofil değeri S1 ve S2 konularında meydana gelmiştir. MA uygulaması ile kontrol arasında klorofil değeri bakımından istatistiksel anlamda bir farklılık tespit edilememiştir (Çizelge 4.).

Çizelge 4.8. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biberde MA uygulamasının klorofil içeriği üzerine etkisi (SPAD)

Uygulama	Sulama seviyeleri				
	S0	S1	S2	S3	Ortalama
MA	45,98bc	54,30a	50,32ab	42,71c	48,33ö.d
Kontrol	44,28c	50,72b	54,06a	42,54c	47,90
Ortalama	45,13B	52,51A	52,19A	42,62B	48,11

S0: %100 sulama, S1: %80 sulama, S2: %60 sulama, S3: %40 sulama

* “Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 seviyesinde önemli farklılık yoktur”

öd: ortalamalar arasında %5 seviyesinde önemli farklılık yoktur

4.5. Uygulamaların Biber Bitkilerinde Yaprak Alanı Üzerine Etkisi

Denemede MA uygulamaların ve farklı sulama seviyelerinin biber bitkisindeki yaprak alanı üzerine etkisini göstermek için yapılan varyans analizleri Çizelge 4.13’de gösterilmiştir. Çizelge 4.13 incelendiğinde uygulama ve kuraklık istatistiksel olarak çok önemli ($p<0,001$) olduğu belirlenmiştir. Uygulama x kuraklık interaksyonu incelendiğinde istatistiksel olarak ($p<0,01$) düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.9. Farklı sulama seviyelerinde MA uygulamasının biberde yaprak alanı üzerine etkisini gösteren varyasyon analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F	Ö.S.
Uygulama	1	1,297	52,242	0,000***
Sulama	3	8,314	334,789	0,000***
Uygulama x Sulama	3	0,163	6,566	0,004**
Hata	16	0,025		
Toplam	24			

*** $p<0,001$ olasılık düzeyinde çok önemli ve ** $p<0,01$ olasılık düzeyinde önemli

Çizelge 4.10 incelendiğinde en fazla yaprak alanının S0 seviyesinde olduğu tespit edilmiş olup MA uygulamasının kontrolle kıyaslandığında S0 seviyesinde yaprak alanında %3,7’lik bir artış tespit edilmiştir. Sulama seviyeleri ortalamaları incelendiğinde S0’a oranla S3’de %57.9 azaldığı tespit edilmiştir. MA ve kontrol bitkilerinin ortalamaları incelendiğinde ise %12,7 oranında MA uygulamasında yaprak alanı arttığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.10. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biberde MA uygulamasının yaprak alanı üzerine etkisi (cm²)

Uygulama	Sulama Seviyeleri				Ortalama
	S0	S1	S2	S3	
MA	4,84a	4,12b	3,40c	2,11d	3,62A
Kontrol	4,66a	3,55b	2,52c	1,89d	3,16B
Ortalama	4,75A	3,83B	2,96C	2,00D	3,39

S0: %100 sulama, S1: %80 sulama, S2: %60 sulama, S3: %40 sulama

* “Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 seviyesinde önemli farklılık yoktur”

z “Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 seviyesinde önemli farklılık yoktur”

4.6. Uygulamaların Biber Bitkilerinde Fide Yaş Ağırlığı Üzerine Etkisi

Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biber bitkisinde MA uygulamalarının fide yaş ağırlığı üzerine etkisini incelemek için yapılan varyans analizi Çizelge 4.11’de gösterilmiştir. Çizelge 4.11 incelendiğinde uygulama, kuraklık, uygulama x sulama interaksiyonunun çok önemli ($p<0,001$) olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.11. Farklı sulama seviyelerinde MA uygulamasının biberde taze toprak üstü aksam ağırlığı üzerine etkisini gösteren varyasyon analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F	Ö.S.
Uygulama	1	1,984	287,153	0,000***
Sulama	3	9,549	1382,222	0,000***
Uygulama x Sulama	3	0,161	23,303	0,000***
Hata	16	0,007		
Toplam	24			

*** $p<0.001$ olasılık düzeyinde çok önemli

Sera koşullarında yürütülen çalışmamızda, fide yaş ağırlığının en fazla S0 seviyesinde olduğu MA uygulamasının kontrolü ile kıyaslandığında ise %20 oranında arttığı tespit edilmiştir. Farklı sulama seviyeleri kendi içinde kıyaslandığında en yüksek olan S0 konusuna göre S3 seviyesindeki sulamada %78 oranında fide yaş ağırlığında azalma olduğu tespit edilmiştir. Uygulama yapılan bitkiler ile kontrol bitkilerinin ortalamaları kıyaslandığında ise uygulama yapılan bitkilerde fide yaş ağırlıklarında %25,8 artış olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.12. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biberde MA uygulamasının toprak üstü aksam taze ağırlığı üzerine etkisi (g/bitki)

Uygulama	Sulama Seviyeleri				
	S0	S1	S2	S3	Ortalama
MA	4,07a	2,47b	1,64c	0,82d	2,25A
Kontrol	3,24a	1,82b	0,91c	0,72d	1,67B
Ortalama	3,65A	2,14B	1,28C	0,77D	1,96

S0: %100 sulama, S1: %80 sulama, S2: %60 sulama, S3: %40 sulama

* “Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 seviyesinde önemli farklılık yoktur”

z “Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 seviyesinde önemli farklılık yoktur”

4.7. Uygulamaların Biber Bitkilerinde Fide Kuru Ağırlığı Üzerine Etkisi

Farklı sulama seviyelerinde, kontrol grubu ve uygulama yapılan MA biberde toprak üstü aksam fide kuru ağırlığına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.13’de gösterilmiştir. Çizelge 4.13 incelendiğinde uygulama ve sulama seviyelerinin çok önemli ($p<0,001$) olduğu, uygulama x sulama interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) olduğu görülmektedir.

Denemizde, fide toprak üstü aksam kuru ağırlık miktarının en fazla S0 seviyesinde olduğu, MA uygulaması kontrolle kıyaslandığında S0 seviyesinde %9,5 oranında fide kuru ağırlığının arttığı tespit edilmiştir. Farklı sulama seviyelerinin ortalamaları incelendiğinde ise S0’a oranla S3 seviyesinde %80 azalma olduğu tespit edilmiştir. Toprak üstü aksam kuru ağırlığı su kısıtı arttıkça azalmıştır. MA ve kontrol gruplarının ortalamaları incelendiğinde ise uygulama yapılan bitkilerin ortalamasında %20 oranında artma olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.13. Farklı sulama seviyelerinde MA uygulamasının biberde kuru toprak üstü aksam ağırlığı üzerine etkisini gösteren varyasyon analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F	Ö.S.
Uygulama	1	0,005	43,346	0,000***
Sulama	3	0,03	277,051	0,000***
Uygulama x Sulama	3	0,000	3,942	0,028*
Hata	16	0,000		
Toplam	24			

*** $p<0,001$ olasılık düzeyinde çok önemli ve * $p<0,05$ olasılık düzeyinde önemli

Çizelge 4.14. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biberde MA uygulamasının toprak üstü aksam kuru ağırlığı üzerine etkisi (g/bitki)

Uygulama	Sulama Seviyeleri				Ortalama
	S0	S1	S2	S3	
MA	0,21a	0,15b	0,09c	0,04d	0,12A^z
Kontrol	0,19a	0,11b	0,05c	0,04d	0,10B
Ortalama	0,20A	0,13B	0,07C	0,04D	0,11

S0: %100 sulama, S1: %80 sulama, S2: %60 sulama, S3: %40 sulama

* “Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 seviyesinde önemli farklılık yoktur”

z “Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 seviyesinde önemli farklılık yoktur”

4.8. Uygulamaların Biber Bitkilerinde Kök Yaş Ağırlığı Üzerine Etkisi

Araştırmada kullanılan MA uygulamasının farklı sulama seviyelerindeki biber bitkisinde kök yaş ağırlığı üzerine etkisini gösteren varyans analiz sonuçları Çizelge 4.15'te, ortalamalara ait değerler ise Çizelge 4.16'da sunulmuştur. Çizelge 4.15 incelendiğinde uygulama, sulama seviyesi ve uygulama x sulama interaksiyonunun istatistiksel olarak çok önemli ($p<0,001$) olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.15. Farklı sulama seviyelerinde MA uygulamasının biberde taze kök ağırlığı üzerine etkisini gösteren varyasyon analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F	Ö.S.
Uygulama	1	0,363	323,567	0,000***
Sulama	3	1,265	1127,075	0,000***
Uygulama x Sulama	3	0,056	50,258	0,000***
Hata	16	0,001		
Toplam	24			

*** $p<0.001$ olasılık düzeyinde çok önemli

Çalışmada, sulama seviyesi ve MA uygulamalarının biberde kök taze ağırlığını istatistiksel anlamda etkilediği saptanmıştır. En fazla kök yaş ağırlığının S0 seviyesinde olduğu, S0 seviyesinde MA uygulanan biber bitkileri ve kontrol bitkileri kıyaslandığında uygulama yapılan bitkilerde %22 oranında kök yaş ağırlığının arttığı tespit edilmiştir. Farklı sulama seviyelerinin ortalamaları incelendiği zaman S0'dan S3 seviyesine kadar kök yaş ağırlığının %60 daha azaldığı görülmektedir. MA uygulaması yapılan biber bitkileri ile uygulama yapılmayan biber bitkileri ortalamaları kıyaslandığı zaman ise uygulama işlemi yapılan biber bitkilerinde %19'luk bir kök yaş artışı olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.16. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biberde MA uygulamasının kök taze ağırlığı üzerine etkisi (g/bitki)

Uygulama	Sulama Seviyeleri				
	S0	S1	S2	S3	Ortalama
MA	1,86a	1,54b	1,09c	0,66d	1,29A
Kontrol	1,45a	1,32b	0,71c	0,67d	1,04B
Ortalama	1,65A	1,43B	0,90C	0,66D	1,16

S0: %100 sulama, S1: %80 sulama, S2: %60 sulama, S3: %40 sulama

* “Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 seviyesinde önemli farklılık yoktur”

z “Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 seviyesinde önemli farklılık yoktur”

4.9. Uygulamaların Biber Bitkilerinde Kök Kuru Ağırlığı Üzerine Etkisi

Farklı sulama seviyelerinde biber bitkisinde MA uygulamalarının fide kök kuru ağırlığı üzerine etkisini gösteren varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17’de gösterilmiştir. Çizelge 4.17 incelendiği zaman sulamanın etkisinin çok önemli ($p<0,001$) olduğu görülmüştür. Uygulama ve uygulama x sulama interaksiyonlarının ise istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) olduğu görülmektedir.

Sulama seviyeleri ve MA uygulaması kök kuru ağırlığını istatistiksek anlamda etkilemiş ve kök kuru ağırlığının sulama kısıtı arttıkça azaldığı tespit edilmiştir. En fazla kök kuru ağırlığının S0 seviyesinde olduğu gözlenmiştir. Sulama ortalamaları kıyaslandığı zaman S0’a göre S3’de %91 kök kuru ağırlığının azaldığı tespit edilmiştir. MA uygulamalarının ortalaması ile kontrol bitkilerinin ortalaması incelendiğinde uygulama yapılan biber bitkilerinde kök kuru ağırlığının %28 oranında arttığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.17. Farklı sulama seviyelerinde MA uygulamasının biberde kök kuru ağırlığı üzerine etkisini gösteren varyasyon analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F	Ö.S.
Uygulama	1	0,001	6,903	0,018*
Sulama	3	0,017	126,832	0,000***
Uygulama x Sulama	3	0,000	3,231	0,050*
Hata	16	0,000		
Toplam	24			

*** $p<0.001$ olasılık düzeyinde çok önemli ve * $p<0,05$ olasılık düzeyinde önemli

Çizelge 4.18. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biberde MA uygulamasının kök kuru ağırlığı üzerine etkisi (g/bitki)

Uygulama	Sulama Seviyeleri				
	S0	S1	S2	S3	Ortalama
MA	0,12a	0,10b	0,04b	0,01c	0,07A^z
Kontrol	0,12a	0,08b	0,01c	0,01c	0,05B
Ortalama	0,12A	0,09B	0,03C	0,01D	0,06

S0: %100 sulama, S1: %80 sulama, S2: %60 sulama, S3: %40 sulama

* “Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 seviyesinde önemli farklılık yoktur”

z “Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 seviyesinde önemli farklılık yoktur”

4.10. Uygulamaların Biber Bitkilerinde DEİ Üzerine Etkisi

MA uygulamalarının farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biber bitkisinde DEİ üzerine göstermiş olduğu değişimin varyans analizi Çizelge 4.19’da belirtilmiştir. Çizelge 4.19 incelendiğinde uygulama, sulama ve uygulama x sulama interaksiyonunun istatistiksel olarak çok önemli ($p < 0,001$) olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.19. Farklı sulama seviyelerinde MA uygulamasının DEİ değeri üzerine etkisini gösteren varyasyon analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F	Ö.S.
Uygulama	1	21,870	128,101	0,000***
Sulama	3	223,494	1309,122	0,000***
Uygulama x Sulama	3	2,922	17,113	0,000***
Hata	16	0,171		
Toplam	24			

*** $p < 0.001$ olasılık düzeyinde çok önemli

Araştırmada farklı sulama seviyesi ve MA uygulamalarının biberde DEİ değeri üzerine etkisinin önemli düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Farklı sulama seviyeleri incelendiğinde en yüksek değerin S3 seviyesinde olduğu kontrol grubundaki bitkilerin MA uygulaması yapılan bitkilere oranla %7,7 daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Sulama seviyelerinin ortalaması incelendiği zaman ise S3 seviyesine oranla S0 seviyesinde %53.7'lik DEİ üzerinde azalma gözlenmiştir. Kontrol bitkilerinin ortalamaları ile MA uygulamalı biber bitkilerinin ortalamaları incelendiğinde ise kontrol grubundaki bitkileri DEİ değerinin uygulamalı bitkilerden %8,8 oranında daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.20. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biberde MA uygulamasının DEİ değeri üzerine etkisi (%)

Uygulama	Sulama Seviyeleri				Ortalama
	S0	S1	S2	S3	
MA	11,75c	21,67b	21,33b	24,50a	19,81B
Kontrol	11,88d	23,58c	24,88b	26,55a	21,72A
Ortalama	11,81C	22,63B	23,11B	25,53A	20,77

S0: %100 sulama, S1: %80 sulama, S2: %60 sulama, S3: %40 sulama

* “Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 seviyesinde önemli farklılık yoktur”

z “Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 seviyesinde önemli farklılık yoktur”

4.11. Uygulamaların Biber Bitkilerinde DOSİ Üzerine Etkisi

Farklı sulama seviyelerinde biberde MA uygulamalarının ve kontrol gruplarının DOSİ değeri üzerine etkisinin belirtildiği varyans analiz sonuçları Çizelge 4.21’de verilmiştir. Çizelge 4.21 incelendiğinde uygulama ve sulama seviyelerinin DOSİ üzerine etkisinin statiksel olarak çok önemli ($p<0,001$) olduğu, uygulama x sulama interaksiyonunun ise istatiksel olarak önemli ($p<0,01$) olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.21. Farklı sulama seviyelerinde MA uygulamasının DOSİ değeri üzerine etkisini gösteren varyasyon analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F	Ö.S.
Uygulama	1	86,716	22,495	0,000***
Sulama	3	870,288	225,758	0,000***
Uygulama x Sulama	3	31,137	8,077	0,002**
Hata	16	3,855		
Toplam	24			

*** $p<0,001$ olasılık düzeyinde çok önemli ve ** $p<0,01$ olasılık düzeyinde önemli

Çalışmamızda en yüksek DOSİ değerlerinin S0 seviyesinde olduğu, sulama seviyelerinin ortalamaları incelendiğinde ise S0'a oranla S3 seviyesinde %38.7 değerinde azalma olduğu gözlenmiştir. MA uygulaması ve kontrol gruplarının ortalamaları incelendiğinde ise uygulama yapılan biber bitkilerinin DOSİ miktarının kontrol grubuna oranla daha yüksek olduğu ve %6,6'lık bir artışın olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.22. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biberde MA uygulamasının DOSİ değeri üzerine etkisi (%)

Uygulama	Sulama Seviyeleri				Ortalama
	S0	S1	S2	S3	
MA	68,19a	63,58b	54,33c	44,62d	57,68A^z
Kontrol	70,83a	58,86b	46,22c	39,61d	53,88B
Ortalama	69,51A	61,22B	50,28C	42,12D	55,78

S0: %100 sulama, S1: %80 sulama, S2: %60 sulama, S3: %40 sulama

* “Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 seviyesinde önemli farklılık yoktur”

z “Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 seviyesinde önemli farklılık yoktur”

4.12. Uygulamaların H₂O₂ İçeriği Üzerine Etkisi

Farklı sulama seviyelerinde MA uygulamasının H₂O₂ içeriği üzerine etkisini gösteren varyasyon analiz sonuçları Çizelge 4.23'te sunulmuştur. Çizelge 4.23 incelendiğinde sulama seviyelerinin, MA uygulamalarının ve sulama x uygulama interaksiyonunun biberde H₂O₂ içeriği üzerine etkisinin çok önemli düzeyde (p<0,001) olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.23. Farklı sulama seviyelerinde MA uygulamasının H₂O₂ içeriği üzerine etkisini gösteren varyasyon analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F	Ö.S.
Uygulama	1	11.138	514.378	0.000***
Sulama	3	8.029	370.769	0.000***
Uygulama x Sulama	3	0.994	45.902	0.000***
Hata	16	0.022		
Toplam	24			

*** p<0.001 olasılık düzeyinde çok önemli ve ** p<0,01 olasılık düzeyinde önemli

Sera koşullarında saksı denemesi olarak yürüttüğümüz çalışmamızda sulama seviyesi ve MA uygulamalarının biberde H_2O_2 içeriğini istatistiksel anlamda etkilediği belirlenmiştir. Su kısıtı seviyesindeki artışa paralel olarak H_2O_2 içeriğinin arttığı, en yüksek H_2O_2 içeriğinin S3 konusunda meydana geldiği tespit edilmiştir. MA uygulaması H_2O_2 içeriğini kontrole göre önemli düzeyde azaltmıştır (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.24. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biberde MA uygulamasının H_2O_2 içeriği üzerine etkisi (mmol/kg)

Uygulama	Sulama Seviyeleri				
	S0	S1	S2	S3	Ortalama
MA	8.40d ^{***}	9.32c	10.17b	10.53a	9.61B^z
Kontrol	8.82c ^{***}	11.71b	11.41ab	11.94a	10.97A
Ortalama	8.61D^{***}	10.52C	10.79B	11.24A	10.29

S0: %100 sulama, S1: %80 sulama, S2: %60 sulama, S3: %40 sulama

* “Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 seviyesinde önemli farklılık yoktur”

z “Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 seviyesinde önemli farklılık yoktur”

4.13. Uygulamaların MDA İçeriği Üzerine Etkisi

Çizelge 4.25 farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biberde MA uygulamalarının etkisinin görüldüğü varyans analiz sonuçları görülmektedir. Çalışmada Uygulama, sulama ve uygulama x sulama interaksiyonunun MDA üzerine etkisinin çok önemli ($p<0,001$) olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.25. Farklı sulama seviyelerinde MA uygulamasının MDA içeriği üzerine etkisini gösteren varyasyon analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F	Ö.S.
Uygulama	1	0.519	46.969	0.000 ^{***}
Sulama	3	1.458	131.905	0.000 ^{***}
Uygulama x Sulama	3	0.145	13.081	0.000 ^{***}
Hata	16	0.011		
Toplam	24			

^{***} $p<0,001$ olasılık düzeyinde çok önemli ve ^{**} $p<0,01$ olasılık düzeyinde önemli

Sulama seviyelerine ait ortalamalar incelendiğinde su kısıtı arttıkça MDA içeriğinin arttığı tespit edilmiştir. En yüksek MDA içeriğinin S3 konusunda meydana geldiği tespit edilmiştir. MA uygulamaları kendi içerisinde değerlendirildiğinde ise MA uygulanmamış kontrol bitkileri uygulama yapılmış olanlara göre %6 oranında daha fazla MDA içeriğine saip oldukları belirlenmiştir (Çizelge 4.26).

Çizelge 4.26. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biber bitkisinde MA uygulamalarının MDA içeriği üzerine etkisi (mmol/kg)

Uygulama	Sulama Seviyeleri				
	S0	S1	S2	S3	Ortalama
MA	4.41c ^{***}	4.63c	4.92b	5.18a	4.79B^z
Kontrol	4.32d ^{***}	4.81c	5.38b	5.80a	5.08A
Ortalama	4.37D^{***}	4.72C	5.15B	5.49A	4.93

S0: %100 sulama, S1: %80 sulama, S2: %60 sulama, S3: %40 sulama

* “Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 seviyesinde önemli farklılık yoktur”

z “Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 seviyesinde önemli farklılık yoktur”

4.14. Uygulamaların Prolin İçeriği Üzerine Etkisi

Farklı sulama seviyelerinde MA uygulamasının prolin içeriği üzerine etkisini gösteren varyasyon analiz sonuçları incelendiğinde; sulama seviyesi, MA uygulaması ve sulama x uygulama interaksiyonunun çok önemli ($p<0,001$) olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.27. Farklı sulama seviyelerinde MA uygulamasının Prolin içeriği üzerine etkisini gösteren varyasyon analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F	Ö.S.
Uygulama	1	12330.667	54.793	0.000 ^{***}
Sulama	3	1999.333	8.884	0.001 ^{***}
Uygulama x Sulama	3	2248.000	9.989	0.001 ^{***}
Hata	16	225.042		
Toplam	24			

*** $p<0.001$ olasılık düzeyinde çok önemli ve ** $p<0,01$ olasılık düzeyinde önemli

Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biberde MA uygulamasının biberde prolin içeriği üzerine etkisi Çizelge 4.28’de sunulmuştur. Çizelge incelendiğinde sulama seviyesi ve MA uygulamalarının biberde prolin içeriğini istatistiksel anlamda etkilediği belirlenmiştir. Sulama konuları kendi içerisinde incelendiğinde en yüksek prolin içeriği S3 konusunda elde edilirken, en düşük S0 ve S1 konularında ortaya çıkmıştır. MA uygulaması prolin içeriğini kontrol uygulamasına göre istatistiksel olarak azaltmıştır.

Çizelge 4.28. Farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biberde MA uygulamasının prolin içeriği üzerine etkisi (mmol/kg)

Uygulama	Sulama Seviyeleri				Ortalama
	S0	S1	S2	S3	
MA	472.67b*	473.33b	454.33c	501.67a	475.50B^z
Kontrol	496.00b*	491.33b	556.33a	539.67a	520.83A
Ortalama	484.33B*	482.33B	505.33A	520.67A	498.17

S0: %100 sulama, S1: %80 sulama, S2: %60 sulama, S3: %40 sulama

* “Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 seviyesinde önemli farklılık yoktur”

z “Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 seviyesinde önemli farklılık yoktur”

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Dünyada ve Ülkemizde bitkisel üretim zararlı ve hastalık etmenlerinin yanı sıra çevresel şartlara bağlı olarak meydana gelebilen stres şartlarından dolayı büyük bir ölçüde sınırlandırılmaktadır (Mahajan and Tuteja 2005). Bitkisel üretimi olumsuz etkileyen stres şartlarının verimde %50 den daha fazla azalmaya sebep olduğu belirtilmiştir (Maggio *et al.* 2005). Bitkisel yetiştiricilikte önemli derecede verim ve kalite azalmasına sebep olan kuraklık en önemli stres faktörlerinden biridir. Başarılı bir sebze yetiştiriciliği için su olmazsa olmaz büyüme şartlarından biridir. Bu çalışma; Türkiye de yetiştiriciliği yoğun olarak yapılan biberde, farklı sulama seviyelerinde (%100, 80, 60, 40) MA uygulamasının fide boyu, gövde çapı, yaprak sayısı, klorofil, yaprak alanı, fide yaş ağırlığı, fide kuru ağırlığı, kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı, DEİ, DOSİ, MDA, H₂O₂ ve prolin içeriği üzerine etkisini belirlemek için yapılmıştır.

Çalışmada, farklı sulama seviyelerinin ve MA uygulamalarının biberde bitki gelişimi ve bazı bitkisel fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri önemli seviyede etkilediği saptanmıştır. Kuraklık seviyesindeki artışla birlikte biberde fide boyu, gövde çapı, yaprak sayısı, yaprak alanı, klorofil içeriği, toprak üstü yaş ve kuru ağırlık, kök yaş ve kuru ağırlığının azaldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, MA uygulamalarının kuraklığın neden olduğu bu olumsuz etkiyi kontrol uygulamasına göre azalttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.2, 4.4, 4.6., 4.8, 4.10, 4.12, 4.14, 4.16, 4.18).

Çalışmamızdan elde edilen bulgulara paralel olarak kuraklık stresinin biberde bitki gelişimini olumsuz etkilediğini rapor eden bir çok araştırma bulunmaktadır (Daniel *et al.* 1992; Showemimo and Olarewaju 2007; Mardani *et al.* 2017). Yapılan araştırmalar, kısa süreli su stresinde bile biberin veriminde, kalitesinde ve miktarındaki önemli düşüşler olduğunu göstermiştir (Jaimez *et al.* 2000; Della Costa and Gianquinto 2002; Fernandez *et al.* 2005). Kuraklık, büyüme, besin ve su ilişkileri, fotosentez kapasitesi ve asimilasyonu engeller ve sonuçta verimde ve kalitede önemli bir azalmaya neden olur (Fahad *et al.* 2017). Ayrıca, kuraklık stresi koşulları, fotosentez, protein sentezi, lipid

metabolizması ve prolin birikimi gibi tüm ana bitki fizyolojik ve metabolik yollarını etkiler (Lee *et al.* 2007).

Yine daha önce yürütülen çalışmalar Putresin, Spermidin ve Spermin gibi poliamin uygulamalarının abiyotik stres şartlarında bitki gelişimini olumlu etkilediğini göstermiştir (Kireççi 2006; Alcazar *et al.* 2011; Alet *et al.* 2012). Poliaminlerin hücrede mitoz bölünmeye yol açarak, hücre bölünmesi ve ardından hücre büyümesine sebebiyet verdiği bildirilmektedir (Costa and Bagni 1983; Bagni 1986; Gallardo and Matilla 1996). Çalışmamızda MA uygulamalarının kurak koşullarda biberde bitki gelişimini olumlu etkilemesi ile yukarıda belirtilen araştırmalar benzerlik göstermektedir. Poliaminler; embriyo oluşumu, organ oluşumu, çiçek oluşumu ve gelişimi, meyve gelişimi ve olgunlaşması, yaprak senesensi, biyotik ve abiyotik stres gibi daha birçok fizyolojik süreçlerde önemli rol oynamaktadır. Ayrıca, bitki hücresinin bütün iç yapılarında hatta nükleuslerde bir veya birden fazla yaşamsal süreçlerde bulunur (Galston and Kaur-Sawhney 1990; Kumar *et al.* 1997; Walden *et al.* 1997; Malmberg *et al.* 1998; Bouchereau *et al.* 1999; Bagni and Tassoni 2001; Alcazar *et al.* 2006; Kusano *et al.* 2008).

Farklı bitki türlerinde yapılan çalışmalar tuzluluk, kuraklık, soğuk, ozon, sıcak, UV, mekanik yaralanma, ağır metal toksisitesi, herbisit uygulamaları ve daha birçok çevresel olaya karşı bir tepki olarak bitkilerde poliamin birikiminin olduğu ifade edilmiştir (Bouchereau *et al.* 1999; Alcazar *et al.* 2006; Groppa and Benavides 2008; Zhou and Yu 2010).

Farklı sulama seviyeleri biberde klorofil içeriği üzerine önemli derecede etki göstermiş ve en düşük SPAD değeri S3 konusunda belirlenmiştir. Ortalamalar dikkate alındığında MA uygulamasının klorofil içeriği üzerine etkisinin önemli olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.8). Kuraklık stres koşullarında klorofilin azalması ile ilgili bir çok çalışma raporları vardır (Khayatnezhad and Gholamin 2012; Ekinci *et al.* 2015; Sahin *et al.* 2015; Sahin *et al.* 2018). Kuraklık stresi, Chl a / b sentezini inhibe eder ve Chl a / b

bağlayıcı proteinlerin içeriğini azaltır, bu da fotosistem II ile bağlantılı hafif hasat pigment proteininin azalmasına yol açar (Rahbarian *et al.* 2011).

Denemede uygulanan kuraklık stresi biberde membran zararlanmasına yol açarak DEİ değerini artırmıştır (Çizelge 4.20). Benzer şekilde kurak koşullar biber bitkilerinde H₂O₂ ve MDA içeriklerinin artmasına neden olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.24, 4.26). Tersine kurak stresi DOSİ değerinin azalmasına yol açtığı belirlenmiştir (Çizelge 4.22). Kuraklık stresi aynı zamanda bitkideki stomaları da etkiler. Stoma iletkenliğindeki azalma yaprak sıcaklığında artışa ve yapraklardaki yaprak su oranının düşmesi nedeniyle membran sistemlerinde meydana gelen hasar olur (Dolferus 2014; Ors *et al.* 2016). Kuraklık stresi ozmotik strese neden olan hücresel dehidratasyona ve suyun sitoplazmadan ekstraselüler alana çıkarılmasına neden olur ve bu da sitozolik ve vakuolar hacimlerin azalmasına neden olur. Bir diğer sonuç, daha sonra hücresel yapıları ve metabolizmayı olumsuz yönde etkileyen H₂O₂ gibi reaktif oksijen türlerinin üretimidir (Bartels and Sunkar 2005). Süperoksit ve H₂O₂ gibi reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimi, abiyotik stres altındaki bitkilerde en yaygın tepki olarak kabul edilir. Yüksek ROS seviyeleri protein ve lipid peroksidasyonuna, klorofilin bozulmasına ve programlanmış hücre ölümüne neden olur (Li *et al.* 2015).

Bazı bitki türlerinde yapılan araştırmalar, poliamin konsantrasyonlarındaki değişikliklerin, tuzluluk, potasyum eksikliği, yüksek veya düşük sıcaklıklar ve kuraklık ile biyotik stresler gibi çeşitli abiyotik streslere ortak bir bitki tepkisi olduğunu göstermiştir (Oosterhuis and Loka 2012). Çalışmamızda, MA uygulamalarının kurak koşullarda biberde DEİ, MDA ve H₂O₂ içeriğini uygulama yapılmayan kontrol bitkilerine göre artırdığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.20, 4.24, 4.26). Daha önce yürütülen araştırmalarda poliamin uygulamalarının özellikle stres koşullarında hücre membranının bir bütün olarak korunması, osmotik yanıt genleri ifadelerinin tetiklenmesi, stres kaynaklı büyüme inhibisyonunun geriye döndürülmesi, H₂O₂ seviyelerinin azaltılması ve süperoksit radikali, antioksidan enzim etkinliğinin artırılması ve Na⁺ Cl⁻ iyonlarının farklı bitki organlarında birikiminin azaltılması gibi etki gösterdiği rapor edilmiştir (Ali 2000; Iqbal and Ashraf 2005; Ndayiragiji and Lutts 2006; Tang and Newton 2005; Yiu

et al. 2009; Zhang *et al.* 2009; Afzal *et al.* 2009; Terzi *et al.* 2014). Poliaminlerin, bitkilerde H_2O_2 üretiminin düzenlenmesinde de rol oynadığı bildirilmektedir. Spermidine uygulamasının H_2O_2 üretimini ve antioksidan ilgili genlerin ifadelerini kontrol ederek yoncada kuraklığa toleransı artırdığı rapor edilmiştir (Li *et al.* 2015).

Shi *et al.* (2013) poliamin uygulamalarının kuraklık ve tuz streslerinin etkisini hafiflettiğini, antioksidan enzimlerin ve stresle ilgili diğer birkaç proteini önemli ölçüde arttırdığını bulmuşlardır. Poliaminlerin stres koşulların olumsuz etkisinin azaltılmasındaki rolü muhtemelen, membranlarla doğrudan etkileşimlerinden, oksidan aktivitesinin azaltılmasından, uyumlu osmolit veya iyonik özellik olarak işlev görmesinden kaynaklanabilir (Minocha *et al.* 2014).

Çalışmamızda, farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen biberde MA uygulamasının prolin içeriği üzerine etkisin önemli olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.28). Ortalamalar dikkate alındığında en fazla prolin içeriği S3 ve S4 konularında ortaya çıkmıştır. Prolin, ozmotik ayarlama sağlayan anahtar osmolit amino asittir (Valentovic *et al.* 2006). Su eksikliği stresine cevap olarak, bitkiler büyük miktarda prolin biriktirir (Hayat *et al.*, 2012; Krasensky and Jonak, 2012). Bitkilerde prolin içeriği ve stres toleransı arasındaki güçlü bir ilişki olduğunu ileri sürmüştür. Sonuçlarımız kuraklık stresine cevap olarak artan prolin içeriğini bildiren önceki çalışmalarla uyumludur. Khan *et al.* (2017) kuraklık stresi altında yetiştirilen lahana fidelerinde daha yüksek prolin içeriği belirlemiştir. Yan (2015), çin lahanası fidelerinde su stresi artışıyla birlikte prolin ve şeker içeriğinin arttığını rapor etmiştir.

Çalışmanın sonucunda, farklı sulama seviyeleri koşulları altında biberde bitki gelişim özellikleri düşük stres seviyelerinde hafifçe azalmış, ancak en yüksek stres seviyelerinde ciddi derecede düşmüştür. Sonuç olarak, dışarıdan MA uygulamaları kuraklık stresinin zararlı etkilerini hafiflettiği belirlenmiştir. MA uygulamaları, biberde DOSİ değerini artırıp, DEİ, MDA ve H_2O_2 'yi azaltarak bu olumlu etkiye yol açmış olabilir.

KAYNAKLAR

- Afzal, I., Munir, F., Ayub, C.M., Basra, S.M.A., Hameed, A. ve Nawaz, A., 2009. Changes in Antioxidant Enzymes, Germination Capacity and Vigour of Tomato Seeds in Response of Priming with Polyamines, *Seed Science and Technology*, 37, 765-70.
- Alam, S. M., 1999. Nutrient uptake by plants under stress conditions, in Pessarakli, M.: *Handbook of Plant and Crop Stress*. Marcel Dekker, New York, pp. 285–314.
- Alcazar, R., Altabella, T., Marco, F., Bortolitto, C., Reymond, M., Koncz, C., Carasso, P.ve Tiburcio, A.F., 2010. Polyamines: Molecules With Regulatory Functions in Plant Abiotic Stress Tolerance, *Planta*, 231, 1237-1249.
- Alcazar, R., Bitrian, M., Bartels, D., Koncz, C., Altabella, T. ve Tiburcio, A.F., 2011. Polyamine Metabolic Canalization in Response to Drought Stress in Arabidopsis and The Resurrection Plant *Craterostigma plantagineum*, *Plant Signaling and Behavior*, 6, 243-250.
- Alcazar, R., Marco, F., Cuevas, J.C., Patron, M., Ferrando, A., Carrasco, P., Tiburcio, A.F., Altabella, T., 2006. Involvement of Polyamines in Plant Response to Abiotic Stress, *Biotechnology Letters*, 28, 1867-1876.
- Alet, A.I., Sanchez, D.H., Cuevas, J.C., Marina, M., Carrasco, P., Altabella, T., Tiburcio, A.F. ve Ruiz, O.A., 2012. New Insights into The Role of Spermine in Arabidopsis thaliana Under Long Term Salt Stress, *Plant Science*, 182, 94-100.
- Ali, R.M., 2000. Role of Putrescine in Salt Tolerance of Atropa Belladonna Plant, *Plant Science*, 152, 173-9.
- Altabella, T., Tiburcio, A.F. ve Ferrando, A., 2009. Plant with Resistance to Low Temperature and Method of Production Thereof. Spanish patent application, Yayın No: WO/2010/004070, Barcelona
- Anjum, S.A., Xie, X., Wang, L., Saleem, M.F., Man, C., & Lei, W. (2011). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research*, 6: 2026-2032.
- Anonim, 2015. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, (2015).
- Anonim, 2017 .T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, (2017 c).
- Anonim, 2017 T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, (2017 b).
- Anonim, 2017. Türkiye İstatistik kurumu (TÜİK), (2017 a).
- Anyia, A.O., Herzog, H., 2004. Genotypic variation in drought performance and recovery in cowpea under controlled environment. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 190; 151-159.
- Arslan E., 2012. Kuraklık Stresine Maruz Kalan Buğdayda (*Triticum aestivum*) Genetik ve Epigenetik Değişiklikler Üzerine Putresinin Etkisinin Moleküler Yöntemler İle Belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı (Yüksek Lisans Tezi)

- Assaha DV, Liu L, Ueda A, Nagaoka T, Saneoka H., 2016. Effects of drought stress on growth, solute accumulation and membrane stability of leafy vegetable, huckleberry (*Solanum scabrum* Mill.). *J Environ Biol.* 2016 Jan;37(1):107-14.
- Ayaş, S., Demirtaş, Ç., 2009. Deficit Irrigation Effects on Cucumber (*Cucumis sativus* L. Maraton) Yield in Unheated Greenhouse Condition. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 7 (3,4) : 6 4 5 - 6 4 9.
- Bagni, N., 1986. The Function and Metabolism of Polyamines in Plant, *Acta Hort.*,179, 95-103.
- Bagni, N. ve Tassoni, A., 2001, Biosynthesis, Oxidation and Conjugation of Aliphatic Polyamines in Higher Plants, *Amino Acids*, 20, 301-317.
- Bartels, D., Sunkar, R.2005. Drought and Salt Tolerance in Plants, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 24:1, 23-58, DOI: 10.1080/07352680590910410
- Belkhodja, R. Morales, F., Abadia, A., & Gomez-Aparisi, J. (1994). Chlorophyll fluorescence as a possible tool for salinity tolerance screening in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Physiology*, 104: 667- 673.
- Bouchereau, A., Aziz, A., Larher, F. ve Martin-Tanguy, J. 1999. Polyamines and Environmental Challenges: Recent Development. *Plant Science*, 140, 103-125.
- Boyer, J.S., 1982. Plan productivity and environment potential for increasing crop plant productivity, genotypic selection. *Science*, 218, 443-448.
- Bray, E.A., 1997. Plant responses to water deficit, *Trends Plant Sciences*, 2:48-54.
- Büyük, Ş., Aydın, S. S., Aras, S., 2012. Bitkilerin stres koşullarında verdiği moleküler cevaplar, *Türk Hijyen Deneysel Biyoloji Dergisi*, 69(2): 97-110.
- Costa, G., and Bagni, N., 1983. Effects of Polyamines on Fruit-Set of Apple, *Hort.Science*, 18(1), 59-61.
- Costa-França, M. G., Pham-Thi, C. A. T., Pimentel, R. O. P., Rossiello, Y., Fodil, Z., Laffray, D., 2000. Differences in growth and water relations among *Phaseolus vulgaris* cultivars in response to induced drought stress, *Environ. Exp. Bot.* 43: 227–237.
- Cuevas JC, Lopez-Cobollo R, Alcazar R, Zarza X, Koncz C, Altabella T, *et al.* Putrescine is involved in Arabidopsis freezing tolerance and cold acclimation by regulating ABA levels in response to low temperature. *Plant Physiol* 2008; 148:1094-105.
- Daniel I. Leskovar¹ and Daniel J. Cantliffe., 1992. Pepper Seedling Growth Response to Drought Stress and Exogenous Absciscic Acid. *J. AMER. Soc. HORT. SCI.* 117(3):389-393.
- De Smet, I., Zhang, H., Inze, D., Beeckman, T., 2006. A novel role for abscisic acid emerges from underground. *Trends Plant Science*, 11 (9), 434–439.
- Della Costa, L., and G. Gianquinto. 2002. Water stress and water table depth influence yield, water use efficiency, and nitrogen recovery in bell pepper:lysimeter studies. *Australian Journal of Agricultural Research* 53: 201–210.
- Dolferus R., 2014. To grow or not to grow: A stressful decision for plants. *Plant Sciences*, 2229: 247-261.
- Doorenbos, J., Kassam, A.H. 1986. Yield response to water, *Irrigation and Drainage Paper 33*. FAO, Rome, Italy.
- Duan JJ, Li J, Guo SR, Kang YY. Exogenous Spermidine affects polyamine metabolism in salinity-stressed *Cucumis sativus* roots and enhances short-term salinity tolerance. *J Plant Physiol* 2008; 165:1620-35.

- Ekinci, M., Ors, S., Sahin, U., Yildirim, E., Dursun, A., 2015. Responses to the Irrigation Water Amount of Spinach Supplemented with Organic Amendment in Greenhouse Conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 46:327–342.
- F.A. Showemimo and J.D. Olarewaju, 2007. Drought Tolerance Indices in Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.). *International Journal of Plant Breeding and Genetics*, 1: 29-33.
- Fahad S, Bajwa AA, Nazir U, Anjum SA, Farooq A, Zohaib A, Sadia S, Nasim W, Adkins S, Saud S, Ihsan MZ, Alharby H, Wu C, Wang D and Huang J (2017) Crop Production under Drought and Heat Stress: Plant Responses and Management Options. *Front. Plant Sci.* 8:1147. doi: 10.3389/fpls.2017.01147
- FAO, 2018. www.fao.org/faostat/(28.02.2018).
- Farooq M, Wahid A, Kobayashi N, Fujita D, Basra SMA., 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29: 185-212.
- Fernandez, M. D., Gallardo, M., Bonachela, S., Orgaz, F., Thompson, R. B., & Fereres, E. (2005). Water use and production of a greenhouse pepper crop under optimum and limited water supply. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 80(1), 87-96.
- Gallardo, M., Matilla, A., Muñoz de Rueda, P. 1996. Role of polyamines in growth and development, *Ars Pharm.* 37; (1)., 17-27
- Galston A.W., 1991. On The Trail of A New Regulatory System in Plants, *The New Biologist*, 3, 450-453
- Galston, A.W. ve Kaur-Sawhney, R., 1990 Polyamines in Plant Physiology. *Plant Physiology* 94, 406-410.
- Groppa MD, Benavides MP, Tomaro ML. Polyamine metabolism in sunflower and wheat leaf discs under cadmium or copper stress. *Plant Sci* 2003; 161:481-8.
- Groppa, M.D. ve Benavides, M.P., 2008. Polyamines and Abiotic Stress: Recent Advances, *Amino Acids*, 34, 35-45.
- Gupta, K., Dey, A. ve Gupta, B., 2013. Plant Polyamines in Abiotic Stress Responses, *Acta Physiologiae Plantarum*, 35,7, 2015-2036.
- Gürel, A., & Avcıoğlu, R. (2001). Bitkilerde Abiyotik Stres Faktörlerine Dayanıklılık Mekanizmaları. pp.288-326. In: Özcan, S., Gürel, E. & Babaoğlu, M. (Eds.), *Bitki Biyoteknolojisi, Genetik Mühendisliği*, S.Ü. Vakfı Yayınları, İzmir.
- Hayat, S., Hayat, Q., Alyemeni, M. N., Wani, A. S., Pichtel, J., & Ahmad, A. (2012). Role of proline under changing environments: a review. *Plant signaling & behavior*, 7(11), 1456-1466.
- Hekimoğlu, B., Altindeğer, M., 2009. Samsun ili Kaypa Biber Üretimi. Samsun Tarım İl Müdürlüğü Strateji Geliştirme Birimi. Nisan 2009.
- Hu, Y., Schmidhalter, U., 2005. Salinity and the growth of nonhalophytic grass leaves: the role of mineral nutrient distribution. *Functional Plant Biology*, 32: 973–985.
- Hussain, S.S., Ali, M., Ahmad, M. ve Siddique, K.H.M., 2011. Polyamines: Natural and Engineered Abiotic and Biotic Stress Tolerance in Plants. *Biotechnology Advances*, 29, 300-311.
- Iqbal, M. ve Ashraf, M., 2005. Changes in Growth, Photosynthetic Capacity, and Ionic Relations in Spring Wheat (*Triticum aestivum* L.) due to Pre-Sowing Seed Treatment with Polyamines, *Plant Growth Regulation*, 46, 19-30.

- Jaimez, R. E., O. Vielma, F. Rada, and C. Garcia-Nunez. 2000. Effects of water deficit on the dynamics of flowering and fruit production in capsicum. Chinese Jacque in a tropical semi-arid region of Venezuela. *Journal of Agronomy and Crop Science* 185: 113–119.
- Jaleel, C.A., Manivannan, P., Lakshmanan, G.M.A., Gomathinayagam, M., Panneerselvam, R., 2008. Alterations in morphological parameters and photosynthetic pigment responses of *Catharanthus roseus* under soil water deficits. *Colloids and Surfaces, B: Biointerfaces*, 61: 298–303.
- Kaçar, B. (2015). Genel Bitki Fizyolojisi, Nobel Akademik Yayıncılık, Yayın No: 1243, Ankara.
- Kalefetoğlu, T., & Ekmekçi, Y. (2005). The effects of drought on plants and tolerance mechanisms. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18 (4): 723-740.
- Kapuluhan, E., 2013. Türkiye’de Kuraklık ve Kuraklığın Tarıma Etkisi. *Marmara Coğrafya Dergisi Sayı: 27, OCAK - 2013*, S. 487-510.
- Karimi, V., Karami, E., & Keshavarz, M. (2018). Climate change and agriculture: Impacts and adaptive responses in Iran. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(1), 1-15.
- Karipçin, M.Z., 2009. Yerli ve Yabancı Karpuz Genotiplerinde Kuraklığa Teloransın Belirlenmesi. Cukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. Doktora Tezi. Adana, 259 s.
- Katterji, N., Mastrorili, M., Hamdy, A. 1993. Effect of stress at different growth stage on pepper yield. *Acta Horticulturae*, 335:165-171.
- Kayabaşı, S., 2011. Kuraklık stresinde yetiştirilen soyada (*Glycine max* L.) bazı fizyolojik parametreler ile prolin birikiminin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.
- Khan, I. U., Sajid, S., Javed, A., Sajid, S., & Shah, S. U. (2017). Comparative diagnosis of typhoid fever by polymerase chain reaction and widal test in Southern Districts (Bannu, Lakki Marwat and DI Khan) of Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Acta Sci. Malaysia*, 1(2), 12-15.
- Khayatnezhad, M., Gholamin, R., 2012. The effect of drought stress on leaf chlorophyll content and stress resistance in maize cultivars (*Zea mays*). *African Journal of Microbiology Research* Vol. 6(12) pp. 2844-2848.
- Kireççi, O.A., 2006. Bazı sentetik hormonların (giberillik asit, spermin, spermidin, putresin) fesleğen (*ocimum basilicum*) bitkisinde morfolojik yapı ve uçucu yağ kalitesine etkisi Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kahramanmaraş s.18
- Kishor, PB., Sreenivasulu, N., 2014. Is proline accumulation per se correlated with stress tolerance or is proline homeostatis a more critical issue? *Plant Cell Environ.*, 37: 300-311.
- Kocaçalışkan, D., 2003. Bitki Fizyolojisi. DPU Fen-Edebiyat Fakultesi Yayını, 420.
- Anyia, A.O., Herzog, H., 2004. Genotypic variaiton in drought performance and recovery in cowpea under controlled environment. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 190; 151-159.
- Kozłowski, T.T., Pallardy, S.G., 1997. *Physiology of Woody Plants*, Academic Press, San Diego. 631 s.

- Köse, Ş., 2010. Türkiye'de Yetiştirilen Bazı Kabak Türlerinde (Cucurbita sp.) Kuraklık Stresine Tolerans Bakımından Genotipik Varyasyonun Belirlenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. 87 s.
- Krasensky, J., & Jonak, C. (2012). Drought, salt, and temperature stress-induced metabolic rearrangements and regulatory networks. *Journal of experimental botany*, 63(4), 1593-1608.
- Kumar, A., Altabella, T., Taylor, M.A. ve Tiburcio, A.F., 1997 Recent Advances in Polyamine Research, *Trends in Plant Science*, 2, 124-130.
- Kusano, T., Berberich, T., Tateda, C. ve Takahashi, Y., 2008. Polyamines: Essential Factors for Growth and Survival, *Planta*, 228, 367-381.
- Kuşvuran, S., Dasgan, H.Y., Abak, K., 2008. Kavunda Kuraklık Çalışmalarında Kullanılan PEG 6000 Dozunun Belirlenmesi Uzerine Bir Arastırma. VII. Sebze Tarımı Sempozyumu, 26-29 Ağustos Yalova, Türkiye, 329-333.
- Kuşvuran, Ş., 2010. Kavunlarda kuraklık ve tuzluluğa toleransın fizyolojik mekanizmaları arasındaki bağlantılar. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora tezi) Adana. 356 s.
- Küçükkömürçü, S., 2011. Tuzluluk ve Kuraklık Streslerine Tolerans Bakımından Bamy Genotiplerinin Taranması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (yüksek lisans tezi, basılmamış), Adana, 164 s.
- Lee, J. D., Pathan, M. S., Shannon, J. G., & Nguyen, H. T. (2007). Recent advances in breeding for drought and salt stress tolerance in soybean. In *Advances in molecular breeding toward drought and salt tolerant crops* (pp. 739-773). Springer, Dordrecht.
- Li Z, Zhang Y, Peng D, Wang X, Peng Y, He X, Zhang X, Ma X, Huang L and Yan Y (2015) Polyamine regulates tolerance to water stress in leaves of white clover associated with antioxidant defense and dehydrin genes via involvement in calcium messenger system and hydrogen peroxide signaling. *Front. Physiol.* 6:280. doi: 10.3389/fphys.2015.00280
- Li, Z., Peng, Y., Zhang, X. Q., Ma, X., Huang, L. K., and Yan, Y. H. (2014). Exogenous spermidine improves seed germination of white clover under water stress via involvement in starch metabolism, antioxidant defenses and relevant gene expression. *Molecules* 19, 18003–18024. doi: 10.3390/molecules191118003
- Liang, X., Zhang, L., Natarajan, SK., Becker, DF., 2013. Proline mechanism of stress survival. *Antioxidants Redox Signaling*, 19: 998-1011.
- Maggio, A., Pascale, S.D., Ruggiero, C., Barbieri, G., 2005. Physiological response of field-grown cabbage to salinity and drought stress. *European journal of agronomy*, 23 (1), 57-67
- Mahajan, S., Tuteja, N., 2005, Cold, salinity and drought stresses: an overview . *Archives of biochemistry and biophysics*, 444, 139-158.
- Makbul, S., Guler, N., Durmus, N., Guven, S. 2011. Changes in anatomical and physiological parameters of soybean under drought stress. *TURK. J. BIOL.* 35, 369-377.
- Malmberg, R.L., Watson, M.B., Galloway, G.L. ve Yu, W., 1998. Molecular Genetic Analyses of Plant Polyamines, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 17, 199-224.

- Mardani S, Sayyed Hassan Tabatabaei, Mohammad Pessarakli & Hamid Zareabyaneh (2017) Physiological responses of pepper plant (*Capsicum annuum* L.) to drought stress, *Journal of Plant Nutrition*, 40:10, 1453-1464, DOI: 10.1080/01904167.2016.1269342
- McKersie, B.D., Lehsem, Y., 1994. Stress and stress coping in cultivated plants, KluwerAcademic Publishers, Netherlands.
- Mengü, G.P., Anaç, S., & Özçakal, E. (2011). Kuraklık yönetim stratejileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48 (2): 175-181.
- Minocha R, Majumdar R, and Minocha SC (2014) Polyamines and abiotic stress in plants: a complex relationship. *Front. Plant Sci.* 5:175. doi: 10.3389/fpls.2014.00175
- Mirabad1, A.A., Lotfi, M.,*2 and Mahmoud Reza Roozban3., 2013. Impact of Water-Deficit Stress on Growth, Yield and Sugar Content of Cantaloupe (*Cucumis melo* L.).
- Mishra, A.K., & Singh, V.P. (2010). A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, 391: 202–216.
- Mnasri, B., Aouani, M.E., Mhamdi, R., 2007. Nodulation and Growth of Common Bean(*Phaseolus vulgaris*) Under Water Deficiency. *Soil Biology & Biochemistry* 39.: 1744-1750.
- Mohammadian, R., M. Moghaddam, H. Rahimian, S.Y. Sadeghian. 2005. Effect of early season drought stress on growth characteristics of sugar beet genotypes. *Turk J Agric For.* 29,357-450.
- Ndayiragiji, A. ve Lutts, S., 2006. Exogenous Putrescine Reduces Sodium and Chloride Accumulation in NaCl-Treated Calli of The Salt-Sensitive Rice Cultivar I Kong Pao, *Plant Growth Regulation*, 48, 51-63.
- Nogues, S., Baker, R.N., 2000. Effects Of Drought On Photosynthesis In Mediterranean Plants Grown Under Enhanced Uv-B Radiation. *Journal Of Experimental Botany*. Vol:51, No. 348, Pp. 1309–1317.
- Oosterhuis, D.M. and Loka, D. (2012) Polyamines and Cotton Flowering. In: Oosterhuis, D.M. and Cothren, J.T., Eds., *Flowering and Fruiting of Cotton*, Publ. Cotton Foundation, Memphis, 109-132
- Ors, S., Ekinci, M., Yildirim, E., Sahin, U., 2016. Changes in gas exchange capacity and selected physiological properties of squash seedlings (*Cucurbita pepo* L.) under well-watered and drought stress conditions. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 62 (12): 1700-1710.
- Özpay, T., 2008. Taze fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin kuraklık stresine olan tepkilerinin belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi*. 54 s.
- Rahbarian, R., Khavari-Nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri, A., & Najafi, F. (2011). Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water relations in tolerant and susceptible chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 53(1), 47-56.
- Rider JE, Hacker A, Mackintosh CA, Pegg AE, Woster PM, Casero RA Jr. Spermine and spermidinmediate protection against oxidative damage caused by hydrogen peroxide. *Amino Acids* 2007; 33:231- 40.

- Roch, J., Hewezi, T., Bouniols, A., Gentzbittel, L., 2009. Real-time PCR monitoring of signal transduction related genes involved in water stress tolerance mechanism of sunflower. *Plant Physiology and Biochemistry* 47 139–145.
- Sahin, U., Ekinici, M., Kiziloglu, M.F., Yildirim, E., Turan, M., Kotan, R., Ors, S., 2015. Ameliorative Effects of Plant Growth Promoting Bacteria on Water-yield Relationships, Growth, and Nutrient Uptake of Lettuce Plants under Different Irrigation Levels. *HORTSCIENCE* 50(9): 1379–1386.
- Sahin, U., Ekinici, M., Ors, S., Turan, M., Yildiz, S., Yildirim, E., 2018. Effects of individual and combined effects of salinity and drought on physiological, nutritional and biochemical properties of cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata). *Scientia Horticulturae*. 240, 20 October 2018, Pages 196–204.
- Salisbury, F.B., Ross, C.W., 1992. *Plant Physiology*, Wadsworth Publishing Co., California.
- Saneoka, H., Ogata, S. and Agata, W., 1996. Cultivar Different in Dry Matter Production and Leaf Water Relations in Water-Stressed Maize (*Zea Mays* L.). *Grassland Science*, 41(4),294-301.
- Shi, H., Ye, T. ve Chan, Z., 2013. Comparative Proteomic and Physiological Analyses Reveal The Protective Effect of Exogenous Polyamines in The Bermuda Grass (*Cynodon dactylon*) Response to Salt and Drought Stresses, *Journal of Proteome Research*, 12, 4807-4829.
- Simon, J.E., Morales, M.R., W.B. Phippen, Vieira, R.F. and Hao, Z. 1999. Basil: A source of aroma compounds and a popular culinary and ornamental herb. p. 499–505.
- Smirnoff, N., 1993. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. *Veil' Phytotogist* 125: 27-58.
- Taiz L, Zeiger E., 2010. Responses and adaptations to abiotic stress. In: *Plant Physiology*, Fifth Edition. Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc. pp. 755-778. ISBN 978-0-87893- 866-7928.
- Tang, W., and Newton, R. J. (2005). Polyamines reduce salt-induced oxidative damage by increasing the activities of antioxidant enzymes and decreasing lipid peroxidation in Virginia pine. *Plant Growth Regul.* 46, 31–43. doi: 10.1007/s10725-005-6395-0
- Terzi, R., Kadioglu, A., Kalaycioglu, E., ve Saglam, A., 2014. Hydrogen Peroxide Pretreatment Induces Osmotic Stress Tolerance by Influencing Osmolyte and Absciscic Acid Levels in Maize Leaves, *Journal of Plant Interactions*, 9,1, 559-565.
- Türkan, Ş., Bor, M., Özdemir, F., Koca, H., 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* Gray and drought-sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress, *Plant Sciences*, 168: 223-231.
- Valentovic, P., Luxova, M., Kolarovic, L., & Gasparikova, O. (2006). Effect of osmotic stress on compatible solutes content, membrane stability and water relations in two maize cultivars. *Plant Soil and Environment*, 52(4), 184.
- Van Oosterom, E., Kleijn, D., Ceccarelli, S., Nachit, M. 1993. Genotype-By-Environment Interactions Of Barley In The Mediterranean Region. *Crop Sci.*, 33: 669–674.

- Viets Jr. F. G., 1972. Water deficits and nutrient availability, in Kozlowski, T. T.: Water Deficits and Plant Growth. Vol. III: Plant Responses and Control of Water balance. Academic Press, New York, pp. 217–240.
- Walden, R., Cordeiro, A. ve Tiburcio, A.F., 1997. Polyamines: Small Molecules Triggering Pathways in Plant Growth and Development. *Plant Physiology*, 113.
- Xu, C., & Leskovar, D. I. (2014). Growth, physiology and yield responses of cabbage to deficit irrigation. *Horticultural Science*, 41(3), 138-146.
- Yamaguchi K, Takahashi Y, Berberich T, Imai A, Takahashi T, Michael AJ, Kusano T. A protective role for the polyamine spermine against drought stress in Arabidopsis. *Biochem Biophys Res Commun* 2007; 352:486-90.
- Yan, M. (2015). Seed priming stimulate germination and early seedling growth of Chinese cabbage under drought stress. *South African Journal of Botany*, 99, 88-92.
- Yaşar, F., 2003. Tuz Stresi Altındaki Patlıcan Genotiplerinde Bazı Antioksidant Enzim Aktivitelerinin in vitro ve in vivo Olarak incelenmesi (doktora tezi, basılmamış). Y.Y.Ü. Fen Bil. Enst., Van. 139 s.
- Yaşar, F., Ellialtıoğlu, ğ., Yildiz, K., 2008., “Effect of salt stress on antioxidant defense systems, lipid peroxidation and chlorophyll content in green bean (*Phaseolus vulgaris* L.), *Russian Journal of Plant Physiology*, 55 (6): 1-5.
- Yaşar, F., Manar, T., Şebnem E., ğebnem, K., Üzal, Ö., 2013b. SOD, CAT, GR and APX enzyme activities in callus tissues of susceptible and tolerant eggplant varieties under salt stress, *Research Journal of Biotechnology*, vol.8, pp.45-50
- Yaşar, F., Üzal, Ö., Özpaya, T., Yaşar, Ö., 2013a. Investigation of the relationship between the tolerance to drought stress levels and antioxidant enzyme activities in green bean (*Phaseolus Vulgaris* L.) genotypes, *African Journal Agricultural Research*, 8(46) 5759-5763.
- Yaşar, F., Üzal, Ö., Köse ğ., Yaşar, Ö., Ellialtıoğlu, S., 2014. Enzyme activities of certain pumpkin (*Cucurbita* spp) species under drought stress, *Fresenius Environmental Bulletin*, vol.23, pp.1093-1099.
- Yiu, J.C., Juang, L.D., Fang, D.Y.T., Liu, C.W. ve Wu, S.J., 2009. Exogenous putrescine reduces flooding- induced oxidative damage by increasing the antioxidant properties of Welsh onion. *Scientia Horticulturae*, 120, 306-14.
- Zhang, W., Jiang, B., Li, W., Song, H., Yu, Y. ve Chen, J., 2009. Polyamines Enhance Chilling Tolerance of Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Through Modulating Antioxidative System, *Scientia Horticulture*, 122, 200-8.
- Zhao H, Yang H. Exogenous polyamines alleviate the lipid peroxidation induced by cadmium chloride stress in *Malus hupehensis* Rehd. *Sci Hortic* 2008; 116:442-7.
- Zhou, Q. ve Yu, B., 2010. Changes in Content of Free, Conjugated and Bound Polyamines and Osmotic Adjustment in Adaption of Vetiver Grass to water Deficit, *Plant Physiology and Biochemistry*, 48, 417- 425.

ÖZGEÇMİŞ

24.12.1990 tarihinde Rize Merkezde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Gündoğdu 29 Ekim ilk öğretim okulunda tamamladıktan sonra lise öğrenimini Rize Kız Meslek Lisesi Çocuk Gelişimi Eğitim ve Öğretim bölümünde tamamlayıp 2007 senesinde mezun oldu. 2008 yılında Atatürk Üniversitesi İspir Hamza Polat MYO. Bahçe Ziraat'i bölümünü kazanarak 2010 yılında okul birincisi olarak mezun oldu. 2011 yılında DGS sınavı ile Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümünü kazanarak lisans öğrenimine başladı ve 2014 yılında bölüm birincisi olarak mezun oldu. İş deneyiminde sonra 2017 yılında Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Sebze Yetiştiriciliği ve Islahı Bilim Dalında yüksek lisans öğrenimine devam etmektedir.