

# **INCREASING TOLERANCE AGAINST DROUGHT STRESS IN PEPPER AT SEEDLING STAGE BY PROHEXADIONE-CALCIUM APPLICATIONS**

## **ABSTRACT**

In this thesis study, it is aimed to increase tolerance to drought stress in early seedling stage of pepper (*Capsicum annuum* L.) by application of Prohexadione-calcium (Pro-Ca). In order to improve tolerance to drought stress during seedling stage, pepper seedlings were applied by Pro-Ca applied in various concentrations (0, 25, 50 or 75 mg.L<sup>-1</sup>) through soil drench or foliar spray. After Pro-Ca applications, the pepper plants were subjected to drought stress by withholding water for one week. Following stress imposition, in order to determine the effects of the applications, plant height, stem diameter, number of leaves, leaf area, relative leaf chlorophyll content, seedling fresh and dry weights, root fresh and dry weights, tissue relative water content, membrane permeability and visual damage index values were measured or analyzed using 10 plants from each treatment. Among the Pro-Ca doses used in the study, the doses of 50 and 75 mg were the most effective in tolerating the drought stress in pepper in both application methods. The findings of the study showed that Pro-Ca can be used to increase tolerance to drought stress in pepper seedlings without significant loss in seedling quality.

**Keywords:** Pepper, Pro-Ca, stress tolerance, drought stress.

# PROHEXADIONE-CALCIUM UYGULAMALARIYLA BİBERDE FİDE DÖNEMİNDE KURAKLIK STRESİNE KARŞI TOLERANSIN ARTTIRILMASI

## ÖZET

Bu tez çalışmasında Prohexadione-calcium (Pro-Ca) uygulaması ile biberde (*Capsicum annuum* L.) erken fide döneminde kuraklık stresine karşı toleransının arttırılması hedeflenmiştir. Kuraklık stresine karşı toleransı arttırmak amacıyla biber fideleri erken dönemde iki farklı uygulama metodu (topraktan ve yapraktan) ile farklı dozlarda (0, 25, 50 ve 75 mg.L<sup>-1</sup>) Pro-Ca ile muamele edilmiş ve sonrasında bir hafta süreyle sulanmayarak kuraklık stresine tabi tutulmuşlardır. Stres sonrasında uygulamaların etkilerini belirlemek amacıyla her uygulamadan 8 bitki üzerinde bitki boyu, gövde çapı, yaprak sayısı, yaprak alanı, göreceli yaprak klorofil içeriği, fide yaş ve kuru ağırlıkları, kök yaş ve kuru ağırlıkları, doku nispi (oransal) su içeriği, membran geçirgenliği ve görsel hasar indeksi değerleri gibi ölçüm ve analizler yapılmıştır. Araştırmada denenen Pro-Ca dozları arasında 50 ve 75 mg.L<sup>-1</sup> dozlarının her iki uygulama metodunda da biberde kuraklığa karşı kazanılan toleransta en etkili doz olduğu tespit edilmiştir. Araştırmadan elde edilen bulgular Pro-Ca uygulamasının fide kalitesinde önemli bir kayıp söz konusu olmadan biber fidelerinde kuraklık stresine karşı toleransı arttırmak amacıyla kullanılabileceğini ortaya koymuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Biber, Pro-Ca, stres toleransı, kuraklık stresi.

**T.C.  
BİNGÖL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**PROHEXADIONE-CALCIUM UYGULAMALARIYLA BİBERDE  
FİDE DÖNEMİNDE KURAKLIK STRESİNE KARŞI  
TOLERANSIN ARTTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ESRA KOÇKAR**

**BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI**

**TEZ DANIŞMANI  
Doç. Dr. Nusret ÖZBAY**

**BİNGÖL-2019**



T.C.  
BİNGÖL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**PROHEXADIONE-CALCIUM UYGULAMALARIYLA BİBERDE FİDE  
DÖNEMİNDE KURAKLIK STRESİNE KARŞI TOLERANSIN ARTTIRILMASI**

**Doç. Dr. Nusret ÖZBAY** danışmanlığında, **Esra KOÇKAR** tarafından hazırlanan bu çalışma 19/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Nusret ÖZBAY *İmza* :  
Üye : Prof. Dr. Mikdat ŞİMŞEK *İmza* :  
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Abdullah OSMANOĞLU *İmza* :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulunun ...../ ...../ ..... tarih ve ...../ .....  
nolu kararı ile onaylanmıştır.

**Doç. Dr. Zafer ŞİAR**  
**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

Tez çalışmaları süresince yardımlarını ve bilgi birikimini esirgemeyen, çalışmaların tamamlanabilmesi için gerekli desteği veren değerli hocam Doç. Dr. Nusret ÖZBAY'a teşekkür ederim. Tez çalışmasına desteklerinden dolayı Bingöl Üniversitesi Rektörlüğüne teşekkür ederim.

Tez çalışması esnasında yaptıkları yönlendirmeler ve katkılarından dolayı değerli hocalarım Prof. Dr. Muharrem ERGUN'a, deneysel çalışmalar esnasında yardımlarını gördüğüm lisans ve yüksek lisans öğrenci arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunuyorum.

Son olarak bende büyük emekleri olan, benim için hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan ve dualarını esirgemeyen anne ve babama, tezin hazırlanması sırasında gösterdikleri sabır, fedakârlık ve desteklerinden dolayı eşime teşekkürü bir borç bilirim.

**Esra KOÇKAR**

**Bingöl 2019**

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	5
2.1. Kuraklık Stresine Karşı Bitkilerin Verdiği Tepkiler .....	5
2.1.1. Morfolojik Değişimler .....	5
2.1.2. Fizyolojik Değişimler .....	8
2.1.3. Biyokimyasal Değişimler .....	11
2.2. Kuraklık Stresine Karşı Toleransın Artırılmasında Bitki Büyüme Düzenleyicilerin Kullanılması .....	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	16
3.1. Materyal .....	16
3.2. Yöntem .....	18
3.2.1. Bitkilerin Yetiştirilmesi .....	18
3.2.2. Pro-Ca Uygulamalarının Kuraklık Stresine Maruz Kalan Biber Fideleri Üzerine Etkisinin Araştırılması .....	18
3.2.3. Yapılan Ölçüm ve Analizler .....	19
3.2.4. Sonuçların İstatistiksel Değerlendirmesi .....	22

4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	23
4.1. Bulgular .....	23
4.1.1. Bitki Boyu .....	23
4.1.2. Gövde Çapı .....	24
4.1.3. Yaprak Sayısı .....	25
4.1.4. Yaprak Alanı .....	26
4.1.5. Göreceli Klorofil İçeriği .....	27
4.1.6. Fide Yaş Ağırlığı .....	28
4.1.7. Fide Kuru Ağırlık .....	29
4.1.8. Kök Yaş Ağırlığı .....	30
4.1.9. Kök Kuru Ağırlığı .....	31
4.1.10. Doku Nispi (Oransal ) Su İçeriği (NSİ) .....	32
4.1.11. Membran Geçirgenliği .....	33
4.1.12. Hasar Görmüş Dokuların Oranı (Görsel Hasar İndeksi) .....	34
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	36
KAYNAKLAR.....	37
ÖZGEÇMİŞ.....	46

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

%	: Yüzde
ABA	: Absisik Asit
AP	: Askorbat Peroksidaz
APX	: Askorbat peroksidaz
CAT	: Katalaz
cm	: Santimetre
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
EC1	: İlk Elektriksel İletkenlik
EC2	: Son Elektriksel İletkenlik
g	: Gram
GR	: Glutamat Reduktaz
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	: Hidrojen Peroksit
L	: Litre
M	: Molar
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
MPa	: Mega paskal
Pro-Ca	: Procalcium Hexadione
SOD	: Süper oksit dismutaz
YOSİ	: Yaprak oransal su içeriği
YPS	: Yaprak su potansiyeli



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1.	BT İnce Sivri Kıl Tatlı-016' biber çeşidi .....	16
Şekil 3.2.	Araştırmada kullanılan yetiştirme ortamları .....	17
Şekil 3.3.	Toprak ve yapraktan Pro-Ca uygulamalarının yapıldığı dönemde biber fidelerinin görünüşü .....	18
Şekil 3.4.	Yaprak nispi su içeriğinin ölçümünde kullanılan 1 cm çapındaki yaprak diskleri .....	20
Şekil 3.5.	Membran geçirgenliği ölçümü için örneklerin hazırlanması .....	21
Şekil 4.1.1.	Pro-Ca uygulamalarının biber fidelerinin kuraklık stresi altında bitki boyu üzerine etkileri .....	23
Şekil 4.1.2.	Pro-Ca uygulamalarının biber fidelerinin kuraklık stresi altında gövde çapı üzerine etkileri .....	25
Şekil 4.1.3.	Pro-Ca uygulamalarının biber fidelerinin kuraklık stresi altında yaprak sayısı üzerine etkileri .....	26
Şekil 4.1.4.	Pro-Ca uygulamalarının biber fidelerinin kuraklık stresi altında yaprak alanı üzerine etkileri .....	27
Şekil 4.1.5.	Pro-Ca uygulamalarının biber fidelerinin kuraklık stresi altında göreceli klorofil içeriği üzerine etkileri .....	28
Şekil 4.1.6.	Pro-Ca uygulamalarının biber fidelerinin kuraklık stresi altında fide yaş ağırlığı üzerine etkileri .....	29
Şekil 4.1.7.	Pro-Ca uygulamalarının biber fidelerinin kuraklık stresi altında fide kuru ağırlığı üzerine etkileri .....	30
Şekil 4.1.8.	Pro-Ca uygulamalarının biber fidelerinin kuraklık stresi altında kök yaş ağırlığı üzerine etkileri .....	31
Şekil 4.1.9.	Pro-Ca uygulamalarının biber fidelerinin kuraklık stresi altında kök kuru ağırlığı üzerine etkileri .....	31

Şekil 4.1.10.	Pro-Ca uygulamalarının biber fidelerinin kuraklık stresi altında doku nispi su içeriği üzerine etkileri .....	32
Şekil 4.1.11.	Pro-Ca uygulamalarının biber fidelerinin kuraklık stresi altında membran geçirgenliği üzerine etkileri .....	33
Şekil 4.1.12.	Pro-Ca uygulamalarının biber fidelerinin kuraklık stresi altında hasar görmüş doku oranı üzerine etkileri .....	34

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. Dünya biber üretimi ve önemli biber üreticisi ülkeler (2017).....	1
Tablo 1.2. Türkiye biber üretimi (2008-2017) .....	2

# PROHEXADIONE-CALCIUM UYGULAMALARIYLA BİBERDE FİDE DÖNEMİNDE KURAKLIK STRESİNE KARŞI TOLERANSIN ARTTIRILMASI

## ÖZET

Bu tez çalışmasında Prohexadione-calcium (Pro-Ca) uygulaması ile biberde (*Capsicum annuum* L.) erken fide döneminde kuraklık stresine karşı toleransının arttırılması hedeflenmiştir. Kuraklık stresine karşı toleransı arttırmak amacıyla biber fideleri erken dönemde iki farklı uygulama metodu (topraktan ve yapraktan) ile farklı dozlarda (0, 25, 50 ve 75 mg.L<sup>-1</sup>) Pro-Ca ile muamele edilmiş ve sonrasında bir hafta süreyle sulanmayarak kuraklık stresine tabi tutulmuşlardır. Stres sonrasında uygulamaların etkilerini belirlemek amacıyla her uygulamadan 8 bitki üzerinde bitki boyu, gövde çapı, yaprak sayısı, yaprak alanı, göreceli yaprak klorofil içeriği, fide yaş ve kuru ağırlıkları, kök yaş ve kuru ağırlıkları, doku nispi (oransal) su içeriği, membran geçirgenliği ve görsel hasar indeksi değerleri gibi ölçüm ve analizler yapılmıştır. Araştırmada denenen Pro-Ca dozları arasında 50 ve 75 mg.L<sup>-1</sup> dozlarının her iki uygulama metodunda da biberde kuraklığa karşı kazanılan toleransta en etkili doz olduğu tespit edilmiştir. Araştırmadan elde edilen bulgular Pro-Ca uygulamasının fide kalitesinde önemli bir kayıp söz konusu olmadan biber fidelerinde kuraklık stresine karşı toleransı arttırmak amacıyla kullanılabileceğini ortaya koymuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Biber, Pro-Ca, stres toleransı, kuraklık stresi.

# INCREASING TOLERANCE AGAINST DROUGHT STRESS IN PEPPER AT SEEDLING STAGE BY PROHEXADIONE-CALCIUM APPLICATIONS

## ABSTRACT

In this thesis study, it is aimed to increase tolerance to drought stress in early seedling stage of pepper (*Capsicum annuum* L.) by application of Prohexadione-calcium (Pro-Ca). In order to improve tolerance to drought stress during seedling stage, pepper seedlings were applied by Pro-Ca applied in various concentrations (0, 25, 50 or 75 mg.L<sup>-1</sup>) through soil drench or foliar spray. After Pro-Ca applications, the pepper plants were subjected to drought stress by withholding water for one week. Following stress imposition, in order to determine the effects of the applications, plant height, stem diameter, number of leaves, leaf area, relative leaf chlorophyll content, seedling fresh and dry weights, root fresh and dry weights, tissue relative water content, membrane permeability and visual damage index values were measured or analyzed using 10 plants from each treatment. Among the Pro-Ca doses used in the study, the doses of 50 and 75 mg were the most effective in tolerating the drought stress in pepper in both application methods. The findings of the study showed that Pro-Ca can be used to increase tolerance to drought stress in pepper seedlings without significant loss in seedling quality.

**Keywords:** Pepper, Pro-Ca, stress tolerance, drought stress.

# 1. GİRİŞ

Biber, Patlıcangiller (*Solanaceae*) familyasından *Capsicum* cinsine dâhil olup; ılık iklimlerde tek yıllık, tropik iklimlerde ise çok yıllık bir kültür bitkisidir (Topak vd. 2008). Biberin anavatanının Güney Amerika olduğu, buradan tüm dünyaya yayıldığı kabul edilmektedir (Vural vd. 2000). Kültüre alınan biber türleri içerisinde en çok tüketimi yapılan tür *Capsicum annuum* L.'dir (Fâri 1986).

Biber dünyada olduğu kadar Türkiye'de de hem örtü altında hem de açıkta yoğun yetiştiriciliği yapılan sebze türleri arasında yer almaktadır. Biber, gerek taze, gerek kurutulmuş (pul biber, toz biber vb.), gerekse işlenmiş olarak (salça, sos, vb.) yüksek miktarlarda tüketilen ve bu nedenle de ülkemizde çok geniş alanlarda yetiştiriciliği yapılan bir sıcak iklim sebzesidir. Türkiye, biber üreticisi ülkeler içerisinde önemli bir yere sahip olup, taze biber üretimi bakımından Çin ve Meksika'dan sonra 3. sırada yer almaktadır (Tablo 1.1). Dünyadaki biber ekim alanlarının %4,75'i ve dünya biber üretiminin %7,23'ü Türkiye'ye aittir (FAO 2018). Diğer taraftan 96,4 milyon dolar ile Türkiye, dünya biber ihracatının %1,9'unu gerçekleştirmektedir (Anonim 2018).

Tablo 1.1. Dünya biber üretimi ve önemli biber üreticisi ülkeler (FAO, 2017)

Sıralama	Ülkeler	Üretim (Ton)	Oran (%)	Alan (Ha)
1	Çin	17,795,349	49,30	758,853
2	Meksika	3,296,875	9,13	160,438
3	Türkiye	2,638,347	7,31	94,444
4	Endonezya	2,359,441	6,54	310,147
5	İspanya	1,277,908	3,54	20,498
6	ABD	962,679	2,67	26,082
7	Nijerya	748,559	2,07	97,770
8	Mısır	623,221	1,73	41,047
9	Cezayir	614,922	1,70	21,868
10	Tunus	429,000	1,19	20,688
11	Diğerleri	5,376,505	14,90	523,217
	<b>Dünya</b>	<b>36,092,631</b>	<b>100,00</b>	<b>1,987,059</b>

Üretim miktarları açısından değerlendirildiğinde meyvesi tüketilen sebzeler arasında 2,638,347 ton ile 3. sırada yer alan biber, seralarda yetiştirilen sebze türleri arasında %15’lik üretim oranı ile 3. sıradadır (TÜİK 2018; FAO 2018). Türkiye’de biber üretiminin %82’si açık alanda, %18’lik kısmı ise örtü altında üretilmekte olup, Akdeniz bölgesi biber üretiminde %28’lik pay ile ilk sırada yer almaktadır (Özalp 2010). Ülkemizin son 10 yıllık biber üretim değerleri Tablo 1.2’de verilmiştir. Tablo 1.2 incelendiğinde biber üretiminin sürekli bir artış eğiliminde olduğu görülmektedir. Bununla birlikte ülkemizde biber yetiştiriciliğinde birim alandan elde edilen ortalama verim gelişmiş ülkelere göre düşüktür. Yetiştirme tekniği ve kültürel işlemlerin uygulanmasındaki bazı eksikliklerin yanında, abiyotik stres verim düşüklüğünün en önemli nedenlerinden birisidir. Bitkiler doğal yaşam alanlarında pek çok abiyotik stres faktörlerine maruz kalırlar (Xiong et al. 2002; Reddy et al. 2004). Abiyotik stres, bitkilerde büyüme ve gelişmeyi azaltan, verimi optimum seviyelerin altında düşüren çevresel koşullar olarak tanımlanmaktadır (Cramer et al. 2011). Mahajan ve Tuteja (2005), önemli tarımsal ürünlerin ortalama üretimini yaklaşık %50 oranında azaltan abiyotik stres faktörlerinin tarımsal verimliliği önemli ölçüde tehdit ettiğini ifade etmişlerdir.

Tablo 1.2. Türkiye biber üretimi (2008-2017) (TÜİK 2018)

Yıllar	Dolmalık (ton)	Salçalık + Kapya (ton)	Sivri + Çarliston (Ton)	Toplam (ton)
2008	371,050	690,531	734,596	1,796,177
2009	384,273	700,038	752,692	1,837,003
2010	387,626	782,173	816,901	1,986,700
2011	364,930	730,493	879,846	1,975,269
2012	383,213	748,422	910,725	2,042,360
2013	398,470	814,372	946,506	2,159,348
2014	391,009	829,809	831,823	2,052,641
2015	393,109	879,775	881,790	2,154,674
2016	418,435	957,030	959,046	2,334,511
2017	420,904	1,107,713	1,109,730	2,638,347

Tarıma ve tarıma elverişli arazilere olan talep arttıkça abiyotik stresler daha yaygın hale gelmektedir. Biber bitkilerinin zaman zaman maruz kaldığı abiyotik streslerden bir tanesi de kuraklık stresidir. Kuraklık, tarım alanlarının büyük bir kısmında bitkisel üretimi

sınırlandıran önemli bir abiyotik stres faktörüdür ve ekilebilir alanlarda görülen çevresel stres faktörleri arasında %26'lık payla en büyük dilimi oluşturmaktadır (Blum 1986). Kuraklık terimi, önemli bir hidrolojik (su) dengesizliğine ve bunun sonucunda su kıtlığına, ürünün strese girerek zarar görmesine, yeraltı suyunun ve toprak neminin tükenmesine neden olan yeterli yağışın olmadığı periyodu ifade etmektedir (Özcan vd. 2004; Kezik ve Kocaçınar 2014). Tatlı su kaynaklarının azalmasıyla karşı karşıya kalınan kuraklık tehdidi, dünya gıda güvenliği için en kritik tehditlerden birisi haline gelmiştir (Farooq et al. 2009a). Kuraklık bitkilerde büyümeyi yavaşlatır, fotosentetik açıdan aktif radyasyonun kanopi emilimini azaltır, stomaların kapanmasına neden olur ve bu nedenle de fotosentezi azaltır (Nemeth et al. 2002). Kuraklık stresi ile birlikte bitkilerde su alınımının azalması, bitkilerin gerekli olan besinleri almasını da engellemektedir. Birçok kültür bitkisinde olduğu gibi, kuraklık stresi altında yetiştirilen biber fidelerinde de bitki gelişimi ve verim olumsuz etkilemekte hatta ölümler meydana gelebilmektedir.

Önemli bir sorun olan kuraklık birçok araştırmacının ilgisini çekmiş ve buna bağlı olarak araştırmacılar bitkilerin farklı vejetatif evrelerinde kuraklığa toleransı arttırmak için çeşitli bilimsel çalışma metotları ve yaklaşımlar geliştirmişlerdir. Bu yaklaşımlardan bir tanesi de kuraklık toleransının artırılmasında bitki büyüme düzenleyicilerinin kullanılmasıdır. Birçok araştırma, kuraklık stresine karşı bitki toleransının geliştirilmesinde bitki büyüme düzenleyicilerinin kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Farooq et al. (2009a), yapraktan 10 µM poliamin uygulamasının çeltik bitkilerinde, kuru madde ve fotosentez miktarını artırarak kuraklık stresine toleransı sağladığını ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar kuraklık toleransını, yaprak su durumunun korunması ve su kullanım etkinliğinin artmasıyla ilişkilendirmişlerdir. Bir başka çalışmada (Yuan et al. 2010), yapraktan 24-epibrassinolide (EBR) uygulaması domates fidelerinde nispi nem içeriği, net fotosentez oranı ve absisik asit (ABA) miktarını artırmış ve dolayısıyla domates fidelerinin kuraklık stresine olan toleransını artırmıştır. Korkmaz et al. (2015) tarafından yürütülen bir çalışmada, biber fidelerine yapılan glycinebetaine (GB) uygulamalarının erken fide döneminde biberin kuraklık stresine karşı toleransının artırılması amaçlanmıştır. Araştırmacılar, yapraktan yapılan 5 mM konsantrasyonunda GB uygulamasının biber fidelerinde kuraklığa karşı toleransı arttırdığını bildirmişlerdir.



Bu araştırmanın nihai amacı bitki yetiştiriciliğinin temel sorunlarından olan kuraklık stresine karşı tolerans arttırıcı olarak Prohexadione-Calcium'un (Pro-Ca) biber bitkisi üzerindeki fizyolojik mekanizmalarını araştırmak, temel bilimsel bilgilerin yanı sıra üretici bazında kullanılabilir pratik bilgiler üretmektir. Bu çalışmanın spesifik amacı ise farklı konsantrasyonlarda yapraktan ve topraktan uygulanan Pro-Ca'un kuraklık stresi altındaki biber fidelerinde strese karşı toleransın arttırılmasına yönelik etkilerinin araştırılmasıdır.

## **2. KAYNAK ÖZETLERİ**

Çevresel stres faktörleri bitkilerinde büyüme, gelişme ve verimi olumsuz etkilerler. Bitkilerin en çok etkilendiği çevresel stres faktörlerinden birisi de kuraklıktır. Dünyada tarım alanlarının yaklaşık olarak % 45'i sürekli olarak kuraklık stresine maruz kalmaktadır (AshrafandFoolad 2007). Kuraklık birçok araştırmacı tarafından farklı şekillerde tanımlanmaktadır. Birleşmiş Milletler Kuraklık ve Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi (UNCCD)'nde yapılan tanımlamaya göre; kuraklık, yağışın normal düzeyinin çok altında olduğu durumlarda ortaya çıkan, arazi kaynakları ve üretim sistemlerini olumsuz yönde etkileyerek ciddi hidrolojik dengesizliklere yol açan, doğal oluşumlu bir olaydır (Anonymous 1995).

### **2.1. Kuraklık Stresine Karşı Bitkilerin Verdiği Tepkiler**

Kuraklık stresi bitkilerde morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal birçok değişikliğe yol açmakta, özellikle kurak bölgelerde bitkisel üretimde çok ciddi ürün kayıplarına neden olmaktadır. Kuraklık stresi bitki boyu, kök uzunluğu, yaprak alanı, taze ve kuru ağırlıkları azaltmaktadır. Kuraklık stresi ayrıca yapraklarda nispi nem içeriğinin azalmasına, stomaların kapanmasına, klorofil içeriği ve fotosentezin azalmasına neden olmaktadır (Yavaş vd. 2016).

#### **2.1.1. Morfolojik Değişimler**

Özellikle büyüme ve gelişmenin ilk safhalarında baş gösteren kuraklık ya da su sıkıntısı bitkilerdeki gelişim ve verimliliği önemli ölçüde azaltır (Akıncı 1997; Tuberosa 2012; Turner et al. 2014). Kuraklık stresinin baş gösterdiği ilk zamanlarda bitkiler su kaynaklarına erişebilmek için bir taraftan kök gelişimini hızlandırırken; diğer taraftan gövde gelişimini yavaşlatır (Smirnoff 1998). Kuraklık stresi uzun süreyle devam eder ve bitki bünyesine zarar vermeye başlarsa, hem kök ve hem de gövdedeki büyüme aynı anda azalır (Yüksel ve Aksoy 2017). Bunların dışında kuraklıkstresinden etkilenen bitkilerde

diğer bazı önemli morfolojik değişimler ise; bitkinin normal büyüklüğüne göre küçük olması, erken olgunlaşma, toplam yaprak sayısının, toplam yaprak alanının azalması, yaprak kıvrılmasıdır (Terzi ve Kadioğlu 2006; Cattivelli vd. 2008; Jaleel vd. 2009). Kurak koşullarda yetiştirilen bitkilerde yapraklarda meydana gelen morfolojik değişimler çoğu zaman transpirasyon ile kaybedilen su miktarını azaltmaya yöneliktir (MahajanandTuteja 2005).

Tütün bitkisinde yürütölen bir çalışmada (Karakaş vd. 1997), kuraklık stresi sonucunda bitkilerin kuru ağırlıkların %56-60 arasında azaldığı saptanmıştır.

Farklı PEG konsantrasyonları kullanılarak elde edilen kuraklık stresi şartlarında yetiştirilen pamuk bitkilerinde nispi büyüme oranının kontrol bitkilerine oranla azaldığı tespit edilmiştir (Farnendez-Conde et al. 1998).

Pace et al. (1999), kuraklık stresine maruz bırakılan pamuk bitkilerinde yaprak alanı, bitki boyu, yaprak ve gövde kuru ağırlıklarının kontrol bitkilerinden daha az olduğunu bildirmişlerdir.

Yarı kurak koşullarda su stresinin, patlıcan bitkilerinde gelişme, meyve kalitesi ve verim üzerine etkilerini inceleyen bir çalışmada (Kirnak vd. 2002), kuraklık uygulanan bitkilerde yaprak alanında çok önemli düşüşler tespit edilmiştir.

Kirnak vd. (2002) tarafından yürütölen ve yarı kurak koşullarda su stresinin, patlıcan bitkilerinde gelişme, meyve kalitesi ve verim üzerine etkilerini inceleyen bir çalışmada, kuraklık uygulanan bitkilerde yaprak oransal su içeriği ve klorofil miktarında çok önemli düşüşlerin olduğu bildirilmiştir.

Lutfor Rahman et al. (2002) tarafından bir tanesi kurağa dayanıklı, diğeri kurağa hassas olan iki domates çeşidinde yürütölen bir çalışmada, kuraklık uygulaması her iki çeşitte de meyve sayısı, ortalama meyve ağırlığı, verim ve kuru madde üretimini önemli ölçüde azaltmıştır.

Gallardo et al. (2004) tarafından sera koşullarında yürütölen bir çalışmada, domates bitkisi geç meyve döneminde, kavun bitkisi ise meyve olgunluk döneminde su stresine

maruz bırakılmıştır. Araştırmacılar su stresi koşulları altında yetiştirilen domates ve kavun bitkilerinde gövde çapının önemli ölçüde azaldığını bildirmişlerdir.

PEG 6000 kullanarak oluşturulan kuraklık stresinde bezelye bitkilerinde epikotil gelişiminde önemli azalmalar olduğu rapor edilmiştir (Sanchez et al. 2004).

Sera koşullarında yürütülen bir başka çalışmada, kuraklık stresine maruz bırakılan fasulye (*Phaseolus vulgaris*) bitkilerinde kök yaş ve kuru ağırlıkları, gövde yaş ve kuru ağırlıkları, gövde boyu ve yaprak alanında kontrol bitkilerine oranla azalma olduğu görülmüştür (Ashraf and Iram 2005).

Mahajanand Tuteja (2005)'e göre; stres koşullarında yetiştirilen kavun bitkileri kontrol bitkilerine oranla daha az sayıda yaprak ve yaprak alanı oluşturmaktadır.

Güzel (2006), kuraklık stresine maruz bırakılan domates bitkilerinde hem kök hem de gövde büyümesinin kontrol bitkilerine göre azaldığını saptamıştır.

Kuşvuran vd. (2008a), kuraklık stresine maruz bırakılan farklı bamya genotiplerinde yaprak sayılarının kontrol bitkilerine göre %7,7 ile %86 oranında azaldığını tespit etmişlerdir.

Kuşvuran vd. (2008b) tarafından kavunda yürütülen bir başka çalışmada PEG6000 kullanılarak oluşturulan kuraklık stresi sonucunda, kontrol bitkilerine oranla gövde çapında azalma meydana geldiği bildirilmiştir.

Sankar et al. (2008) tarafından laboratuvar koşullarında saksılarda yürütülen bir çalışmada, bamya bitkileri kuraklık stresine maruz bırakılmıştır. Araştırma sonucunda strese maruz bırakılan bitkilerin biyokütle, verim, yaprak alanında kontrol bitkilerine göre azalmalar olduğu saptanmıştır.

Terzi ve Kadıgözü (2006), kuraklık stresinin *Ctenanthesetosa* bitkisinde kök/gövde oranında artışlara neden olduğunu, kuraklıktaki artış ile birlikte kök/gövde oranında artışın da devam ettiğini bildirmişlerdir.

Kaya (2011) tarafından yürütülen bir çalışmada, erken bitki gelişme aşamasında kuraklık stresine tolerans bakımından fasulye (*Phaseolus vulgaris*) genotiplerini incelenmiştir. Kuraklık stresine maruz bırakılan fasulye) bitkilerinde kök yaş ve kuru ağırlıkları, gövde yaş ve kuru ağırlıkları, bitki boyu ve yaprak alanında kontrol bitkilerine oranla azalma olduğu görülmüştür.

Farklı kavun tiplerinin kuraklık stresine tepkilerinin araştırıldığı bir çalışmada (Kuşvuran vd. 2011), kuraklığa maruz kalan bitkilerde yeşil aksam, kök yaş ve kuru ağırlıkları, bitki boyu, bitki çapı, yaprak sayısı, yaprak alanı gibi büyüme parametrelerinin olumsuz etkilendiği tespit edilmiştir.

İklim odası koşullarında yürütülen bir çalışmada kuraklık stresine maruz bırakılan ıspanak bitkilerinde kuraklık stresi ile yaprak sayısı ve yaprak alanı değerlerinde de azalma meydana geldiği bildirilmiştir (Uyan 2011).

Üç farklı domates çeşidinin kuraklık stresine tepkilerinin araştırıldığı bir çalışmada (Zhou et al. 2017), kuraklığa maruz kalan tüm domates çeşitlerinin taze ve kuru ağırlık, yaprak alanı değerlerinin önemli ölçüde düştüğü saptanmıştır.

### **2.1.2. Fizyolojik Değişimler**

Bitkilerde kuraklık stresine karşı geliştirilen yaygın fizyolojik tepkilerden bir tanesi, stomaların kapanması ve dolayısıyla terleme ve fotosentezin azaltılmasıdır (Kaiser 1987). Kurak koşullarda ilk önce toprağın, daha sonra bitkinin su potansiyeli azalır ve ilerleyen safhalarda ise turgor basıncında düşme, stomalarda kapanma, yaprak alanında azalma ve fotosentez miktarında düşüş meydana gelir (Monti 1986). Fotosentez hızı ve miktarındaki görülen azalma başlangıçta stomaların kapanmasından kaynaklanmaktadır. Ancak kuraklık stresinin uzun süre devam etmesi ya da şiddetinin artmasıyla fotosentezin karbondioksit (CO<sub>2</sub>) fiksasyonunda rol oynayan bazı enzimlerin aktivitesi azalmakta ve fotosentez bu noktadan itibaren stomalar dışındaki faktörler tarafından azaltılmaktadır (Çırak ve Esendal 2006). Ayrıca kuraklık stresi ile toplam yaprak alanı azalmakta ve dolayısıyla fotosentez oranı yavaşlamaktadır. Benzer şekilde kuraklık stresi altında bitkiler stomalarını olabildiğince kapalı tutarak, yaprak alanlarının da küçülmesiyle, terlemeyi minimuma çekerek su kaybını önlemeye çalışmaktadırlar.

Kuraklık stresindeki bitkilerde stoma geçirgenliği ile fotosentez asimilasyon oranı arasında çok yakın bir ilişki vardır. Kuraklık stresine karşı bitkilerde oluşturulan en erken tepkilerden biri stomaların kapanması olayıdır. Kuraklık stresi altında bitkilerde stomaların kapanması, stresten kaçınmak için basit bir yoldur, ancak bu durum CO<sub>2</sub>'in mezofil hücrelerine girişini sınırlandırarak net fotosentez oranını azaltmaktadır (CostaFrança et al. 2000).

Behboudian (1977) yaptığı bir çalışmada kuraklık stresine maruz bırakılan patlıcan bitkisinde yaprakta su miktarı azaldıkça; stomaların kapanması sonucu terleme ve fotosentezin azaldığı gözlemlenmiştir.

Akdeniz ikliminin sürdüğü bölgelerde kuraklık stresi koşullarında yetiştirilen nohut çeşitleri ile yürütölen bir çalışmada Leport et al. (1999), kuraklık stresinin bitkilerde yaprak su potansiyelinin ve fotosentezin azaldığı gözlenmiştir.

Lutfur Rahman et al. (1999), kuraklık stresinin su stresinde bitki gelişimi, verim, verimi etkileyen bazı morfolojik karakterlere etkisini ve stresin fizyolojik sonuçlarını araştırdıkları çalışmalarında, yaprak su potansiyeli, yaprak su içeriği, fotosentez oranı, terleme oranı, su kullanım etkinliği, stoma iletkenliğinin azaldığını bildirmişlerdir.

Weng (2000) tarafından serada topraksız tarımda yürütölen bir çalışmada, domates bitkileri besin solüsyonu içerisine -0,5 MPamannitol ilave edilerek kuraklık stresine maruz bırakılmıştır. Kuraklık stresi altında, net fotosentez oranı ve stoma iletkenliği değerleri azalmıştır.

Haupt-HertingandFock (2002) tarafından domateste yürütölen kuraklık stresi çalışmasında, su stresi boyunca fotosentezin, CO<sub>2</sub> absorpsiyonu, ve klorofil miktarının azaldığı bildirilmiştir.

Kirnak vd. (2002) tarafından yürütölen ve yarı kurak koşullarda su stresinin, patlıcan bitkilerinde gelişme, meyve kalitesi ve verim üzerine etkilerini inceleyen bir çalışmada, kuraklık uygulanan bitkilerde yaprak oransal su içeriği ve klorofil miktarında çok önemli düşüşlerin olduğu bildirilmiştir.

Lutfor Rahman et al. (2002), bir tanesi kurağa dayanıklı, diğeri kurağa hassas olan iki domates çeşidinde gelişme, yaprak su potansiyeli, yaprak oransal su içeriği, verim parametrelerini incelemiştir. Araştırmacılar kuraklık stresi koşullarında yetiştiren domateslerde özellikle de kurağa hassas olan çeşitte ilk tepki olarak stoaların kapandığını, buna bağlı olarak fotosentezde absorbe edilen ışık miktarı ve kullanılan ışık enerjisi arasındaki dengenin bozulduğunu ve neticede fotosentez oranının azaldığını ifade etmişlerdir. Aynı şekilde her iki çeşitte de yaprak su potansiyeli ve yaprak oransal su içerikleri kuraklık stresi ile azalmıştır.

Kuraklık stresine maruz bırakılan börülce bitkilerinde strese bağlı olarak yaprak asimilasyon oranının %75,5, terleme oranının %57,9 ve stoma iletkenliğinin %83,3 oranında azaldığını saptamışlardır (AnyiaandHerzog 2004). Araştırmacılar asimilasyon oranının azalan yaprak nispi su içeriğine bağlı olarak azaldığı ifade etmişlerdir.

Liu et al. (2004) tarafından sera koşullarında yürütülen bir çalışmada, kuraklık stresinin soya yapraklarında ve baklasında karbonhidrat konsantrasyonu üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda, kuraklık stresinin bitkilerde fotosentez oranını, yaprak, çiçek ve baklalardaki su potansiyelini azalttığı saptanmıştır.

Japonya'da yürütülen bir çalışmada, barbunya bitkisinde kuraklık stresinin fotosentez, terleme ve stoma iletkenliği üzerine etkileri araştırılmıştır. Kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde fotosentez oranı, terleme oranı ve stoma iletkenliğinin hızla azaldığı tespit edilmiştir (Miyashita et al. 2005).

Turkan vd. (2005) tarafından fasulyede (*Phaseolusvulgaris*) yürütülen kuraklık çalışmasında, strese maruz bırakılan bitkilerde yaprakların oransal su içeriğinin (YOSİ) azaldığı ortaya konmuştur.

Sankar et al. (2008), tarafından beş farklı bamya çeşidinde yürütülen bir çalışmada, kuraklık stresinin net asimilasyon oranında kontrol bitkilerine göre azalmaya neden olduğunu ortaya koymuşlardır.

Farklı karpuz genotipleri kullanılarak yürütülen bir çalışmada, kuraklık koşulları arttıkça klorofil düzeyinin azaldığı tespit etmiştir (Karipçin 2009).

Kuraklık stresi altındaki bitkilerde, stres yaprak sıcaklığını arttırmaktadır. Bunun sebebi stomaların kapanması nedeniyle bitkinin terleme yapamaması ve yaprakları yeterince soğutamamasıdır (BuschmannandLichtenthaler 1998; Chaerleand Van Der Straeten 2000).

Rahman et al. (1999) tarafından domateste yürütülen bir çalışmada, kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde yaprak sıcaklığının kontrol bitkilerine göre arttığı belirlenmiştir.

ShahenshahandIsoda (2010) tarafından yürütülen bir çalışmada, kuraklık stresinin yaprak sıcaklığı üzerine etkisi araştırılmıştır. Araştırmacılar kuraklık stresi altında yetiştirilen pamuk ve yer fıstığında, yaprak sıcaklığının kontrol bitkilerine göre ortalama olarak 3,5-4,2 °C arttığını ortaya koymuşlardır.

Süyüm (2011), karpuz genetik kaynaklarının tuzluluk ve kuraklığa tolerans seviyelerinin belirlenmesi amacıyla yaptığı çalışmada, kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde yaprak sıcaklığının kontrol bitkilerine göre arttığını ortaya koymuş ve bu durumun stres altında stomaların kapanması nedeniyle bitkilerin yeterince terleme yapamamasından kaynaklanmış olabileceği sonucuna varmıştır.

Kıran vd. (2017), kuraklık stresi altında yetiştirilen aşılı ve aşısız patlıcan bitkilerinin sergilediği fizyolojik özellikleri ve verim performanslarını incelemiştir. Araştırma sonucunda strese maruz bırakılan patlıcan bitkilerinde stoma iletkenliği ve yaprak su potansiyeli (YPS) değerlerinin azalma gösterdiği ortaya çıkmıştır.

### **2.1.3. Biyokimyasal Değişimler**

Kuraklık stresi sonucunda açığa çıkan serbest oksijen radikallerini (oksijenden bir elektron indirgenmesi sonucu meydana gelen serbest radikaller) zararsız bileşiklere dönüştüren antioksidan miktarları ve antioksidan enzim aktiviteleri bitkilerin oksidatif streslere karşı en önemli karşı koyma mekanizmalarıdır. Bu antioksidanların başında vitamin E, vitamin C, glutatyon ve karotenoidler gelirken; süper oksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), askorbatperoksidaz (APX), glutatyonredüktaz (GR) gibi enzimler en etkin antioksidatif enzimler arasında yer almaktadır (Dixit et al. 2001; Altunlu 2011).



SairamandSaxena (2000), buğdayda kuraklık stresi toleransında antioksidan sistemlerin rolünü araştırdıkları bir çalışmada, çiçeklenme döneminden sonra farklı dönemlerde uygulanan kuraklık stresinin, lipidperoksidasyonunda ve askorbit asit (ABA) miktarında artış; membranstabilitesi, klorofil ve karotenoid miktarlarında düşüş; askorbatperoksidaz (APX), katalaz (CAT), süperoksitdimitaz (SOD), ve glutationredüktaz gibi antioksidan enzimlerinde ise artışa neden olduğunun bildirmişlerdir.

Lutfor Rahman et al. (2002), kuraklık stresi koşullarında yetiştiren domateslerde superoksitdismutaz (SOD) aktivitelerinde artış meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Ünyayar vd. (2005), kuraklık stresi koşullarında 5-10 M absisik asit (ABA) uygulamasının iki domates çeşidinde genç ve olgun yapraklarındaki antioksidant enzimleri üzerindeki etkilerinin araştırmışlardır. ABA ve kuraklık stresi uygulanan ABA-mutant domates bitkilerinin genç ve olgun yapraklarında glutatyonredüktaz (GR), askorbatperosidaz (APX), ve katalaz (CAT) aktivitelerinin arttığı gözlemlenmiştir.

MoussaandAbdel-Aziz (2008), kuraklık stresi maruz bırakılan mısır bitkilerinde kontrol bitkilerine oranla SOD aktivitesinde artış meydana geldiğini tespit etmiştir.

Liu et al. (2009) hıyarda yürüttükleri çalışmalarda kuraklık stresi sonucunda antioksidan enzim aktivitelerinden askorbatperoksidaz (APX) ve superoksitdismutaz (SOD) aktivitelerinde artış meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Ayrıca prolin ve betainler stres koşullarında ortaya çıkan ve hücrelerde birikerek stresin zararlı etkisini azaltan maddelerdir. Sitoplazma ve organellerindekiozmotik dengenin sağlanması için hücrelerde prolin ve glisinbetain gibi toksik olmayan ve kolay çözünebilir organik maddeler biriktirilir (Zhu 2001). Birçok araştırma prolin gibi organik maddelerin sentezlenmesi ile kuraklık stresine tolerans arasında pozitif bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur.

Üç farklı fasulye çeşidinde bitki gelişiminin farklı aşamalarında kuraklık stresinin etkilerinin incelendiği bir araştırmada (Upreti et al. 1998), en iyi stres toleransının ve bitki veriminin absisik asit ve prolin seviyelerinin en yüksek olduğu dönemde olduğunu tespit edilmiştir.

Zgalli et al. (2005, 2006), kuraklık koşullarında yetiştirilen domatestede, strese maruz kalan bitkilerde prolin içeriğinin kontrole göre 10 kat arttığı tespit etmişler ve prolin artışının hücrenin stresten korunmasında önemli olduğunu belirtmişlerdir.

SuriyanandChalernpol (2009), şeker kamışı (*Saccharumofficinarum* L.) fidelerinde yürüttükleri bir çalışmada, kuraklığa maruz bırakılan bitkilerde büyüme gelişmenin olumsuz etkilendiğini, ancak prolin miktarının önemli derece arttığını bildirmişlerdir.

## **2.2. Kuraklık Stresine Karşı Toleransın Artırılmasında Bitki Büyüme Düzenleyicilerin Kullanılması**

Baalbaki et al. (1999), kuraklık koşulları altında salisilik asit tohum muamelesinin, reaktif oksijen türlerinin atılması, oksidatif hasarın azaltılması ve antioksidan aktivitesinin artırılması nedeniyle buğday tohumlarının çimlenmesini teşvik ettiğini ortaya koymuşlardır.

Fariduddin et al. (2009), yapraktan 0,01  $\mu$ M 28-homobrassinolide (HBL) uygulamasının ardından 7 gün süreyle su stresine maruz bırakılan bitkilerde antioksidan ve fotosentetik aktivitelerini incelemişlerdir. Uygulamalar sonrasında fotosentezde ve bitki gelişimindeki değişimler istatistiki olarak önemli bulunmuş, kuraklık stresinin bitkide oluşturduğu zarar HBL uygulanması ile azalmıştır. Araştırmacılar HBL uygulanması bitkide artan antioksidan aktivitesi ve prolin miktarı ile kuraklık toleransının sağlandığını ifade etmişlerdir.

Farooq et al. (2009a), yapraktan 10  $\mu$ M poliamin uygulamasının çeltik bitkilerinde, kuru madde ve fotosentez miktarını artırarak kuraklık stresine toleransı sağladığını ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar kuraklık toleransını, yaprak su durumunun korunması ve su kullanım etkinliğinin artmasıyla ilişkilendirmişlerdir.

Kuraklık stresine maruz bırakılan pirinç bitkilerinde yapraktan ve tohumdan 0,01  $\mu$ M konsantrasyonda brassinolide (BR) uygulaması ile strese toleransın artırılması hedeflenen bir çalışmada (Farooq et al. 2009b), kuraklık stresiyile beraber bitki yaş ve kuru ağırlığının azaldığı, fakat BR uygulaması ile bitkide net CO<sub>2</sub> asimilasyonun, su kullanma etkinliğinin ve yapraklardaki su miktarının arttığı bildirilmiştir.

Yuan et al. (2010), kuraklık stresine maruz bırakılan iki domates genotipinde 24-epibrassinolide (EBR) uygulamaları sonrasında bitkilerde stoma iletkenliği, net fotosentez hızı, hücreler arası CO<sub>2</sub> miktarı, nispi nem içeriği, lipid peroksidaz seviyesi, antioksidan enzim aktivitesi ve absisik asit (ABA) miktarını araştırmışlardır. Kuraklık stresinde nispi nem içeriği, stoma iletkenliği, hücreler arası CO<sub>2</sub> içeriği ve fotosentez hızı önemli bir şekilde azalırken, EBR uygulaması ile nispi nem ve net fotosentez hızında artışlar olmuştur. RBR uygulaması ile antioksidan enzim aktiviteleri artmış, stoma iletkenliği, malondialdehid (MDA), hidrojen peroksit H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>konsantrasyonları azalmıştır. Araştırıcılar EBR uygulaması ile bünyesinde ABA miktarı az olan domates genotipinin ABA içeriğindeki artışın daha fazla olduğunu ifade etmişler ve bunun da nedeninin EBR'nin ABA seviyesini arttırarak stoma iletkenliğini düzenlemesinden kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Yerfıstığında (*Arachishypogaea* L.) yürütölen kuraklık çalışmasında Khan et al. (2011), 10<sup>-4</sup> M konsantrasyonunda yapraktan uygulanan absisik asit (ABA), kuraklık stresinin bitkilerde büyüme ve verim bileşenleri üzerindeki olumsuz etkisini kısmen azaltmıştır. ABA uygulaması bitkilerde prolin miktarını arttırmıştır.

Hibrit ayçiçeğinde (*Helianthusannuus* L.) yürütölen kuraklık çalışmasında Ahmed et al. (2014), salisilik asit ve askorbik asit uygulamalarının kuraklık stresinin bitkilerde çimlenme ve büyüme üzerindeki olumsuz etkisini azalttığı bildirilmiştir.

Fard et al. (2015), Bitki büyüme düzenleyicilerden prohexadionecalcium (Pro-Ca) ile muamele edilen ve kuraklık stresine maruz bırakılan çayır salkım otu (*Poapratensis* L.) bitkilerinde doku nispi su içeriği, membran geçirgenliği, malondialdehit içeriği, antioksidan enzimlerinden süperoksitdismutaz (SOD), askorbatperoksidaz (APX) ve katalaz (CAT) aktivitelerini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda Pro-Ca uygulanan bitkilerinin, kontrol bitkilerine oranla, daha yüksek doku nispi su içeriği ve çim kalitesine ve düşük membran geçirgenliği ve MDA içeriğine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Aynı çalışmada Pro-Ca uygulaması kuraklık koşulları altında, bitkilerde süperoksitdismutaz (SOD), askorbatperoksidaz (APX) ve katalaz (CAT) aktivitelerini önemli ölçüde arttırmıştır.

Korkmaz et al. (2015) tarafından yürütölen bir çalışmada, biber fidelerine yapılan glycinebetaine (GB) uygulamalarının erken fide d6neminde biberin kuraklık stresine karşı toleransının arttırılması amaçlanmıştır. Araştırmacılar, yapraktan yapılan 5 mM konsantrasyonunda GB uygulamasının biber fidelerinde kuraklığa karşı toleransı arttırdığını bildirmişlerdir.

Khan et al. (2019) tarafından nohut bitkilerinde yürütölen bir kuraklık stresi çalışmasında, salisilik asit ve putrescine ile muamele edilen fidelerin, artan yaprak nispi su içeriği, daha yüksek sürgün ve kök biyokütlesi, daha yüksek fotosentez, daha yüksek protein ve şeker birikimi yoluyla kuraklık koşullarında önemli ölçüde daha iyi performans gösterdiği ortaya konmuştur.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışması, 2017-2018 yılları arasında Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'ne ait fizyoloji laboratuvar ve iklim odasında yürütülmüştür.

Araştırmada iki farklı uygulama yöntemi ile (yapraktan ve topraktan) farklı dozlarda (0, 25, 50 ve 75 mg.L<sup>-1</sup>) uygulanan Prohexadione-Calcium (Pro-Ca)'un kuraklık stresi altındaki biber fidelerinin toleranslarının artırılması üzerine etkileri araştırılmıştır.

#### 3.1. Materyal

Bitkisel materyal olarak açık tarla yetiştiriciliğine uygun 'BT İnce Sivri Kıl Tatlı-016' biber çeşidi (Bursa Tohumculuk A.Ş.) kullanılmıştır (Şekil 3.1). BT İnce Sivri Kıl Tatlı-016' biber çeşidi 50-60 cm boylanabilen, 17-20 cm uzunluğunda meyveleri olan sivri, yeşil ve tatlı bir çeşittir. Çeşit 55-60 günde hasada gelmekte ve dekara 3,5-4 ton civarında verim verebilmektedir (Anonim 2017). Biber tohumlarında yapılan ön çimlendirme testinde çimlenme yüzdesi %93 olarak bulunmuştur.



Şekil 3.1. BT İnce Sivri Kıl Tatlı-016' biber çeşidi

Araştırmada yetiştirme ortamı olarak turba yosunu ve perlit [4:1 (v/v)] karışımı kullanılmıştır (Şekil 3.2). Turba yosunu ya da torf en yaygın kullanılan topraksız yetiştirme ortamı olup, nispeten ucuzdur (Kueper 2010). Torf, göl yatakları ya da bataklıklardaki su seviyesinin düşmesiyle, sphagnum yosunlarında büyüme faaliyetlerinin başlaması, ancak kışın su seviyesindeki artış ile bitkilerin ölümü ve bu doğa olayının sürekli tekrarlanması ile bitki gövde ve köklerinin uzun yıllar süren dönüşümlü birikimleri sonucunda oluşan organik bir yetiştirme ortamıdır. Hafiftir, nispeten patojen içermez ve yüksek su tutma kapasitesine sahiptir (Meche 2017).

Perlit, ısıyla genleşme özelliği olan, 760-1090 °C’de ısıtıldığında genişerek çok hafif ve gözenekli hale geçen volkanik bir kayaktan elde edilen inorganik bir yetiştirme ortamıdır. Perlit, suyun ve havanın köklere serbestçe akmasını sağlayan küçük hava tünelleri oluşturarak drenajı ve havalandırmayı geliştirir. Perlit ağırlığının 3-4 katı su tutabilir, (Kueper 2010; Meche 2017). Yetiştirme ortamları E-Tartes Firmasından (İzmir, Türkiye) temin edilmiştir.



Turbayosunu (torf)

Perlit

Şekil 3.2. Araştırmada kullanılan yetiştirme ortamları

Çalışmada bitki büyüme düzenleyici olarak Regalis® (aktif madde içeriği %10 Prohexadione-calcium, BASF) kullanılmıştır. Pro-Ca, giberellik asit sentezini ya da taşınımını engelleyerek büyümenin kontrol altına alınmasına yardım etmektedir. Bu

kimyasal, sürgün gelişimini engelleyerek vegetatif büyüme ve generatif gelişme arasında dengeyi sağlamak amacıyla kullanılmaktadır

### 3.2. Yöntem

#### 3.2.1. Bitkilerin Yetiştirilmesi

Biber tohumları içerisinde 3:1 (v/v) oranında torf ve perlit karışımı bulunan ve her bölmesi 75 cm<sup>3</sup> hacime sahip 45'lik viyollere ekilmiştir. Tohumlar 1 cm derinlikte ekilerek üzerleri aynı yetiştirme ortamı ile kapatılmış ve hafifçe bastırılmıştır. Ardından ekim yapılan viyoller sulanarak iklim odasındaki raflara yerleştirilmiştir. Çıkış tamamlandıktan sonra her viyol bölümünde bir bitki olacak şekilde seyreltme yapılmıştır. Biber bitkileri 16/8 saatlik aydınlık/karanlık fotoperiyotta, 25 °C sıcaklık ve %65 nem ortamında yetiştirilmiştir. Bitkiler ilk gerçek yaprakların görülmesiyle birlikte birer hafta arayla 200 mg.L<sup>-1</sup> (N'a göre) dozunda 2 kez (20+20+20+ME) ile gübrelenmiştir.

#### 3.2.2. Pro-Ca Uygulamalarının Kuraklık Stresine Maruz Kalan Biber Fideleri Üzerine Etkisinin Araştırılması

Yapraktan ve topraktan yapılan Pro-Ca uygulamaları biber bitkileri iki gerçek yapraklı iken (21. gün) gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.3.). Hazırlanan Pro-Ca çözeltilerine yapışma oranını artırmak için 0,1 ml.L<sup>-1</sup> oranında Tween-20 ilave edilmiştir.



Şekil 3.3. Toprak ve yapraktan Pro-Ca uygulamalarının yapıldığı dönemde biber fidelerinin görünüşü

Topraktan uygulama yönteminde, bitki başına 20 ml Pro-Ca (0, 25, 50 ve 75 mg.L<sup>-1</sup>) verilmiştir. Yapraktan uygulama yöntemimde ise, biber fidelerinin yapraklarına 25, 50 ve

75 mg.L<sup>-1</sup> dozlarında Pro-Ca yaprak yüzeyinde kuru alan kalmayacak şekilde sprey olarak püskürtülmüştür. Yapraktan uygulama sırasında yaprakların her iki yüzünün de ıslanmasına dikkat edilmiş ve yapraktan damlayan bitki büyüme düzenleyicisinin kök bölgesine karışmasını engellemek için bitkilerin arasına ve yetiştirme ortamının üzerine mukavva şeritler yerleştirilmiştir. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre düzenlenmiş ve 2 uygulama metodu x 4 Pro-Cakonsantrasyonu = 8 uygulamadan meydana gelmiştir. Her bir uygulama 3 kez yinelenmiş ve her bir uygulamada 15 bitki yer almıştır. Toplamda 360 bitki yetiştirilmiştir. Altıncı haftanın sonunda, biber bitkileri bir hafta süreyle hiç sulama yapılmayarak kuraklık stresine maruz bırakılmıştır. Kuraklık stresi bitiminden sonra bitkiler üzerinde aşağıda belirtilen ölçüm ve analizler yapılmıştır.

### 3.2.3. Yapılan Ölçüm ve Analizler

Biber fidelerinin kuraklık stresine toleranslarının artırılması üzerine Pro-Ca uygulamalarının etkilerini ortaya koymak amacıyla, stres sonrasında her uygulamadan 8 bitki üzerinde bitki boyu, gövde çapı, yaprak sayısı, yaprak alanı, göreceli yaprak klorofil içeriği, fide yaş ve kuru ağırlıkları, kök yaş ve kuru ağırlıkları, doku nispi (oransal) su içeriği, membran geçirgenliği ve görsel hasar indeksi değerleri belirlenmiştir.

**Bitki boyu (cm):** Fidelerin toprak yüzeyinden gövde ucuna kadar olan boyları bir cetvel yardımı ile ölçülüp ortalama bitki boyu hesaplanmıştır.

**Gövde çapı (mm):** Fidelerde kök boğazının hemen üzerinden dijital kumpas yardımı ile gövde çapları ölçülerek ortalaması alınmış ve mm olarak ifade edilmiştir.

**Yaprak sayısı (adet bitki<sup>-1</sup>):** Toprak seviyesinden bitki büyüme ucuna kadar olan kısımda bulunan ve gelişimini tamamlamış tüm yapraklar sayılarak bitki başına düşen yaprak sayısı belirlenmiştir.

**Yaprak alanı (cm<sup>2</sup>/bitki):** Yaş ağırlıkları alınan bitkilerden koparılan yaprakların alanı portatif bir yaprak alanı ölçer (LICOR, Model: LI-3000C, Lincoln, NE, ABD) yardımı ile belirlenmiştir.

**Göreceli klorofil içeriği (SPAD):** Hayatta kalan bitkiler arasından tesadüfen seçilen 4 bitki üzerinde en son tam olarak gelişmiş yaprak üzerinde Minolta SPAD-502



Klorofilmetre kullanılarak yaprakların göreceli klorofil içeriği ölçülmüş ve ölçülen değerler SPAD değerleri olarak ifade edilmiştir.

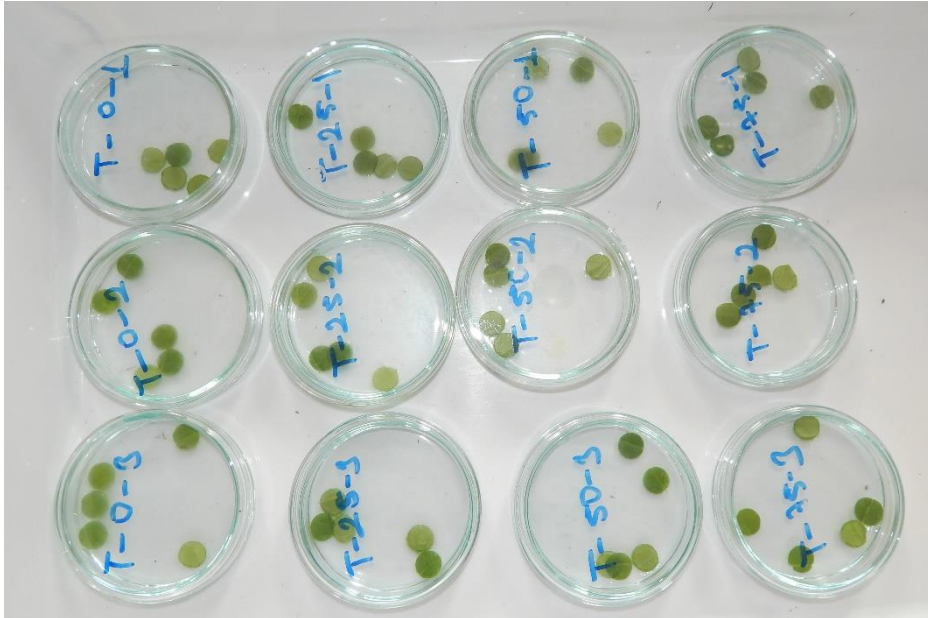
**Fide yaş ağırlığı (g):** Fidelerin torak üstü aksamlarının yaş ağırlıkları 0.001g hassasiyetine sahip hassas terazide tartılarak belirlenmiştir.

**Gövde kuru ağırlığı (mg):** Yaş ağırlığı saptanan örnekler 70 °C etüvde 72 saat süreyle kurutulduktan sonra yine hassas terazide tartılarak kuru ağırlıkları alınmıştır.

**Kök yaş ağırlığı (g):** Fide köklerinin yaş ağırlıkları 0.01g hassasiyetine sahip hassas terazide tartılarak belirlenmiştir.

**Kök kuru ağırlığı (mg):** Yaş ağırlığı saptanan fide kökleri 70 °C etüvde 72 saat süreyle kurutulduktan sonra yine hassas terazide tartılarak kuru ağırlıkları alınmıştır.

**Yaprak nispi su içeriği (NSİ):** Hayatta kalan bitkiler arasından tesadüfi olarak seçilen 2 bitkiden alınan 1 cm çapındaki yaprak diskleri hemen tartılmış ve taze ağırlıkları (TA) tespit edilmiştir.



Şekil 3.4. Yaprak nispi su içeriğinin ölçümünde kullanılan yaprak diskleri

Taze ağırlıkları belirlenen yaprak diskleri daha sonra içerisinde saf su bulunan petri kaplarına konularak 25 °C'de 5 saat boyunca suda bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda

yaprak diskleri petrilere alınır ve disklerin üzerindeki fazla su kurutma kâğıdı yardımıyla kurularak tekrar tartılmış ve turgorlu ağırlıkları (TU) belirlenmiştir. Daha sonra örnekler 72 °C'ye ayarlanmış olan etüvde 48 saat boyunca kurularak yeniden tartılmış ve kuru ağırlıkları (KA) tespit edilmiştir. Yaprak nispi su içeriği Kaya ve ark. (2003)'e göre aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.  $NSİ = [(TA - KA) / (TU - KA)] \times 100$

**Membran geçirgenliği:** Membran geçirgenliği hücreden dışarıya verilen elektrolitin ölçülmesi ile hesaplanmıştır. Her tekerrürden tesadüfi olarak seçilen 2 bitkinin en son gelişmiş gerçek yapraklarından 1 cm çapında alınan disk örnekleri 20 ml saf su içeren amber renkli cam şişelerin içine konarak 24 saat çalkalayıcıda çalkalanmış (150 rpm) ve sonrasında ıslatma suyunun elektriksel iletkenliği Kaya ve ark. (2003) tarafından belirtilen metoda göre bir EC metre yardımı ile ölçülerek, hücre zarlarının geçirgenliği (zarar görme oranı) belirlenmiştir. Bu ölçüm EC1 olarak ifade edilmiştir. Aynı yaprak diskleri otoklavda 20 dakika boyunca 121°C bekletilerek doku ve hücrelerin tamamen parçalanması sağlanmış ve ardından ikinci EC ölçümü yapılmış ve bu değer EC2 olarak kaydedilmiştir. EC1/EC2 arasındaki oran hesaplanarak membran geçirgenliği % olarak ifade edilmiştir (Korkmaz ve ark, 2010).



Şekil 3.5. Membran geçirgenliği ölçümü için örneklerin hazırlanması

**3.2.3.12. Görsel Hasar İndeksi:** Biber bitkilerinde kuraklık stresi nedeniyle morfolojik olarak ortaya çıkan hasarın derecesini ortaya koyabilmek amacıyla Korkmaz (2002) ve Kuşvuran, 2010'da belirtilen skala kullanılmıştır. Görsel hasar indeksinin belirlenmesinde aşağıda verilen belirtilere göre 0'dan 5'e kadar puan verilmiştir.

0: Bitkilerin kuraklık stresinden hiç etkilenmemesi

1: Büyümede yavaşlama

2: Alt yapraklarda solgunluk başlangıcı

3: Üst yapraklarda kıvrılma ve solgunluk

4: Yapraklarda şiddetli solgunluk ve sararma, yaprak kenarlarında kuruma başlangıcı

5: Bitkide solma ve alt yapraklarda kuruma

### **3.2.4. Sonuçların İstatistiksel Değerlendirmesi**

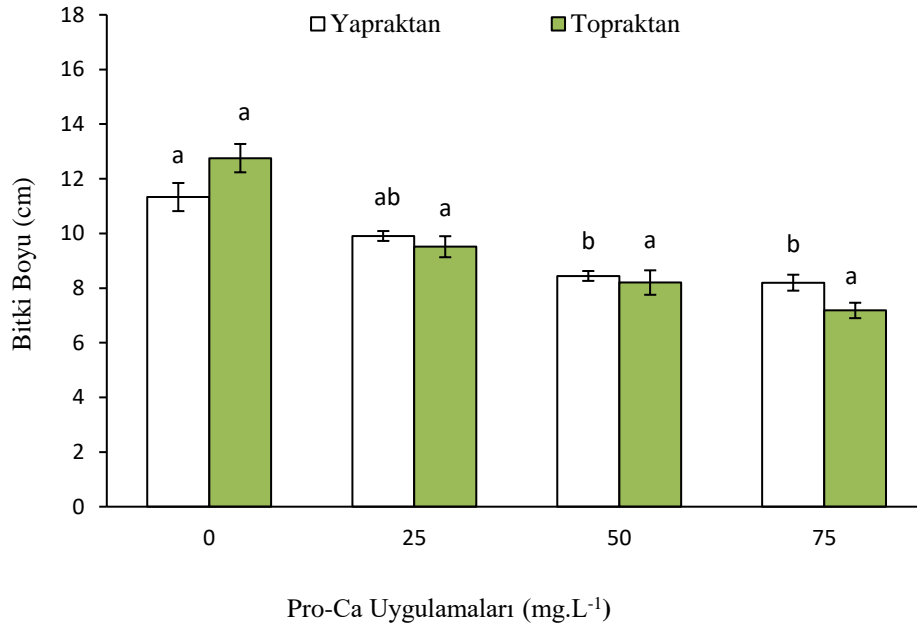
Araştırmadan elde edilen verilere varyans analizi uygulanmış, konular arası farklılıklar Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi ile gruplandırılmıştır. İstatistiki analizler SAS V9.1.3 bilgisayar paket programı (SASInstituteInc.,Cary, NC, USA)kullanılarak yapılmıştır.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Bulgular

#### 4.1.1. Bitki Boyu

Kuraklık stresi koşullarında yetiştirilen biber fidelerine yapraktan ve topraktan farklı konsantrasyonlarda uygulanan Pro-Ca uygulamalarının bitki boyu üzerine etkileri ile ilgili veriler Şekil 4.1.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1.1. Pro-Ca uygulamalarının biber fidelerinin kuraklık stresi altında bitki boyu üzerine etkileri (p=0,01, n=8, ortalama ± standart hata)

Yapılan varyans analizi sonucunda, bitki boyu üzerine Pro-Ca dozları ( $P<0.001$ ) ve Pro-Ca x Metot interaksiyonunun ( $P<0.05$ ) etkisi önemli çıkarken, uygulama metodunun etkisi önemsiz çıkmıştır. Biber fidelerinde ortalama bitki boyu değerleri 7,18-12,75 cm arasında değişmiştir. Pro-Ca (0 mg.L<sup>-1</sup>) uygulaması en uzun bitki boyuna (12,75 cm) neden olurken,

en kısa boylu biber bitkileri ise 50 ve 75 mg.L<sup>-1</sup> Pro-Ca uygulamalarından (7,18 ve 8,32 cm, sırasıyla) elde edilmiştir. Kontrol uygulaması (0 mg.L<sup>-1</sup>) ile karşılaştırıldığında diğer Pro-Ca dozları fide boyunu kısaltmıştır.

Pro-Ca doz uygulamaları bitki boylarında %20-37 oranında kısaltmalara neden olmuştur. Bu sonuç konuyla ilgili diğer çalışmalarla (Yamaji et al. 1991; Latimer, 1992) uygunluk göstermektedir. Pro-Ca, giberellik asit sentezini ya da taşınımını engelleyerek büyümenin kontrol altına alınmasına yardım etmektedir (Davies and Curry 1991). Hamano et al. (2002), Pro-Ca'un, lahana bitkilerinde giberellik asit biyosentezini engelleyerek bitkilerin kontrole göre daha kısa boylu olmasına neden olduğunu ortaya koymuşlardır. Rodriguez et al. (2003), domateste Pro-Ca uygulamasının apikal meristemdeki giberellik asit miktarını azalttığını; sitokin miktarını ise artırdığını bildirmişlerdir.

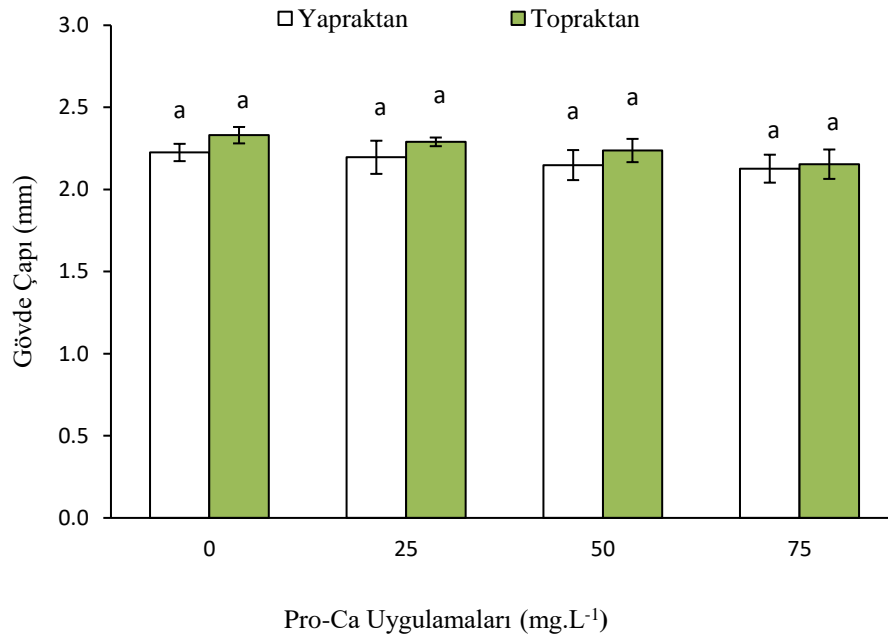
#### 4.1.2. Gövde Çapı

Kuraklık stresi koşullarında yetiştirilen biber fidelerine yapraktan ve topraktan farklı konsantrasyonlarda uygulanan Pro-Ca uygulamalarının gövde çapı üzerine etkileri ile ilgili veriler Şekil 4.1.2'de verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda, gövde çapı üzerine Pro-Ca dozları (P<0,05) ve Pro-Ca x Metot interaksyonunun (P<0,05) uygulama metodunun etkisi önemsiz çıkmıştır. Şekil 4.1.2 incelendiğinde biber fidelerinde ortalama gövde çapı değerlerinin 2,33-2,13 cm arasında değiştiği görülmektedir.

Pro-Ca (0 mg.L<sup>-1</sup>) uygulaması en kalın gövde çapına (2,33 cm) neden olurken, en cılız biber bitkileri ise 75 mg.L<sup>-1</sup> Pro-Ca uygulamalarından (2,13 cm) elde edilmiştir. Kontrol uygulaması (0 mg.L<sup>-1</sup>) ile karşılaştırıldığında diğer Pro-Ca dozları fidelerde gövde çapını inceltmiştir.

Elde edilen bu sonuç daha önce konuyla ilgili yürütülen bazı çalışmalarla uyum içerisinde olurken; bazı çalışmalarla ise uyum içerisinde değildir. Navarro et al. (2009), giberellinbiyosentezi inhibitörü Paclobutrazol'un kocayemiş bitkilerinde gövde çapını azalttığını bildirmişlerdir. Özbay and Metin (2016) tarafından biberde boy kontrolü üzerine yürütülen bir çalışmada, Pro-Ca uygulamasının biberde gövde çapını azalttığı saptanmıştır. Bununla birlikte, Mahesaniya (2003)'ün paclobutrazol ve acibenzolar-S-

methyl'in domateste fide büyümesi üzerine etkisini araştırmak amacıyla yürüttüğü çalışmada paclobutrazol uygulamasının gövde çapını arttırdığı ortaya çıkmıştır.



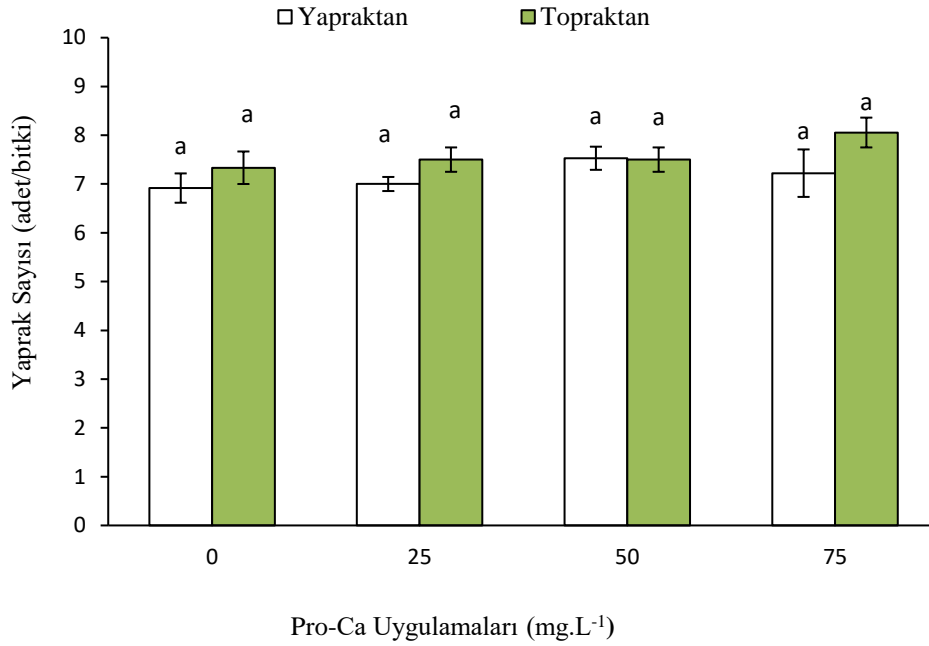
Şekil 4.1.2. Pro-Ca uygulamalarının biber fidelerinin kuraklık stresi altında gövde çapı üzerine etkileri (p=0,05, n=8, ortalama ± standart hata)

#### 4.1.3. Yaprak Sayısı

Kuraklık stresi koşullarında yetiştirilen biber fidelerine yapraktan ve topraktan farklı konsantrasyonlarda uygulanan Pro-Ca uygulamalarının yaprak sayısı üzerine etkileri ile ilgili veriler Şekil 4.1.3'te verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucunda, yaprak sayısı üzerine Pro-Ca dozları (P<0,05) ve Pro-Ca x Metot interaksiyonunun (P<0,05) etkisi önemsiz çıkarken, uygulama metodunun etkisi de önemsiz çıkmıştır.

Pro-Ca (75 mg.L<sup>-1</sup>) uygulaması en çok yaprağa (8,05 adet) sahip olurken, en düşük yaprak sayısı ise (0 mg.L<sup>-1</sup>) Pro-Ca uygulamasından (6,91 adet) elde edilmiştir. Kontrol uygulaması (0 mg.L<sup>-1</sup>) ile karşılaştırıldığında diğer Pro-Ca dozları yaprak sayısını arttırmıştır.



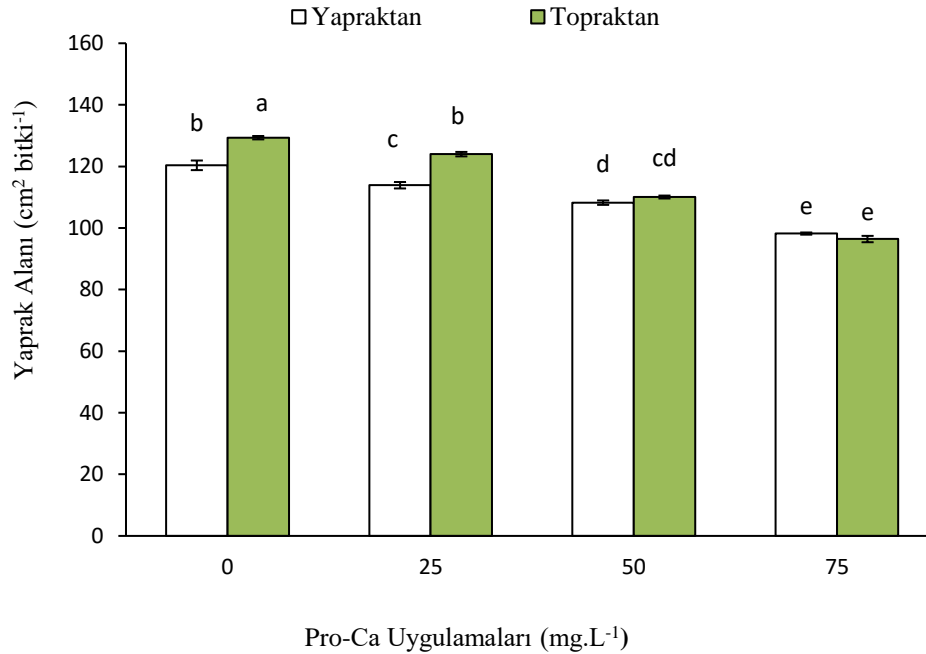
Şekil 4.1.3. Pro-Ca uygulamalarının biber fidelerinin kuraklık stresi altında yaprak sayısı üzerine etkileri (p=0,05, n=8, ortalama ± standart hata)

#### 4.1.4. Yaprak Alanı

Kuraklık stresi koşullarında yetiştirilen biber fidelerine yapraktan ve topraktan farklı konsantrasyonlarda uygulanan Pro-Ca uygulamalarının yaprak alanı üzerine etkileri ile ilgili veriler Şekil 4.1.4'te verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda, yaprak alanı üzerine Pro-Ca dozları ( $P < 0,001$ ) ve Pro-Ca x Metot interaksyonunun ( $P < 0,001$ ) her iki uygulamanın etkisi önemli çıkmıştır. Şekil 4.1.4 incelendiğinde biber fidelerinde ortalama yaprak alanı değerlerinin  $96,41$  ve  $129,33 \text{ cm}^2 \text{ bitki}^{-1}$  arasında değiştiği görülmektedir.

Kontrol ( $0 \text{ mg.L}^{-1}$ ) uygulaması en yüksek yaprak alanı değerine ( $129,33 \text{ cm}^2 \text{ bitki}^{-1}$ ) sahip olurken, en düşük yaprak alanına ( $96,41 \text{ cm}^2 \text{ bitki}^{-1}$ ) sahip biber bitkileri ise  $75 \text{ mg.L}^{-1}$  Pro-Ca uygulamasından elde edilmiştir. Kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında diğer Pro-Ca dozları yaprak alanını büyük ölçüde azaltmıştır. Bu sonuç daha önce konuyla ilgili yürütülen çalışmalarla (Mahesaniya2003; Glenand Miller 2005; Medjdoub et al. 2007) uyum halindedir. Özbay and Metin (2016), Pro-Ca uygulamalarının biber fidelerinde yaprak alanını %7-16 oranında azalttığını ortaya koymuştur. Benzer şekilde,

Latimer(1992), 0, 14, 30, 60 ve 90 ppm dozunda yapraktan uygulanan Paclobutrazol'un domates fidelerinde yaprak alanını azalttığını bildirmiştir.



Şekil 4.1.4. Pro-Ca uygulamalarının biber fidelerinin kuraklık stresi altında yaprak alanı üzerine etkileri (p=0,001, n=8, ortalama ± standart hata).

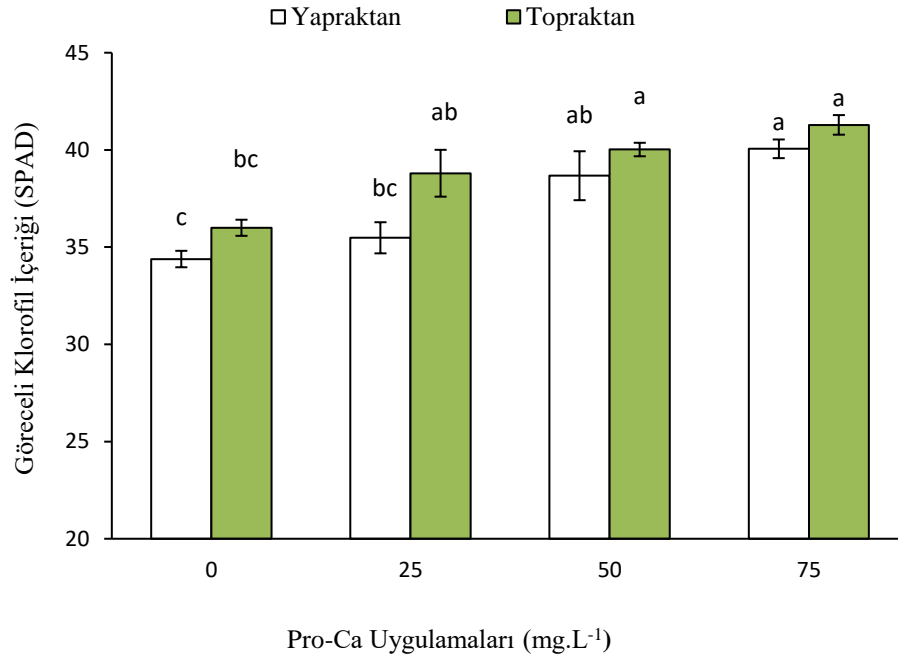
#### 4.1.5. Göreceli Klorofil İçeriği

Kuraklık stresi koşullarında yetiştirilen biber fidelerine yapraktan ve topraktan farklı konsantrasyonlarda uygulanan Pro-Ca uygulamalarının klorofil içeriği üzerine etkileri ile ilgili veriler Şekil 4.1.5'te verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda, klorofil içeriği üzerine Pro-Ca dozları (P<0,001) ve Pro-Ca x Metot interaksyonunun (P<0,01) etkisi çok önemli çıkarken, uygulama metodunun etkisi önemli çıkmıştır.

Şekil 4.1.5 incelendiğinde en yüksek klorofil içeriğine(41,28 SPAD) sahip biber fidelerinin 75 mg.L<sup>-1</sup>Pro-Cauygulaması ile elde edildiği, en düşük klorofil içeriğine (34,38 SPAD) sahip biber bitkilerin ise 0 mg.L<sup>-1</sup> Pro-Ca uygulamasından elde edildiği görülmektedir. Kontrol uygulaması (0 mg.L<sup>-1</sup>) ile karşılaştırıldığında diğer Pro-Ca dozları klorofil içeriğini arttırdığı görülmüştür.



Bu sonuçlar Pro-Ca uygulamasının biber fidelerinde göreceli klorofil içeriğini arttırdığını bildiren Özbay and Metin (2016) uyum içerisindedir.



Şekil 4.1.5. Pro-Ca uygulamalarının biber fidelerinin kuraklık stresi altında göreceli klorofil içeriği üzerine etkileri (p=0,001, n=8, ortalama ± standart hata)

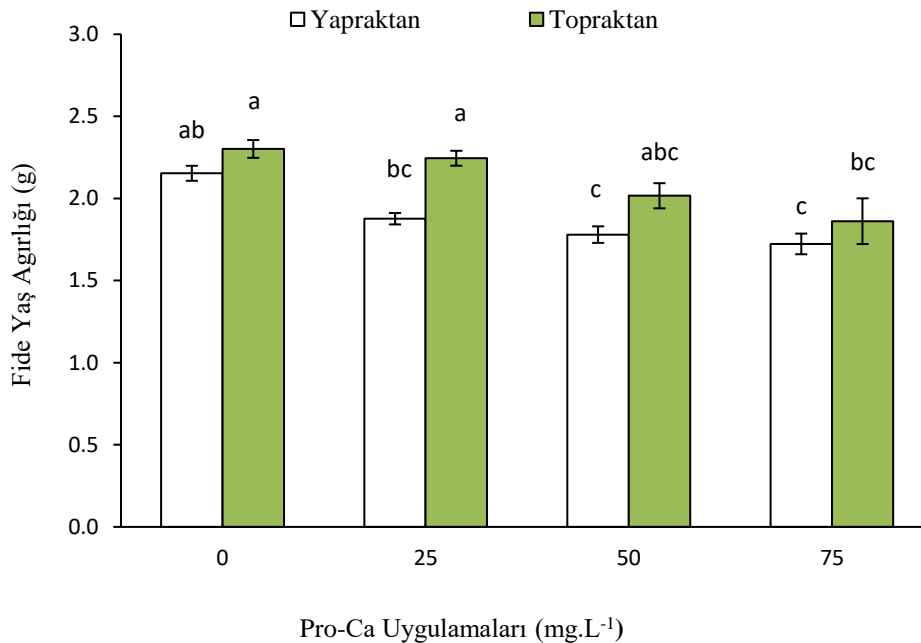
#### 4.1.6. Fide Yaş Ağırlığı

Yapraktan ve topraktan farklı konsantrasyonlarda kuraklık stresi koşullarında yetiştirilen biber fidelerine uygulanan Pro-Ca uygulamalarının fide yaş ağırlığı üzerine etkileri ile ilgili veriler Şekil 4.1.6'da verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucunda, fide yaş ağırlığı üzerine Pro-Ca dozları (P<0,001) ve Pro-Ca x Metot interaksiyonunun (P<0,001) etkisi önemli çıkarken, aynı şekilde uygulama metodunun etkisi de önemli çıkmıştır. Şekil 4.1.6 incelendiğinde biber fidelerinde ortalama fide yaş ağırlık değerlerinin 2,30-1,72 g arasında değiştiği saptanmıştır.

Pro-Ca (0 mg.L<sup>-1</sup>) uygulaması en ağır yaş ağırlığa (2,30 g) sahip olurken, en düşük ağırlıklı biber bitkileri ise (75 mg.L<sup>-1</sup>) Pro-Ca uygulamasından (1,72 g) elde edilmiştir. Kontrol uygulaması (0 mg.L<sup>-1</sup>) ile karşılaştırıldığında diğer Pro-Ca dozları fide yaş

ağırlığını azaltmıştır. Bu sonuçlar Latimer (1992) ve Özbay and Metin (2016) ile uyum göstermektedir.



Şekil 4.1.6. Pro-Ca uygulamalarının biber fidelerinin kuraklık stresi altında fide yaş ağırlığı üzerine etkileri (p=0,001, n=8, ortalama ± standart hata)

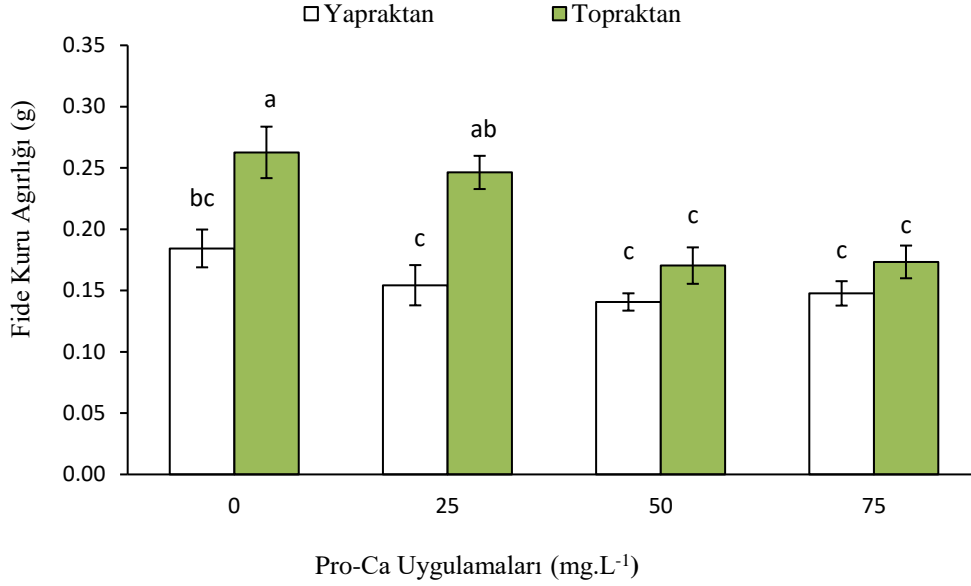
#### 4.1.7. Fide Kuru Ağırlık

Yapraktan ve topraktan farklı konsantrasyonlarda kuraklık stresi koşullarında yetiştirilen biber fidelerine uygulanan Pro-Ca uygulamalarının fide kuru ağırlığı üzerine etkileri ile ilgili veriler Şekil 4.1.7’de verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucunda, fide kuru ağırlığı üzerine Pro-Ca dozları (P<0,001) ve Pro-Ca x Metot interaksyonunun (P<0,001) etkisi önemli çıkarken, buna bağlı olarak uygulama metodunun etkisi de önemli çıkmıştır. Şekil 4.1.7 incelendiğinde, biber fidelerinde ortalama fide kuru ağırlık değerlerinin 0,26-0,14 g arasında değiştiği saptanmıştır.

Pro-Ca (0 mg.L<sup>-1</sup>) uygulaması en ağır kuru ağırlığa (0,26 g) sahip olurken, en düşük ağırlıklı biber bitkileri ise (50 ve 75 mg.L<sup>-1</sup>) Pro-Ca uygulamalarından (0,14 ve 0,14 g

sırasıyla) elde edilmiştir. Kontrol uygulaması ( $0 \text{ mg.L}^{-1}$ ) ile karşılaştırıldığında diğer Pro-Ca dozları fide kuru ağırlığını azaltmıştır.



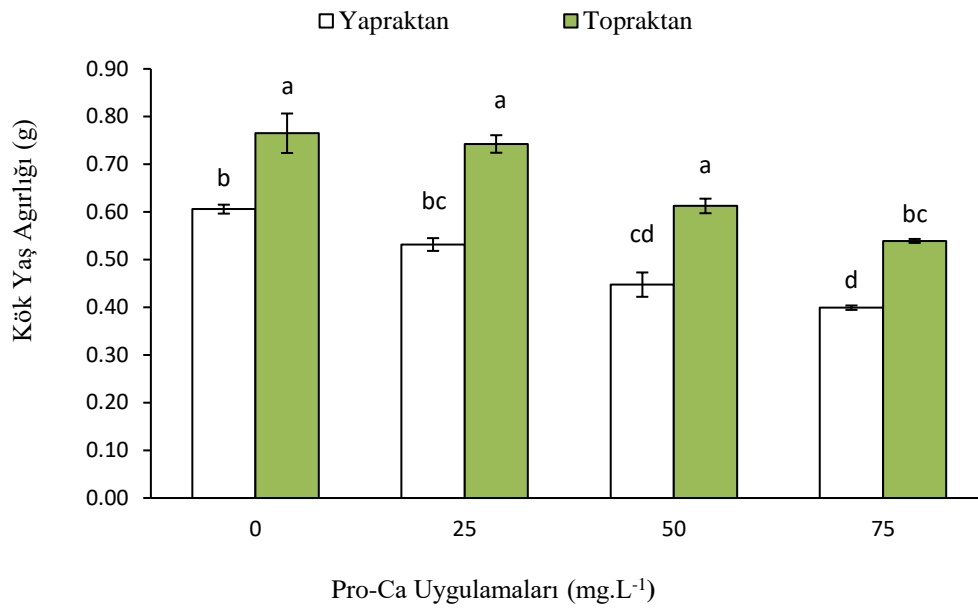
Şekil 4.1.7. Pro-Ca uygulamalarının biber fidelerinin kuraklık stresi altında fide kuru ağırlığı üzerine etkileri ( $p=0,001$ ,  $n=8$ , ortalama  $\pm$  standart hata)

#### 4.1.8. Kök Yaş Ağırlığı

Yapraktan ve topraktan farklı konsantrasyonlarda yapılan Pro-Ca uygulamalarının kuraklık stresine maruz bırakılan biber fidelerinin kök yaş ağırlığı üzerine etkileri ile ilgili veriler Şekil 4.1.8’de gösterilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucunda, kök yaş ağırlığı üzerine Pro-Ca dozları ( $P<0,001$ ) ve Pro-Ca x Metot interaksyonunun ( $P<0,001$ ) her iki uygulamanın etkileri önemli çıkmıştır. Şekil 4.1.8 incelendiğinde, biber fidelerinde ortalama kök yaş ağırlığı değerlerinin  $0,40$  ve  $0,76$  g arasında değiştiği görülmektedir.

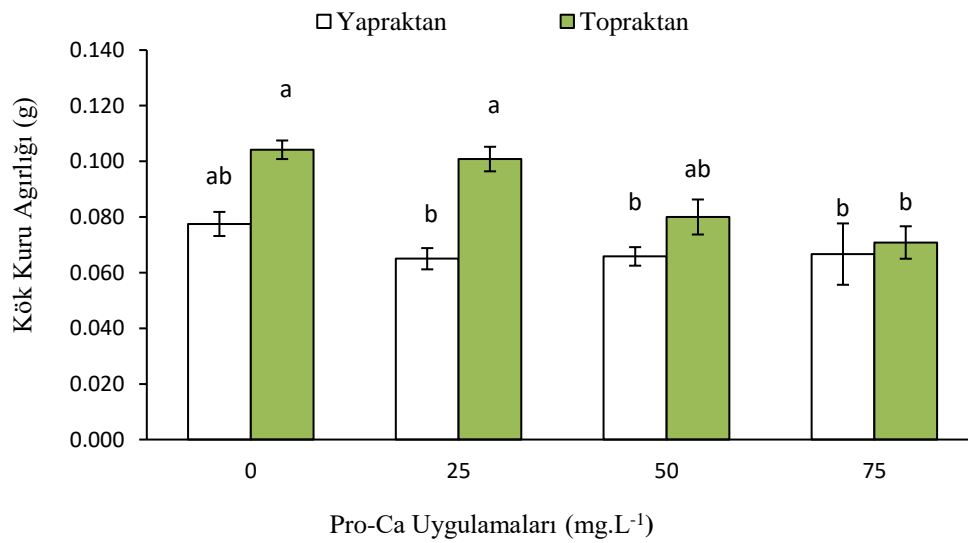
Pro-Ca ( $0 \text{ mg.L}^{-1}$ ) uygulaması en yüksek yaş ağırlığı ( $0,76$  g) sahip olurken, en düşük ağırlığı sahip biber bitkiler ise  $50$  ve  $75 \text{ mg.L}^{-1}$  Pro-Ca uygulamalarından elde edilmiştir. Kontrol uygulaması ( $0 \text{ mg.L}^{-1}$ ) ile karşılaştırıldığında diğer Pro-Ca dozları yaş ağırlığı azalttığı görülmüştür. Bu sonuçlar Latimer (1992) ve Özbay and Metin (2016) ile uyum göstermektedir.



Şekil 4.1.8. Pro-Ca uygulamalarının biber fidelerinin kuraklık stresi altında kök yaş ağırlığı üzerine etkileri (p=0,001, n=8, ortalama ± standart hata)

#### 4.1.9. Kök Kuru Ağırlığı

Topraktan ve yapraktan farklı konsantrasyonlarda yapılan Pro-Ca uygulamalarının kuraklık stresi maruz bırakılan biber fidelerinin kök kuru ağırlığı üzerine etkileri ile ilgili veriler Şekil 4.1.9'da sunulmuştur.

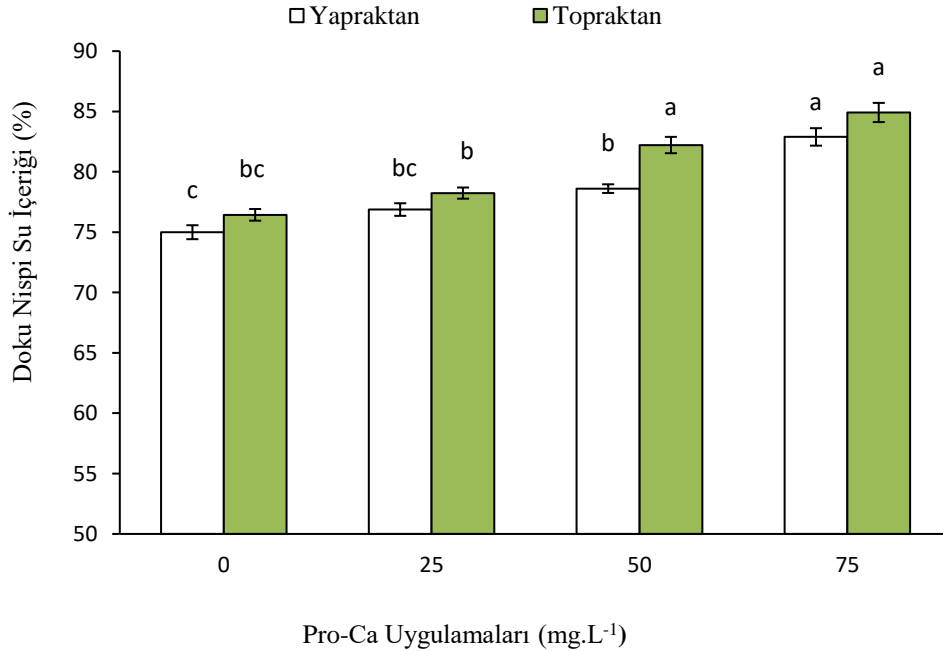


Şekil 4.1.9. Pro-Ca uygulamalarının biber fidelerinin kuraklık stresi altında kök kuru ağırlığı üzerine etkileri (p=0,01, n=8, ortalama ± standart hata)

Yapılan varyans analizi sonucunda, kök kuru ağırlığı üzerine Pro-Ca dozları ( $P<0,01$ ) ve Pro-Ca x Metot interaksiyonunun ( $P<0,001$ ) etkisi önemli çıkarken, uygulama metodunun etkisi çok önemli çıkmıştır. Şekil 4.1.9 incelendiğinde, biber fidelerinde en yüksek kök kuru ağırlığı oranının 0 ve 25  $\text{mg.L}^{-1}$  Pro-Ca uygulamalarından elde edildiği; en düşük ağırlığa sahip olan bitkilerin ise 50 ve 75  $\text{mg.L}^{-1}$  Pro-Ca uygulamalarından elde edildiği görülmektedir. Kontrol uygulaması (0  $\text{mg.L}^{-1}$ ) ile karşılaştırıldığında diğer Pro-Ca dozları kök kuru ağırlığı düşürdüğü görülmüştür.

#### 4.1.10. Doku Nispi (Oransal) Su İçeriği (NSİ)

Kuraklık stresi koşullarında yetiştirilen biber fidelerine yapraktan ve topraktan farklı konsantrasyonlarda uygulanan Pro-Ca uygulamalarının doku nispi su içeriği üzerine etkileri ile ilgili veriler Şekil 4.1.10'da verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda, doku nispi su içeriği üzerine Pro-Ca dozları ( $P<0,001$ ) ve Pro-Ca x Metot interaksiyonunun ( $P<0,001$ ) etkisi önemli çıkarken, uygulama metodunun etkisi de önemli çıkmıştır.



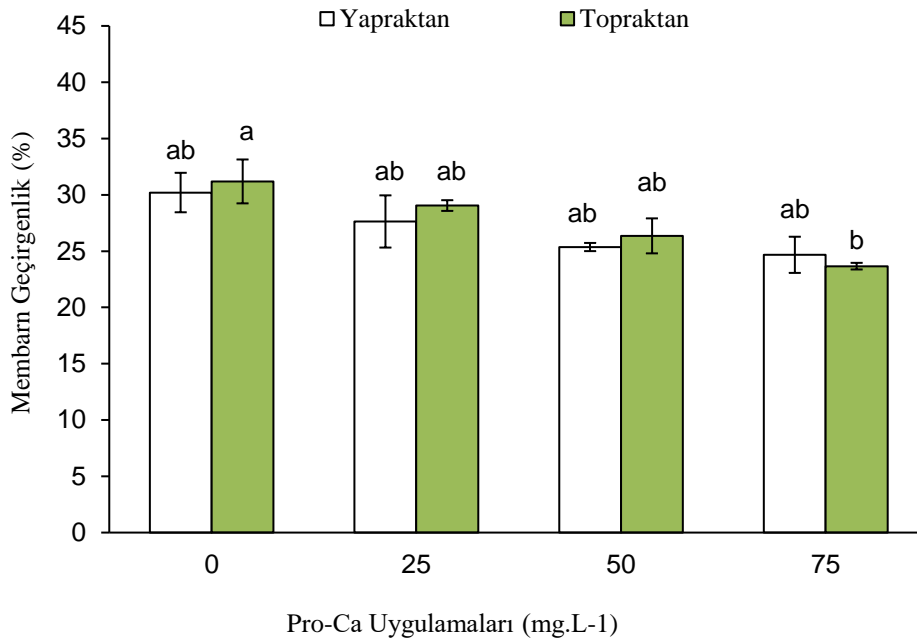
Şekil 4.1.10. Pro-Ca uygulamalarının biber fidelerinin kuraklık stresi altında doku nispi su içeriği üzerine etkileri ( $p=0,001$ ,  $n=8$ , ortalama  $\pm$  standart hata)

Şekil 4.1.10 incelendiğinde, biber fidelerinde ortalama su içeriği oranlarının %75,00-84,91 arasında değiştiği görülmektedir. Kontrol uygulaması (0  $\text{mg.L}^{-1}$ ) ile diğer

uygulamalar karşılaştırıldığında, 50 ve 75 mg.L<sup>-1</sup> Pro-Ca dozlarında doku nispi su içeriğini arttırdığı görülmektedir. Bu sonuç Pro-Ca uygulamasının çim bitkilerinde doku nispi su içeriğini arttırdığını bildiren Fard et al. (2015) uyum içerisindedir.

#### 4.1.11. Membran Geçirgenliği

Kuraklık stresi koşullarında yetiştirilen biber fidelerine yapraktan ve topraktan farklı konsantrasyonlarda uygulanan Pro-Ca uygulamalarının membran geçirgenliği üzerine etkileri ile ilgili veriler Şekil 4.1.11’de verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda, membran geçirgenliği üzerine Pro-Ca dozları (P<0,01) ve Pro-Ca x Metot interaksyonunun (P<0,05) etkisi önemli çıkarken, uygulama metodunun etkisi önemsiz çıkmıştır.



Şekil 4.1.11. Pro-Ca uygulamalarının biber fidelerinin kuraklık stresi altında membran geçirgenliği üzerine etkileri (p=0,01, n=8, ortalama ± standart hata)

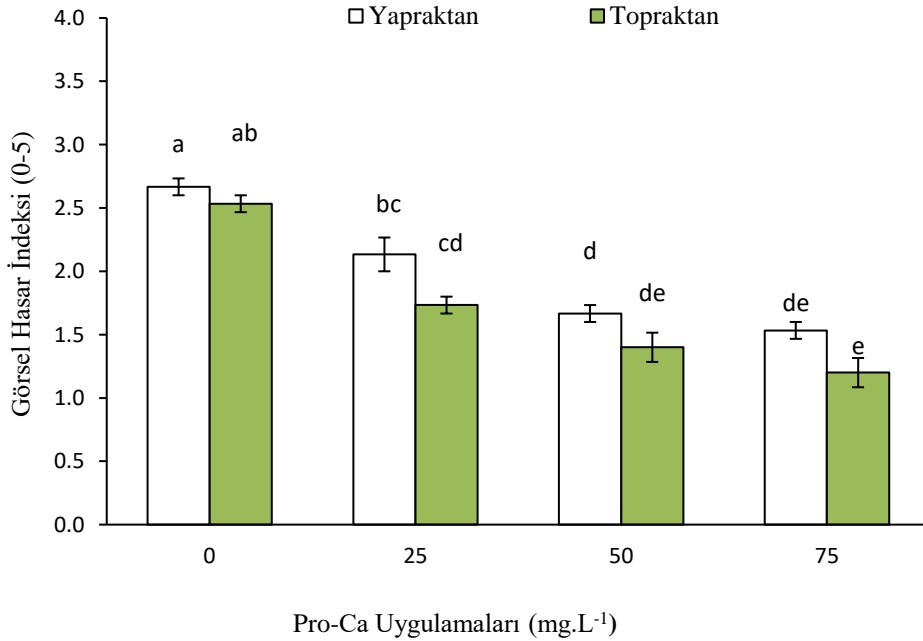
Şekil 4.1.11 incelendiğinde biber fidelerinde Kontrol uygulaması (0 mg.L<sup>-1</sup>) %30,20 ile en yüksek membran geçirgenliğine sahip olurken, en düşük membran geçirgenliği (%23,66) ise 75 mg.L<sup>-1</sup>Pro-Ca uygulamasından elde edilmiştir. Kontrol uygulaması (0 mg.L<sup>-1</sup>) ile karşılaştırıldığında, diğer Pro-Ca dozları membran geçirgenliğini azaltmıştır. Bu sonuç Pro-Ca uygulamasının çim bitkilerinde membran geçirgenliğini azalttığını

bildiren Fard et al. (2015) uyum içerisinde. EC1/EC2 oranının yüksek olması hücrelerde hasar miktarının fazla (hücre zarları görmüş ve fonksiyonelliğini kaybetmiş), düşük olması ise hasar miktarının az (hücre zarları zarar görmemiş ve fonksiyonel) olduğu anlamına gelmektedir(Korkmaz vd. 2006).

#### 4.1.12. Hasar Görmüş Dokuların Oranı (Görsel Hasar İndeksi)

Kuraklık stresi koşullarında yetiştirilen biber fidelerine yapraktan ve topraktan farklı konsantrasyonlarda uygulanan Pro-Ca uygulamalarının zarar görmüş dokuların oranı üzerine etkileri ile ilgili veriler Şekil 4.1.12’de verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucunda, hasar oranı üzerine Pro-Ca dozları ( $P<0.001$ ) ve Pro-Ca x Metot interaksyonunun ( $P<0,001$ ) etkisi önemli çıkarken, aynı şekilde uygulama metodunun etkisi de önemli çıkmıştır.



Şekil 4.1.12. Pro-Ca uygulamalarının biber fidelerinin kuraklık stresi altında hasar görmüş doku oranı üzerine etkileri ( $p=0,001$ ,  $n=8$ , ortalama  $\pm$  standart hata)

Şekil 4.1.12 incelendiğinde, kontrol (0 mg.L<sup>-1</sup>) uygulamasının biber fidelerinde en çok hasar gören bitkilere (2,66) sahip olduğu, en az hasar gören bitkilerin ise 50 ve 75 mg.L<sup>-1</sup> Pro-Ca uygulamalarından (1,20 ve 1,40, sırasıyla) elde edildiği görülmektedir. Kontrol

uygulaması ( $0 \text{ mg.L}^{-1}$ ) ile karşılaştırıldığında diğer Pro-Ca dozları özellikle ( $75 \text{ mg.L}^{-1}$ )'de hasar oranını düşürüldüğü görülmüştür.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bitkiler yaşamları boyunca kuraklık, tuzluluk, kirlilik, soğuk, sıcak, gibi birçok çevresel faktörle karşılaşır. Neticede bitkilerin normal büyüme, gelişimleri olumsuz yönde etkilenir. Bitkilerde bu olumsuz çevresel koşullarına bağlı olarak meydana gelen değişiklikler genellikle stres olarak tanımlanır (Büyük vd. 2012). Bu yüksek lisans tez çalışmasında kuraklık stersine karşı tolerans arttırmada kullanılan büyüme düzenleyicilerden biri olan prohexadione-calcium ile kuraklık stresi altında biber bitkilerinde meydana getirdiği bazı morfolojik ve fizyolojik değişimler incelenmiştir.

Araştırmada denenen Pro-Ca dozları arasında (50 ve 75 mg.L<sup>-1</sup>) dozlarının her iki uygulama metodunda da biberde kuraklığa karşı kazanılan toleransta en etkili doz olduğu tespit edilmiştir. Araştırmadan elde edilen bulgular Pro-Ca uygulamasının fide kalitesinde önemli bir kayıp söz konusu olmadan biber fidelerinde kuraklık stersine karşı toleransı arttırmak amacıyla kullanılabileceğini ortaya koymuştur.

## KAYNAKLAR

Ahmed F, Baloch DM, Sadiq SA, Ahmed S, Hanan, SA, Taran SA, Ahmed N, Hassan MJ (2014) Plant growth regulators induced drought tolerance in sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids. The Journal of Animal and Plant Sciences 24(3): 886-889

Akıncı S (1997) Physiological responses to water stress by *Cucumis sativus* L. and related species. Ph. D. Thesis, University of Sheffield. U.K. 8-11

Altunlu H (2011) Aşılamanın domateste kuraklık stresine etkileri. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. İzmir

Anonim (2017) BT İnce Sivri Kıl Tatlı-016' biber çeşidi

Anonim (2018) Top sweet pepper and chili pepper exporters. <http://www.worldstopexports.com/top-sweet-pepper-and-chili-pepper-exporters>. (erişim: 08.01.2018)

Anonymous (1995) UNCCD (United Nations Conference on Desertification). <https://www2.unccd.int> (erişim tarihi: 16.04.2018)

Anyia AO, Herzog H (2004) Water use efficiency, leaf area, and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought. Eur. J. Agron. 20: 327-339

Ashraf M, Iram A, (2005) Drought Stress Induced Changes in Some Organic Substances in Nodules and Other Plant Parts of Two Potential Legumes Differing in Salt Tolerance. Flora, 200: 535-546

Ashraf M, Foolad MR (2007) Roles of Glycine Betaine and Proline in Improving Plant Abiotic Stress Resistance. Environmental and Experimental Botany 59: 206-216

Baalbaki RZ, Zurayk RA, Blek RA, Tabouk SN (1999) Germination and seedling development of drought tolerant and susceptible wheat under moisture stress. Seed & Science and Technol. 27: 291-302

Behboudian MH (1977) Responses of eggplant to drought. II. Gas exchange parameters. Scientia Horticulturae 7(4): 311-317

Blum A (1986) The effect of heat stress on wheat leaf and ear photosynthesis. J. Exp. Bot. 37: 111-118

Buschmann C, Lichtenthaler HK (1998) Principles and Characteristics of MultiColour Fluorescence Imaging of Plants. *Journal of Plant Physiology* 152: 297-314

Büyük İ, Soydam-Aydın S, Aras S (2012) Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi* 69(2): 97-110

Cattivelli L, Rizza F, Badeck FW, Mazzucotelli E, Mastrangelo AM, Francia E, Mare C, Tondelli A, Stanca AM (2008) Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. *Field. Crop. Res.* 105: 1-14

Chaerle L, Van Der Straeten D (2000) Imaging techniques and the early detection of plant stress. *Trends in Plant Science* 5: 495-501

Costa França MG, Pham Thi AT, Pimentel C, Pereyra Rosiello RO, Zuily-Fodil Y, Laffray D (2000) Differences in growth and water relations among phaseolus vulgaris in response to induced drought stress. *Env. Exp. Bot.* 43: 227-237

Cramer GR, Urano K, Delrot S, Pezzotti M, Shinozaki K (2011) Effects of abiotic stress on plants: a systems biology perspective. *BMC Plant Biology* 11: 163-168

Çırak C, Esenal E (2006). Soyada kuraklık stresi, *OMÜ Zir. Fak. Dergisi* 21(2): 231-237

Davies TD, Curry EA (1991) Chemical regulation of vegetative growth. *Crit. Rev. Plant Sci.* 10: 151-188

Dixit V, Pandey V, Shyam R (2001) Differential Antioxidative Responses to Cadmium in Roots and Leaves of Pea (*Pisum sativum* L. Cv. Azad). *Journal of Experimental Botany* 52 (358): 1101-1109

FAO (2018) The Food and Agriculture Organization (FAO). <http://www.fao.org>. (erişim: 08.12.2018)

Fard JR, Kafi M, Naderi R (2015) The enhancement of drought stress tolerance of kentucky bluegrass by Prohexadione-Calcium treatment. *Journal of Ornamental Plants* 5(4): 197-204

Fári M (1986) Pepper (*Capsicum annum* L.). In: Bajaj Y.P.S. (eds) *Crops I. Biotechnology in Agriculture and Forestry*, vol 2. Springer, Berlin, Heidelberg

Fariduddin Q, Khanam S, Hasan SA, Ali B, Hayat S, Ahmad A (2009) Effect of 28-homobrassinolide on drought stress-induced changes in photosynthesis and antioxidant system of *Brassica juncea* L. *Acta Physiologiae Plantarum* 31: 889-897

Farooq M, Wahid A, Kobayashi N, Fujita D, Basra SMA (2009a) Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development* 29: 185–212

Farooq M, Wahid A, Lee DJ (2009b) Exogenously applied polyamines increase drought tolerance of rice by improving leaf water status, photosynthesis and membrane properties. *Acta Physiol Plant.* 31: 937–945

Fernandez JA, Balenzategui L, Banon S, Franco JA (2006) Induction of drought tolerance by paclobutrazol and irrigation deficit in *Phillyrea angustifolia* during the nursery period. *Scientia Horticulture* 107(3): 277-283

Fernandez-Conde ME, De La Haba P, Gonzalez-Fontes A, Maldonado JM (1998) Effects of drought (water stress) on growth and photosynthetic capacity of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). 5th Internet World Congress for Biomedical Sciences, December 7-16, Canada

Gallardo M, Thompson RB, Valdez LC, Pérez C (2004) Response of stem diameter to water stress in greenhouse-grown vegetable crops. *Acta Hort.* 664: 253-260

Glen DM, Miller SS (2005) Effects of Apogee on growth and whole-canopy photosynthesis in spur delicious apple trees. *HortScience* 40: 397-400

Güzel A (2006) Kuraklık stresine maruz bırakılan domates bitkilerinde bazı fizyolojik ve büyüme parametreleri üzerine absisik asit (ABA) ve kalsiyumun ( $Ca^{2+}$ ) etkisinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı. Mersin. s. 104

Hamano M, Yamato Y, Yamazaki H, Miura H (2002) Endogenous gibberellins and their effects on flowering and stem elongation in cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 77(2): 220-225

Haupt-Herting S, Fock HP (2002) Oxygen exchange in relation to carbon assimilation in water-stressed leaves during photosynthesis, *Annals of Botany* 89(7): 851-859

Jaleel C, Manivannan P, Wahid A, Farooq M, Al- Juburi J, Somasundaram R, Panneerselvam R (2009) Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. *Inter. Jour. Agri. Bio.* 11: 100-105

Kaiser WM (1987) Effects of water deficit on photosynthetic capacity. *Physiologia Plantarum* 71: 142-149

Karakaş B, Ozias- Akins, P, Stushnoff C, Suefferheld M, Rieger M (1997) Salinity and drought tolerance of mannitol 333 accumulating transgenic tobacco. *Plant, Cell and Environment* 20: 609-616

Karipçin MZ (2009) Yerli ve yabancı karpuz genotiplerinde kuraklığa toleransın belirlenmesi. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, s. 259

Kaya C, Ak BE, Higgs D (2003) Response of salt-stressed strawberry plants to supplementary calcium nitrate and/or potassium nitrate. *Journal of Plant Nutrition* 26: 543-560

Kaya E (2011) Erken bitki gelişme aşamasında kuraklık ve tuzluluk streslerine tolerans bakımından fasulye genotiplerinin taranması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Adana. s. 213

Khan A, Bakth J, Bano A, Malik NJ (2011) Effect of plant growth regulators and drought stress on groundnut (*Arachis hypogaea* L.) genotypes *Pakistan Journal of Botany* 43(5): 2397-2402

Khan N, Bano A, Babar A (2019) Metabolic and physiological changes induced by plant growth regulators and plant growth promoting rhizobacteria and their impact on drought tolerance in *Cicer arietinum* L. *PLoS ONE* 13:e0213040

Kezik U, Kocaçınar F (2014) Kurak ve yarı-kurak bölgelerde yayılış gösteren *Quercus branthii* L. baltalıklarında seyreltmenin su potansiyeli ve sürgün durumu üzerine etkisi. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu "Akdeniz Ormanlarının Geleceği: Sürdürülebilir Toplum ve Çevre" 22-24 Ekim 2014 – Isparta

Kıran S, Kuşvuran Ş, Ateş Ç, Ellialtıoğlu ŞŞ (2017) Aşılı ve aşısız patlıcan bitkilerinin su noksanlığı koşullarındaki bazı fizyolojik özellikleri ve verim parametrelerine ilişkin incelemeler. *Toprak Su Dergisi* 6 (2): 18-25

Kirnak H, Tas İ, Kaya C, Higgs D (2002) Effects of deficit irrigation on growth, yield and fruit quality of eggplant under semiarid conditions. *Australian Journal of Agricultural Research* 53(12): 1367- 1373

Korkmaz A (2002) Amelioration of chilling injuries in watermelon seedlings by abscisic acid. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 26: 17-20

Korkmaz A, Değer Ö, Kocaçınar F (2015) Alleviation of water stress effects on pepper seedlings by foliar application of glycinebetaine. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 43(1): 18-31

Korkmaz A, Korkmaz Y, Demirkıran AR (2010) Enhancing chilling stress tolerance of pepper seedlings by exogenous application of 5-aminolevulinic acid. *Environmental and Experimental Botany* 67: 495–501

Kuepper G (2010) Potting mixes for certified organic production. IP112, Slot #61, Version 102810. <http://www.attra.org/attra-pub/potmix.html> (erişim tarihi: 7.11.2017)

Kuşvuran Ş, Daşgan HY, Abak K (2008b) Kavunda kuraklık çalışmalarında kullanılan PEG 6000 dozunun belirlenmesi üzerine bir araştırma. VII. Sebze Tarımı Sempozyumu, 26-29 Ağustos, Yalova.

Kuşvuran Ş (2010) Kavunlarda kuraklık ve tuzluluğa toleransın fizyolojik mekanizmaları arasındaki bağlantılar. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Adana. s. 355

Kuşvuran Ş, Yıldız H, Abak K (2011) Farklı kavun genotiplerinin kuraklık stresine tepkileri. *YYÜ. Tarım Bilimleri Dergisi* 21: 209-219

Kuşvuran Ş, Daşgan HY, Abak K (2008a) Farklı bamyaya genotiplerinin kuraklık stresine tepkileri. VII. Sebze Tarımı Sempozyumu, 26-29 Ağustos Yalova

Latimer J (1992) Drought, paclobutrazol, abscisic acid and gibberellic acid as alternatives to daminozide in tomato transplant production. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117(2): 243-247

Leport L, Turner NC, French RJ, Barr MD, Duba R, Davies SL, Tennant D Siddique KHM (1999) Physiological responses of chickpea genotypes to terminal drought in a Mediterranean-type environment. *European Journal of Agronomy* 11: 279-291

Liu ZJ, Zhang XL, Bai JG, Suo BX, Xu PL, Wang L (2009) Exogenous paraquat changes antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation in drought-stressed cucumber leaves. *Science Hort.* 121(2): 138-143

Liu F, Jensen CR, Andersen MN (2004) drought stress effect on carbohydrate concentration in soybean leaves and pods during early reproductive development: Its implication in altering pod set. *Field Crops Research* 86: 1-13

Lutfor Rahman SM, Mackay WA, Quebedeaux B, Nawata E, Sakuratani T, Udin AS MM (2002) Superoxide dismutase activity, leaf water potential, relative water content, growth and yield of a drought-tolerant and a drought-sensitive tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars. *Subtropical Plant Science* 54: 16-22

Lutfor Rahman SM, Nawata E, Sakuratani T (1999) Effect of water stress on growth, yield and eco-physiological responses of four tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars. *J. Japan Soc. Hort. Sci.* 68(3): 499-504

Mahajan S, Tuteja N (2005) Cold, salinity and drought stresses: An overview. Archives of Biochemistry and Biophysics 444: 139-158

Mahesaniya A (2003) Paclobutrazol and acibenzolar-s-methyl induced tomato seedling growth response and resistance to bacterial speck (*Pseudomonas syringae pv. tomato*). University of Guelph (Canada), PhD Thesis, s. 100

Meche M (2017) Soil and growing medium amendments. Hort 202, General Horticulture Lab 7. Copyright D.W. Reed, <http://generalhorticulture.tamu.edu/h202/labs/lab7/organic.html> (erişim tarihi: 7.11.2017)

Medjdoub R, Val Falcón J, Blanco Braña A (2007) Physiological effects of prohexadione-calcium in apple trees: Effects on parameters related to photoproductivity. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 82(1): 126-132

Miyashita K, Tanakamaru S, Maitani T, Kimura K (2005) Recovery responses of photosynthesis, transpiration and stomatal conductance in kidney bean following drought stress. Environmental and Experimental Botany 53(2): 205-214

Monti LM (1986) Breeding plants for drought resistance: The problem and its relevance. Drought Resistance in Plants”, Meeting Held in Amalfi, 19-23 October, Belgium, s. 1-8

Moussa HR, Abdel-Aziz Ms (2008) Comparative response of drought tolerant and drought sensitive maize genotypes to water stress. Australian Journal of Crop Science 1(1): 31-36

Nemeth M, Janda T, Horvath E, Paldi E, Gabrella S (2002) Exogenous salicylic acid increases polyamine content but may decrease drought tolerance in maize. Plant Science 162: 569–574

Özalp R (2010) Ülkemizde biber üretimi ve örtüaltı biber yetiştiriciliği. Tarım Türk Dergisi 24: 29-32

Özbay N, Metin R (2016) Prohexadione-Calcium affects vegetative growth and yield of pepper. VII. International Scientific Agriculture Symposium, "Agrosym 2016" Jahorina, 6 - 9 October 2016, Bosnia and Herzegovina. s. 446-453

Özcan S, Babaoğlu M, Gürel E (2004) Bitki Biyoteknolojisi Genetik Mühendisliği ve Uygulamaları, S.Ü. Vakfı Yayınları, Konya

Pace PF, Harry T, Cralle Sherief H, El- Halawany M, Tom Cothorn J, Scott A (1999) Drought-induced changes in shoot and root growth of young cotton plants. Environ. Exp. Bot. 3: 183-187

Rahman SML, Natwata E, Sakuratani T (1999) Effect of water stress on growth, yield and eco-physiological responses of four tomato (*Lycopersicon esculentum*. Mill) cultivars. J. Jpn. Soc. Hortic. Sci. 68: 499-504

Reddy RA, Chaitanya KV, Vivekanandan M (2004) Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal of Plant Physiology 161:1189-1202

Rodriguez HM, Manjarrez R.M.P, Mendoza, AB, Lopez AS, Torres VR, Davila JH (2003) Effects of prohexadione-ca on gibberellins and cytokinins levels in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). XVIII Congreso de la Sociedad Mexicana de Agricultura, Chihuahua, Mexico, s. 241-248

Sairam RK, Saxena DC (2000) Oxidative stress and antioksidants in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. J. Agronomy & Crop Science 184: 55-61

Sanchez FJ, Andres EF, Tenorio JL, Ayerbe L (2004) Growth of Epicotyls, Turgor Maintenance and Osmotic Adjustment in Pea Plants (*Pisum sativum* L.) Subjected to Water Stres. Field Crops Research, 86: 81-90

Sankar B, Abdul Jaleel C, Manivannan P, Kishorekumar A, Somasundaram R, Panneerselvan R (2008) Relative efficacy of water use in five varieties of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. under water limited conditions. Biointerfaces 62: 125-129

Shahenshah, Isoda A (2010) Effects of water stress on leaf temperature and chlorophyll fluorescence parameters in cotton and peanut. Plant Prod. Sci. 13(3): 269–278

Smirnoff N (1998) Plant resistance to environmental stress, Curr. Opin. Biotechnology 9(2): 214–219

Suriyan CU, Chalernpol K (2009) Proline accumulation, photosynthetic abilities and growth characters of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) plantlets in response to iso-osmotic salt and water-deficit stress. Agricultural Sciences in China 8(1): 51-58

Süyüm K (2011) Karpuz genetik kaynaklarının tuzluluk ve kuraklığa tolerans seviyelerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. Adana, s.145

Terzi R, Kadioğlu A (2006) Drought stress tolerance and the antioxidant enzyme system in *Ctenanthe setosa*, Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica 48(2): 89–96

Topak H, Erbil N, Dığrak M (2008) Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Yetiştirilen Biberlerin Antimikrobiyal Aktivitesinin Araştırılması. Fırat Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Dergisi 20(2): 257-264



Tuberosa R (2012) Phenotyping for drought tolerance of crops in the genomics era. *Front. Physiol.* 3: Article 347

Turkan I, Bor M, Ozdemir F, Koca H (2005) Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* Gray and drought sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediates water stress. *Plant Science* 168: 223-231

Turner NC, Blum A, Cakir M, Steduto P, Tuberosa R, Young N (2014) Strategies to increase the yield and yield stability of crops under drought – are we making progress? *Funct. Plant Biol.* 41: 1199-1206

TÜİK (2017) Türkiye İstatistik Kurumunu (TÜİK). <http://tuik.gov.tr>. (erişim: 08.12.2018)

Upreti KK, Murti GSR, Bhatt RM (1998) Response of French bean cultivars to water deficits: Changes in endogenous hormones, proline and chlorophyll. *Biologia Plantarum* 40(3):381-388

Uyan B (2011) Değişik vejetasyon dönemlerinde farklı su kısıtlarının ıspanakta meydana getirdiği fizyolojik, morfolojik ve kimyasal değişikliklerin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Tekirdağ

Ünyayar S, Keleş Y, Çekiç FÖ (2005) The antioxidative response of two tomato species with different drought tolerances as a result of drought and cadmium stress combinations. *Plant Soil Environment* 51(2): 57–64

Vural H, Eşiyok D, Duman İ (2000) Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme). Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir, s. 440

Weng J-H (2000) The role of active and passive water uptake in maintaining leaf water status and photosynthesis in tomato under water deficit. *Plant Production Science* 3(3): 296-298

Xiong L, Schumaker SK, Zhu JK (2002) Cell signaling during cold, drought, and salt stress. *The Plant Cell, Supplement*: 165-182

Yavaş İ, Akgül HN, Ünay A (2016) Bitkilerin kuraklığa dayanıklılığını artırmaya yönelik uygulamalar. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi* 4(1): 48-57

Yuan GF, Jia C G, Li Z, Sun, B., Zhang, L P, Liu N, Wang QM (2010) Effect of brassinosteroids on drought resistance and abscisic acid concentration in tomato under water stress. *Scientia Horticulturae* 126: 103-108

Yüksel B, Aksoy Ö (2017) Su stresi koşullarında bitkilerde gözlenen değişimler. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 10(2): 01-05

Zgalli H, Steppe K, Lemeur R (2005) Photosynthetic, Physiological and Biochemical Responses of Tomato Plants to Polyethylene Glycol-Induced Water Deficit. *Journal of Integrative Plant Biology* 47(12): 1470-1478

Zgalli H, Steppe K, Lemeur R (2006) Effects of different levels of water stress on leaf water potential, stomatal resistance, protein and chlorophyll content and certain anti-oxidative enzymes in tomato plants. *J Integrat Plant Biol* 48(6): 679–68

Zhou R, Yu X, Ottosen CO, Rosenqvist E, Zhao L, Wang Y, Wu Z (2017) Drought stress had a predominant effect over heat stress on three tomato cultivars subjected to combined stress. *BMC Plant Bbiology* 17(1): 24

Zhu JK (2001) Plant salt tolerance. *Trends in Plant Sci.* 6: 66-71

## ÖZGEÇMİŞ

Esra KOÇKAR Şanlıurfa/Hilvan Söğütlü köyünde doğdu. İlköğretimini Söğütlü İlköğretim Okulunda, liseyi Şanlıurfa Orhangazi Lisesinde tamamladı. 2011 yılında Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümünü kazandı ve 2015 yılında aynı bölümden mezun oldu. 2016 yılında Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Eğitimine başladı. Evli ve bir çocuk annesidir.