

**T.C.**  
**AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİMDALI**  
**2020-YL-005**

**ÇİNKONUN TUZ STRESİNDEKİ PAMUK  
BİTKİSİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**HAZIRLAYAN**

**Dilan Kardelen KÜÇÜKGÖKSEL**

**TEZ DANIŞMANI**

**Prof. Dr. Mehmet Ali DEMİRAL**

**Aydın – 2020**



**T.C**  
**AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE**  
**AYDIN**

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı öğrencisi Dilan Kardelen KÜÇÜKGÖKSEL tarafından hazırlanan “Çinkonun Tuz Stresindeki Pamuk Bitkisine Etkisinin İncelenmesi” başlıklı tez, 13.12.2019 tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

	Ünvanı, Adı Soyadı	Kurumu	İmzası
Başkan:	Prof. Dr. Mehmet Ali DEMİRAL	Aydın Adnan Menderes Üniv.	
Üye:	Prof. Dr. Burçin ÇOKUYSAL	Ege Üniv.	
Üye :	Dr. Öğr. Üyesi Alper YORULMAZ	Aydın Adnan Menderes Üniv.	

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu Yüksek Lisanstezi, Enstitü Yönetim Kurulunun ..... Sayılı kararı ile .....tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Gönül AYDIN  
Enstitü Müdürü



**T.C.**  
**AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE**  
**AYDIN**

Bu tezde sunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kuralların gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Dilan Kardelen KÜÇÜKGÖKSEL

... / ... / 2020

İmza



## ÖZET

### ÇİNKONUN TUZ STRESİNDEKİ PAMUK BİTKİSİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Dilan Kardelen KÜÇÜKGÖKSEL

Yüksek Lisans Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet Ali DEMİRAL

2020, 64 sayfa

Bu tezin amacı; tuz stresi altındaki pamuk bitkisine uygulanan artan düzeylerdeki Zn'nun bitkiler üzerine olan etkilerinin incelenmesidir. Çalışma sera koşullarında topraksız kültür yetiştirme ortamı kullanılarak ve tesadüf parselleri deneme deseninde kurulmuştur. Yaklaşık 200 ml hacmindeki saksılara ekilen pamuk (*Gossypium hirsutum* cv. Gloria) tohumları çimlenme sonrasında yeterli büyüklüğe ulaştıklarında NaCl çözeltisi kullanılarak strese sokulmuş, daha sonra ise bitkilere kökten Hoagland çözeltisine ek olarak artan düzeylerde ( $0.1 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $5.0 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $10.0 \text{ mg L}^{-1}$ ) Zn uygulaması yapılmıştır. Deneme sonunda bitkilerde yaprak gaz-alışverişi parametreleri (fotosentetik aktivite, stoma iletkenliği, hücrelerarası  $\text{CO}_2$  geçişi, yaprak traspirasyonu, Ci/Ca, fotosistem II etkinliği) ölçümleri yapılmış ayrıca alınan yaprak örneklerinde çeşitli fizyolojik parametreler (yaprak kuru madde oranı, bitki boyu, yaprak oransal su içeriği (YOSİ), yaprak SPAD ölçümü, sukkulent indeks ölçümü) ve Zn içeriği belirlenmiştir. Elde edilen veriler tuz stresi altındaki pamuk bitkisine uygulanan artan Zn dozlarının bitkide fotosentetikaktiviteyi, yaprak transpirasyonunu, fotosistem II etkinliğini doğrusal olarak arttırdığını, hücrelerarası  $\text{CO}_2$  geçişi, Ci/Ca değerlerini ise azalttığını göstermiştir. Yaprak Zn içeriği, yaprak oransal su içeriği ve sukkulent indeks ölçümü artarken, yaprak SPAD okuma değerleri, yaprak kuru madde oranı ve bitki boyu azalmıştır. Sonuç olarak stres altındaki pamuk bitkisine yapılacak ekstra Zn uygulamasının tuzluluk stresinin yarattığı hasarın önlenmesinde ve/veya giderilmesinde yararlı olabileceği kanaatine varılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Fotosentetik aktivite, YOSİ, sukkulent indeks, SPAD, Zn





**ABSTRACT**  
**INVESTIGATION OF EFFECTS OF ZINC ON COTTON PLANT**  
**UNDER SALT STRESS**

Dilan Kardelen KÜÇÜKGÖKSEL

M.Sc. Thesis, Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet Ali DEMİRAL

2020, 64 Pages

The aim of this thesis is to investigate the effects of increasing levels of Zn applications to cotton plants grown under salt stress. For this purpose, a pot experiment was established by using soilless culture growing media under greenhouse conditions. The experiment was laid out in a randomized plot design with 6 replications. Cotton seeds (*Gossypium hirsutum* cv. Gloria) planted in pots of approximately 200 ml volume were stressed by using NaCl solution when they reached sufficient size after germination. Then, in addition to half-strength Hoagland solution, Zn was applied to the plants in increasing levels (0.1 mg L<sup>-1</sup>, 5.0 mg L<sup>-1</sup>, 10.0 mg L<sup>-1</sup>). At the end of the experiment, leaf gas-exchange parameters (photosynthetic activity, stomatal conductivity, intercellular CO<sub>2</sub> transfer, leaf transpiration, Ci/Ca, photosystem II activity) were measured in plants. In addition, various physiological parameters (leaf dry matter ratio, plant height, leaf proportional water content (LPWC), leaf SPAD measurement, succulent index measurement) and leaf Zn content were determined. The obtained data showed that increasing doses of Zn applied to cotton plant under salt stress increased photosynthetic activity, leaf transpiration and photosystem II activity linearly. On the other hand, intercellular CO<sub>2</sub> transfer and Ci/Ca values decreased. Leaf Zn content, LPWC and succulent index measurement of plants increased. Leaf SPAD reading values, leaf dry matter ratio and height of plants decreased. The results showed that the application of extra Zn to the cotton plant grown under salt stress may be useful in preventing and / or eliminating the damage caused by salinity stress.

**Key Words:** Photosynthetic activity, LPWC, succulent index, SPAD, Zn



## ÖNSÖZ

Tez çalışmam sürecince değerli görüş, katkı ve önerilerinden yararlandığım tez danışmanım Prof. Dr. Mehmet Ali DEMİRAL'a, tez çalışmamda yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Seçil KÜÇÜK KAYA'ya, laboratuvar analizlerimde destek olan Ersin KARADEMİR'e, yine destekleri içindeğerli babam Seyfi BİLİR ve eşim Anıl KÜÇÜKGÖKSEL'e teşekkür ederim.

Dilan Kardelen KÜÇÜKGÖKSEL



# İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	ix
ÖNSÖZ.....	xi
İÇİNDEKİLER.....	xiii
SİMGELER DİZİNİ.....	xvii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xxi
1. GİRİŞ.....	1
2.KAYNAK ÖZETLERİ.....	5
2.1. Bitkilerde Büyüme, Gelişme ve Stres Kavramı.....	5
2.2. Stres Faktörlerinin Sistematiği.....	6
2.3. Bitkilerin Strese Karşı Verdikleri Cevaplar.....	7
2.3.1. Stresten Kaçma.....	8
2.3.2. Stres Sakınması.....	8
2.3.3. Stres Adaptasyonu.....	9
2.3.4. Stres Aklimasyonu.....	9
2.3.5. Stres Toleransı.....	9
2.4. Bitkilerde Oluşan Abiyotik Stres.....	9

2.4.1. Bitkilerde Kuraklık Stresi.....	10
2.5. Tuz Stresi.....	12
2.5.1. Toprak tuzluluğunun sebepleri .....	13
2.5.2. Tuzluluğun Bitkilerde Su ve İyon Dengesine Etkileri.....	16
2.5.3. Tuzluluğun Bitkilerde Mineral Madde Beslenmesine Etkileri .....	17
2.5.4. Tuzluluğun Proteinler Ve Karbohidratlar Üzerine Etkisi .....	18
2.5.5. Tuzluluğun Bitkilerde Fotosentez Üzerine Etkileri.....	18
2.6. Bitkilerde Antioksidant Sistem.....	21
2.6.1. Enzimatik Olmayan Antioksidanlar .....	22
2.6.2. Antioksidant Enzimler .....	23
2.7. Kaynak Özetleri.....	26
2.7.1. Pamuk Bitkisi ile İlgili Yapılan Çalışmalar .....	26
2.7.2. Tuz Stresi ile İlgili Yapılan Çalışmalar .....	27
3.MATERYAL VE YÖNTEM .....	31
3.1. Bitki Materyali.....	31
3.2. Yetiştirme Ortamı .....	31
3.3. Deneme Planı.....	31
3.4. Fizyolojik Parametreler .....	32
3.4.1.Yaprak oransal su içeriğinin belirlenmesi .....	32
3.4.2. Yaprak Kuru Madde Oranı .....	33

3.4.3. Yaprak SPAD Okuması .....	33
3.4.4. Sukkulent İndeks ölçümü .....	33
3.4.5. Bitki boy ölçümü.....	34
3.4.6. Uygulanan Sulama Suyu Planı.....	34
3.4.7. Drenaj Suyu EC Ölçümleri .....	35
3.4.8. Yaprak Gaz Alışverişi Parametreleri.....	36
3.5. Kimyasal Analizler.....	37
3.5.1.Yaprak Zn İçeriğinin Belirlenmesi.....	37
4. BULGULAR .....	38
4.1. Yaprak Kuru Madde Oranı.....	38
4.2.Bitki Boy Ölçümleri.....	39
4.3. Klorofil SPAD Okuması .....	40
4.4. Yaprak Oransal Su içeriği .....	41
4.5. Sukkulent İndeks Ölçümü .....	42
4.6. Yaprak Zn İçeriği .....	43
4.7.Yaprak Gaz Alış Veriş Parametreleri.....	44
4.7.1. Fotosentetik Aktivite .....	44
4.7.2.Stoma iletkenliği .....	45
4.7.3. Hücrelerarası Karbondioksit (Ci) Geçişi.....	46
4.7.4. Yaprak Transpirasyonu .....	47

4.7.5. İçsel Karbondioksitin Dışsal Karbondioksite (Ci/Ca) Oranı .....	48
4.7.6. Fotosistem II Etkinliği (p <sub>hips II</sub> ) .....	48
5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	50
KAYNAKLAR .....	53
ÖZGEÇMİŞ .....	64



## SİMGELER DİZİNİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
NaCl	Sodyum Klorür
ROS	Reaktif Oksijen Türleri
AA	Askorbik Asit
SOD	SüperoksitDismitaz
APX	AskorbikPeroksidaz
GPX	GlutasyonPeroksidaz
CAT	Katalaz
Cu	Bakır
Zn	Çinko
Mn	Mangan
Fe	Demir
CO <sub>2</sub>	Karbondioksit
1O <sub>2</sub>	Singlent Oksijen
O <sub>2</sub>	SüperoksitRedikali
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Hidrojen Peroksit
OH <sup>-</sup>	Hidroksil Radikali
AOT	Aktif Oksijen Türleri



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Bitki büyümesi ve gelişmesinde etkili olan stres faktörleri (Larcher, 1995).....	6
Şekil 2.2. Bitkilerde çeşitli faktörlere bağlı olarak ortaya çıkan stres cevapları (Doğru, 2006'dan düzenlenerek alınmıştır).....	8
Şekil 2.3. Toprak tuzluluğunun nedenleri (Munns ve Tester, 2008).....	14
Şekil 2.4. Antioksidan sistem.....	21
Şekil: 3.1.Yetişirme Ortamı .....	31
Şekil 3.2. Deneme saksılarının genel görünümü.....	32
Şekil 3.3. Bitki Boy Ölçümleri.....	34
Şekil 3.4. LI-COR / LI-6400XTR Fotosentez Ölçüm Cihazı.....	37
Şekil 4.1.Çinko dozlarının yaprak kuru madde oranına etkisi .....	39
Şekil 4.2.Çinko dozlarının bitki boy ölçümüne etkisi .....	39
Şekil 4.3. Çinko dozlarının SPAD okumasına etkisi .....	40
Şekil 4.4.Çinko dozlarının yaprak oransal su içeriğine etkisi .....	41
Şekil 4.5.Çinko dozlarının sukulens indeks ölçümüne etkisi .....	42
Şekil 4.6.Çinko dozlarının yaprak Zn içeriğine etkisi.....	43
Şekil 4.7. Çinkonun fotosentetik aktiviteye etkisi.....	44
Şekil 4.8.Çinkonun stoma iletkenliğine etkisi.....	45
Şekil 4.9. Çinkonun hücrelerarası karbondioksit geçişine etkisi.....	46
Şekil 4.10.Çinkonun yaprak transpirasyonuna etkisi .....	47
Şekil 4.11.Çinkonun Ci/Ca değerine etkisi .....	48
Şekil 4.12. Çinkonun phips II değerine etkisi .....	49



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Dünyanın başlıca pamuk üreticisi ülkeleri (2003/2018) .....	2
Çizelge 1.2. Türkiye pamuk ekim alanı, lif pamuk üretimi ve verimi .....	2
Çizelge 1.3. Bölgelere göre pamuk ekilişi, lif üretimi ve lif verimi (1995-2017)....	3
Çizelge 2.1. Önemli kültür bitkilerinin toprak tuzluluğuna karşı duyarlılıkları (Maas, 1990).....	17
Çizelge 3.1.Bitkilerin Sulama Planı .....	34
Çizelge 3.2. Drenaj Suyu EC Ölçüm Değerleri .....	36
Çizelge 4.1. Farklı düzeylerdeki Zn uygulamalarının pamuk bitkisinde çeşitli fizyolojik parametrelere ve yaprak Zn içeriğine etkisi .....	38
Çizelge 4.2. Farklı düzeylerdeki Zn uygulamalarının pamuk bitkisinde yaprak gaz alışverişi parametrelerine olan etkisi .....	38



## 1. GİRİŞ

Pamuk gerek ülkemiz ve gerekse dünyada tarım, sanayi ve ticaretinde önemli yere sahip bitkilerden birisidir. Dünya nüfusunun hızla artması, diğer taraftan kalkınan toplumlarda hayat seviyesinin yükselmesi, pamuk tüketimini ve gereksinimini arttırmıştır. Son 45 yılda pamuk tüketimi %140 artarak 25 milyon tona ulaşmış ve bugüne kadar en yüksek tüketim miktarına ulaşmıştır (Özüdoğru ve Çakanyıldırım, 2006).

Pamuk dünyada pamuk kuşağı (cottonbelt) olarak isimlendirilen ve kuzey yarıkürede 45°, güney yarıkürede 32° enlemleri arasında kalan alanda yetişmektedir. Ülkemizde ise ekonomik olarak güneyde Akdeniz kıyı şeridinde; Antalya, Çukurova, Hatay, Güneydoğuda; Gaziantep, Kahramanmaraş, Diyarbakır, Şanlıurfa, Mardin illeri ile batıda Ege'nin yoğun olarak Muğla, Denizli, Aydın, İzmir, Balıkesir illeri uygun pamuk yetiştirme alanları bulunmaktadır.

Dünyada az sayıda ülkeninekolojisi pamuk tarımına elverişli olduğu için dünya üretiminin %80'ine yakını Türkiye'nin de içinde bulunduğu az sayıda ülke tarafından gerçekleştirilmektedir. Uluslararası Pamuk İstişare Kurulu (ICAC)'nın 2013–2017 arasındaki 5 yıllık dönem için yayınladığı veriler incelendiğinde; dünyada ortalama 32.1 milyon hektar alanda pamuk ekimi yapıldığı ve bu ekimden ortalama 24.4 milyon ton lif pamuk elde edilmektedir. Dünyada pamuk üretim alanının en geniş olduğu ülke uzun yıllardır Çin olurken son yıllardaki üretim artışıyla Hindistan Çin'i geride bırakmıştır. 2017/18 sezonu tahminlerine göre dünyada en çok pamuk üreten ilk 5 ülke sırasıyla; Hindistan, Çin, ABD, Pakistan ve Brezilya'dır (Çizelge 1.1.) (ICAC Cotton ThisMonth- Mart 2018). Türkiye'nin pamuk ekim alanı, lif pamuk üretimi ve verimi ise Çizelge 1.2.'de görülmektedir (TÜİK, 2019).

Çizelge 1.1. Dünyanın başlıca pamuk üreticisi ülkeleri (2003/2018)

Sıra	Ülkeler	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018*
1	Hindistan	11.650	12.846	11.638	10.845	12.235
2	ABD	3.053	3.783	3.291	3.848	4.616
3	Çin	4.700	4.310	3.793	2.923	3.157
4	Pakistan	2.914	2.958	2.670	2.496	3.097
5	Özbekistan	1.275	1.298	1.272	1.250	1.208
6	Brezilya	1.010	976	1.007	939	1.155
7	Burkina Faso	644	661	631	740	770
8	Türkmenistan	545	545	534	545	534
9	Türkiye	451	460	440	420	462
10	Arjantin	506	456	447	247	305
	Diğer	5.934	5.619	5.440	5.418	5.069
	Toplam	32.682	33.912	31.163	29.671	33.148

Kaynak: ICAC CottonThisMonth- Mart 2018 (\*) Tahmin

Çizelge 1.2. Türkiye pamuk ekim alanı, lif pamuk üretimi ve verimi

Sezon	Üretim (Kütlü)	Üretim (Lif)	Tüketim (Lif)	Fark (Lif)	Üretimin Tüketimi Karşılama Oranı (%)
2013/14	2.250	877	1.400	-523	62.64
2014/15	2.350	846	1.486	-640	56.93
2015/16	2.050	738	1.500	-762	49.20
2016/17	2.100	756	1.455	-699	51.96
2017/18 (*)	2.450	882	1.481	-599	59.55
<i>Ortalama</i>	<i>2.240</i>	<i>820</i>	<i>1.464</i>	<i>-645</i>	<i>56.06</i>

Kaynak: TÜİK, (\*) Tahmin

Not Ekim alanları ve üretim miktarları ile ilgili olarak TÜİK ve ICAC verileri arasında zaman zaman ciddi farklılıklar olabilmektedir.

Pamuğun Türkiye’de yetişme alanını belirleyen en önemli faktör sıcaklıktır. Ege, Çukurova, Antalya ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde sıcaklık pamuk bitkisinin gelişme süresini tamamlaması için sınırlandırıcı bir gelişim faktörüdür. 2009/2010 üretim yılında, ülkemizde bölgelere göre pamuk ekim alanları, üretim ve verim



durumları USDA verilerinden farklı olarak TÜİK verilerine göre Çizelge 1.3’de verilmiştir.

Çizelge 1.3. Bölgelere göre pamuk ekilişi, lif üretimi ve lif verimi (1995-2017)

Yıl	Güneydoğu Anadolu	Ege	Çukurova	Antalya	Toplam
1995	2.042	2.499	2.725	300	7.566
2000	3.168	2.017	1.230	126	6.541
2005	2.950	1.378	1.086	54	5.468
2010	2.878	826	1.061	41	4.806
2015	2.645	917	716	62	4.340
2017	2.931	1.073	876	58	4.938
1995-2017	43.5	-57.1	-67.9	-80.7	-34.7

Kaynak: TÜİK, Bitkisel Üretim İstatistikleri

Abiyotik stres faktörleri arasında yer alan topraklardaki aşırı tuz (NaCl) birikimi tüm dünyada verimi azaltan önemli faktörlerden biridir. Günümüzde dünyadaki yaklaşık 930 milyon ha toplam arazinin (Szabolcs, 1994) 77 milyon ha’ı tuzluluktan etkilenmektedir (Munns vd., 1999). Ülkemizde drenaj, sodyumluluk ve tuzluluk sorunlarından olumsuz etkilenen arazi miktarı ise 1 235 648 ha civarındadır (Özer 2004). Düşük yağış, yoğun sulama, kötü su yönetimi ve yüksek evaporasyon özellikle sıcak ve kurak ekosistemlerde tuzluluk riskini arttırmaktadır. Tuzluluk dünya genelinde verimi yaklaşık %40 düzeyinde azaltmaktadır (Serrano ve Gaxiola, 1994).

Pamuk (*Gossypium spp*) tuza “görece tolerant” bir bitkidir ve bu açıdan çeşitleri arasında farklılıklar görülebilmektedir (Gosset vd., 1994). Vulkan-Levy vd., (1998) artan tuzluluğun pamuktaki tohum veriminde azalmaya neden olduğunu bildirmiştir. Bununla beraber sulamayla uygulanan su miktarı 500 mm’yi aştığında pamuk bitkisinin tuza toleransında bir artış olabilmektedir.

Bitkiler oksidatif stres altında yaşamlarını devam ettirebilmek ve stresle başa çıkabilmek için Reaktif oksijen türleri (ROS)’un kontrolü ve detoksifikasyonunu sağlayan çeşitli antioksidanlara sahiptirler. Antioksidanlar düşük konsantrasyonlarda oksidasyon yapabilen ve diğer bir substratın oksidasyonunu

azaltan (elektron aktarımıyla) veya engelleyen yani oksidasyona karşı mücadele eden maddelerdir. Antioksidanlar, enzimatik olmayan antioksidanlar ve enzimatik antioksidanlar olmak üzere iki kısımda incelenmektedir. Enzimatik olmayanlar, askorbik asit (AA), tokoferoller (vitamin E), karotenoidler, glutatyon ve fenolik bileşiklerdir. Enzimatik antioksidanlar ise süperoksiddismutaz (SOD), askorbat peroksidaz (APX), glutatyon peroksidaz (GPX) ve katalaz (CAT) olarak bilinmektedir (Büyük vd., 2012).

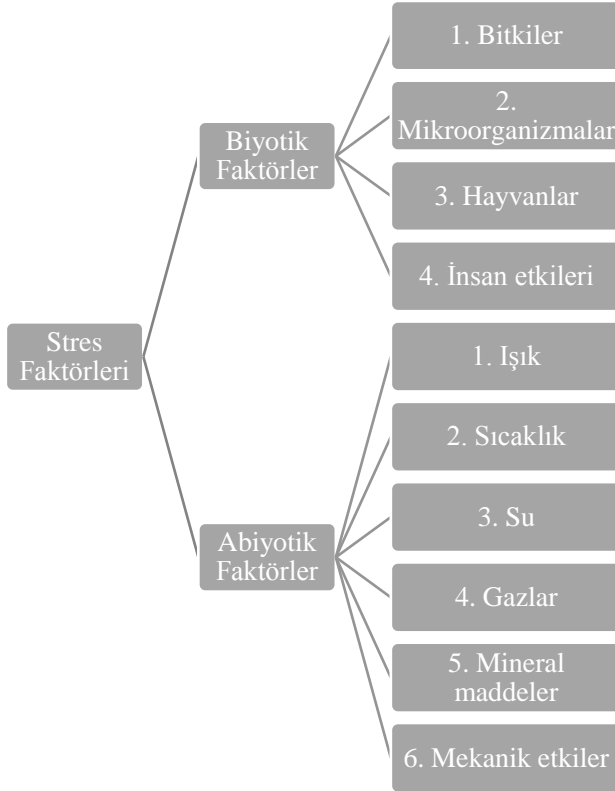
Çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalar bitkilerde abiyotik stres faktörlerinin artan ya da azalan miktarlarıyla ilgili olduğu düşünülen SOD'un Cu, Zn, Mn veya Fe içeren metalproteinlerden ibaret olduğunu ortaya koymuştur (Nishida vd. 1991; Kurepa vd. 1997; Alscher vd. 2002). Enzimlerde kullanılan ko-faktörün türüne göre SOD enzimi temel olarak 3 grupta sınıflandırılmaktadır: Fe-SOD, Mn-SOD ve Zn-Cu-SOD. Bu SOD'ların tamamı hücrelerin farklı bölümlerinde bulunmaktadır. Fe-SOD kloroplastlarda, Mn-SOD mitokondrilerde ve Cu-Zn-SOD kloroplastlarda, sitosolda ve olasılıkla hücre dışı bölgelerde yer almaktadır (Alscher vd. 2002).

ROS'undetoksifikasyonu için bitki tarafından sentezlenen SOD'ların tarımsal üretimde gübre olarak kullanılan bazı bitki besin maddeleri (Fe, Mn, Zn ve Cu) ile ilgili olması söz konusu bitkilerde ilgili elementler ile stres düzeyleri arasındaki ilişkilerin açıklanmasını tarımsal üretim artırılması açısından gerekli kılmaktadır. Bu çalışmanın amacı; tuz stresi altındaki pamuk bitkisine uygulanan Zn'nun söz konusu stresin etkilerinin aşılmasına katkısının olup olmadığının belirlenmesidir.

## 2.KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1. Bitkilerde Büyüme, Gelişme ve Stres Kavramı

Genler tarafından denetlenen bitki hücrelerinin farklılaşması, çoğalması ve büyümesi ile bitkilerde büyüme gerçekleşir. Bitki büyümesi, katabolik reaksiyonlardan daha hızlı gerçekleşmesi için anabolik reaksiyonları gerektirir (Larcher, 1995). Bitkideki bazı yapısal değişikliklerin büyümesi ve bitkinin başlangıcından ömrünün sonuna kadar ki süreçte farklı organların oluşumu ile değişiklikler meydana gelir (Sebanek, 1992). Çevresel ve hormonal faktörler de bitkilerin büyümesinde aktif bir rol oynamaktadır. Bitkiler, çevresel etkenlerdeki mevsimsel ve günlük farklılıklara karşın gelişim ve büyümelerine devam edebilirler. Bununla birlikte, bir veya daha fazla etkenin negatif doğrultuda olağanüstü bir şekilde değişmesi, bitkilerde gelişme ve büyümeyi yavaşlatmanın yanı sıra bitkinin canlılığının sona bitmesine neden olabilir (Shao vd., 2008). Lewitt (1980) stresi 'canlılar için olumsuz çevre koşulları' olarak tanımlamıştır. Bu olumsuz koşullara sebep olan etkenlere "stres" denir. Stres etkenleri bitkilerin yaşamlarının herhangi bir döneminde ortaya çıkabilir ve bitkileri negatif yönde etkiler. Bitkiler yaşamları boyunca aynı anda birçok stres etkeniyle karşı karşıya gelebilir (Larcher, 1995). Stres etkenlerinin neden olduğu hasar; bitkinin türüne bağlı olarak, tolerans ve adaptasyon farklı boyutlarda olabilir.



Şekil 2.1. Bitki büyümesi ve gelişmesinde etkili olan stres faktörleri (Larcher, 1995).

## 2.2. Stres Faktörlerinin Sistematiği

Araştırmacılar tarafından çeşitli şekilde stres etkenleri sınıflandırılmıştır. Ancak günümüzde biyotik ve abiyotik stres olarak kökenler esas alınarak sınıflandırılmıştır (Alexieva vd., 2003; Levitt, 1980).

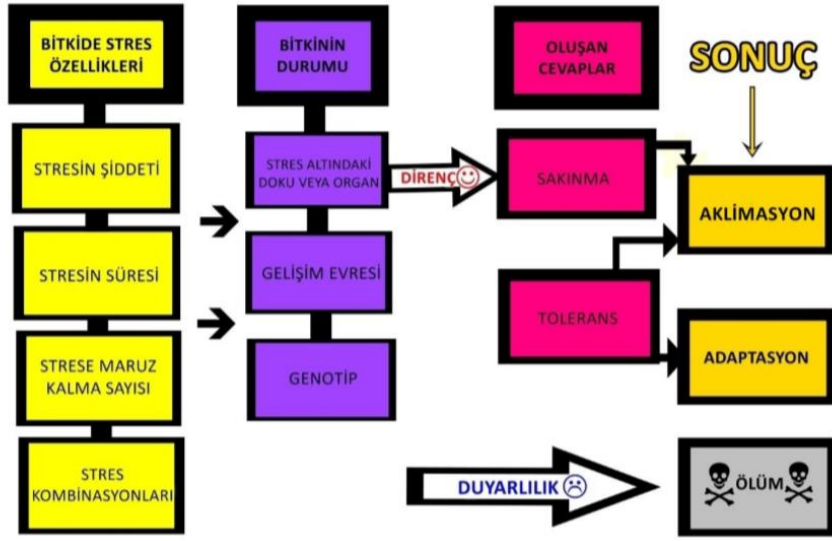
Lichtenthaller (1996) stres etkenlerini ‘antropojenik stres faktörleri’ ve ‘doğal stres faktörleri’ olarak iki gruba ayırmıştır. Doğal stres etkenleri; bakteriyel etmenler, su, funguslar, sıcaklık, virüsler, besin maddesi eksikliği, uzun yağışlı dönemlerdir. Doğada insanoğlunun sebep olduğu yani antropojenik etkiler ise; tuzlanma, herbisitler, CO<sub>2</sub> düzeyi, funguslar, UV artışı, hava kirleticiler, aşırı gübreleme, ozon, ağır metaller ve asit yağmurlarıdır. Biyotik stres etkenleri Larcher(1995)’e göre insanlar (kirlenme, tarım ilaçları, toprak sertliği, yangın, iyonize radyasyon, elektromagnetik alan), bitkiler (yoğunluk, allelopati, parazit, bitkiler), hayvanlar (otlama, ezilme), mikroorganizmalar (virüsler, bakteriler, mantarlar) oluşturur.

Abiyotik stres etkenleri de mineral maddeler (eksiklik, fazlalık, dengesizlik, tuzluluk, asitlik, bazlık), ışık (eksiklik, fazlalık, UV), gazlar (oksijen eksikliği, volkanik gazlar) ve sıcaklık (yüksek sıcaklık, düşük sıcaklık, donma) oluşturmaktadır (Şekil 2.1.). Stres etkenleri, metabolik ve taban fizyolojik durumlarda çeşitliliklere sebep olarak, bitkilerde gelişme ve büyümeyi negatif etkilemekte, ürün miktar ve niteliğinin azalmasına sebep olmaktadır.

### **2.3. Bitkilerin Strese Karşı Verdikleri Cevaplar**

Bitkiler çeşitli savunma mekanizmalarını, stres koşullarının sebep olduğu negatif durumları en aza indirmek veya yok etmek amacıyla geliştirmişlerdir. Bu savunma mekanizmaları aracılığıyla, organizmanın negatif koşullar altında hayatta kalma kabiliyeti ‘stres dayanıklılığı’ ‘stres direnci’ olarak tanımlanır. Bitkilerin stres faktörlerine tepkilerinin şiddeti birçok faktöre bağlı olarak değişebilir. Bitki strese karşı tam direnç gösterebilirken, sadece bazı organlar strese karşı direnç geliştirebilir. Bitkilerde stres direnci seviyesi, bitki kaynaklı özelliklere (bitkinin genotip özelliklerine, stres altındaki doku veya organ, bitki gelişim aşaması) ve strese bağlı özelliklere (stres kombinasyonları, stresin şiddeti, stres maruziyeti sayısı, stres süresi) göre değişebilir (Gaspar vd., 2002). Örneğin, genç bitkiler strese yaşlı bitkilerden daha duyarlıdır. Buna karşın, dormant tohumlar ve kuru tohumlar strese karşı oldukça dirençli, sukkulent ve meristem dokular strese karşı oldukça hassastır (Hale ve Orcut, 1987).

Stresedayanım “tolerans” ve “sakınma” olarak ikiye ayrılır (Levitt, 1980). Bu gruplandırma stres faktörü ve bitki metabolizması arasındaki termodinamik etkileşimlere dayanır. Çeşitli stres şartlarında farklı etkenlere bağlı olarak bitkilerin sunabileceği cevaplar Şekil 2.2.’de verilmiştir (Doğru, 2006).



Şekil 2.2. Bitkilerde çeşitli faktörlere bağlı olarak ortaya çıkan stres cevapları (Doğru, 2006'dan düzenlenerek alınmıştır).

### 2.3.1. Stresten Kaçma

Stresten kaçınma çevresel koşullar uygun olduğunda bitkilerin yaşam döngülerini tamamlama yeteneğidir. Örneğin, kuraklık döneminden önce gelen yağışlı mevsimde otsu bitkilerin tohumları çimlenir ve söz konusu bitkiler tohum vermek için toprağın neminden faydalanır. Kuru mevsimde tohumlar uykuda kalır ve kuraklıktan kaçır (Salisbury ve Ross, 1992). Kısacası burada kaçış stratejisi stresi önlemek için bitkinin yararlandığı bir durumdur.

### 2.3.2. Stres Sakınması

Stresten sakınma, bitkinin bulunduğu ortamda kendisi için strese neden olabilecek faktörlerin negatif tesirlerini azaltarak veya önleyerek stressiz bir iç ortam yaratan bir durumdur. Örneğin, yağmur mevsiminde bol su depolayarak çölde yaşayan bitkilerin etli organları, bitkileri kuraklık stresinin olumsuz etkilerinden kaçınma mekanizması ile korur (Hale ve Orcutt, 1987).

### **2.3.3. Stres Adaptasyonu**

Uzun zaman alan adaptasyon, stres şartları sebebiyle bitkinin genotipinde oluşan farklılıklar sonucu biyokimyasal, morfolojik ve fizyolojik anlamda görülen farklılıklardır (Huner vd., 1998). Adaptasyon sonrasında oluşan genotipik farklılıklar nesilden nesile aktarılır ve sabit kalır.

### **2.3.4. Stres Aklımasyonu**

Stres aklımasyonu, herhangi bir genetik farklılık olmaksızın değişen çevresel şartlara fenotipik bir yanıtıdır (Huner vd., 1998). Kısa vadeli aklımasyonda, bitkide transkripsiyon, protein sentezi ve translasyon oranındaki değişikliklerin değişen çevre şartlarına uyum sağlaması gözlemlenebilir. Hava şartlarındaki uzun vadeli değişimlerde (örneğin mevsim değişiklikleri gibi), bitkiler bazı organları kaybedebilir ve sonrasında kayıp organ yerini yeni organlarla değiştirecektir. Bitki, bu oluşumların bir getirisi olarak yeni bir anatomik ve morfolojik yapıya sahiptir (Gaspar ve ark. 2002).

### **2.3.5. Stres Toleransı**

Tolerans mekanizması, stres faktörü ve bitki metabolizması arasındaki termodinamik bağın varlığının bir göstergesidir. Sonuç olarak iki durum söz konusudur. Bitki ya stresten etkilenmez ya da stresin neden olduğu hasarı onarır.

## **2.4. Bitkilerde Oluşan Abiyotik Stres**

Bir bitkiden en yüksek verimi elde edebilmek için uygun şartlarda yetiştirmek gerekir. Ancak bu pratikte her zaman sağlanamaz (Köşkeröğlu, 2006; Büyük vd., 2012). Bitkilerde gelişme ve büyümeyi önleyen herhangi bir durum stres olarak varsayılır. Stres direnci, bitkilerin bu olumsuz çevre koşulları altında hayatta kalma yeteneğidir (Levitt, 1980).

Stresle ortaya çıkan değişiklikler, strese karşı direnç gösterme veya stresin sonlanmasıyla normale dönebilir. Aksi durumlarda bitki canlılığını kaybetmeye başlar (Gürel ve Avcıoğlu, 2001).

Aşırı sıcaklıklar, kuraklık, tuzluluk, besin maddeleri, metal toksisitesi, kirlilik ve patojenler, bitki büyümesini ve gelişimini etkileyen önemli parametrelerdir. Bu

istenmeyen şartlar, %70'e kadar verim kayıplarına sebep olabilir. Bitkilerin negatif çevresel şartları tolere edebilmesinde genetik farklılıklar görülmektedir (Köşkeroğlu, 2006).

Bitkiler, büyüme ve gelişmeyi en aza indirecek şekilde fizyolojik ve metabolik değişiklikleri oluşturarak kuraklık, sıcaklık, tuzluluk gibi abiyotik stres koşullarına tepki verirler.

#### **2.4.1. Bitkilerde Kuraklık Stresi**

Tüm abiyotikstresfaktörleri arasında su eksikliği en etkili faktördür. Yaprak büyümesi, stomaların açılıp kapanması ve fotosentez gibi birçok fizyolojik olay doğrudan su miktarı ile ilgilidir (Özer vd., 1997).

Transpirasyon hızının yüksek olduğu ve köklere giden suyun noksan kaldığı durumlarda bitkilerde su stresi meydana gelir. Kuraklık veya yüksek toprak tuzluluğu ilk olarak su eksikliğinde ortaya çıkar. Yüksek toprak tuzluluğu veya düşük toprak sıcaklığı durumunda toprakta su olsa da bitkiler tarafından alınmaz. Bu durum fizyolojik kuraklık olarak adlandırılır (Lisar vd., 2012).

Stresten kaçınan bitkiler strese dayanıklı bitkilere oranla kuraklık stresine karşı daha dirençlidir. Bu bitkiler daha şiddetli kuraklık koşullarına karşı hayatta kalabilmek için kuraklık stresine karşı çeşitli koruyucu mekanizmalarını devreye sokarlar. Kuraklıktan kaçınan bitkiler geniş bir kök sistemine sahiptir. Kuraklığa dayanıklı bitkiler isemembran sistemini ve ozmotik regülasyonu su stresi ile birlikte koruyarak hücresel seviyede bir mekanizma oluştururlar (Kuşvuran vd., 2011).

Bitki hücrelerinin büyük bir bölümünü su oluşturur. Hücredeki suyun azalması metabolizmayı bozar. Su kaybı ile meydana gelen iyon birikimi, protein yapısını ve membran bütünlüğünü bozarak hücrenin hasar görmesine neden olur (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Hücre büyüme ve bölünmesi azalır ve bitkinin toprak üstü organlarında önemli ölçüde küçülmeler meydana gelir. Suyun azalmasına bağlı olarak klorofil oluşumunun önlenmesi nedeniyle fotosentez yeteneği azalır. Yine su eksikliğinin türüne bağlı olarak yapraktaki hücrelerin turgor basıncı azalır ve hücrede absisik asit birikimi meydana gelir. Sonuç olarak stomalar kapanır ve bitkide fotosentez düşmeye başlar (Özer vd., 1997).



Bitkilerin kuraklık ve tuzluluk stresine verdiği tepkiler birbirine benzer (Muns, 2002; Kuşvuran vd., 2012; Osakabe vd., 2014). Tuzlu topraklar bitkilerin su alma yeteneğinin hızla azalmasına neden olur. Bitkilerde köklerden gelen hormonal sinyaller yüzünden sürgün büyümesi azalır (Munns, 2002). Bitkiler su kaybını azaltmak için ilk olarak stomalarını kapatır (Kuşvuran vd., 2012, Osakabe vd., 2014). Stomaların kapanması ile CO<sub>2</sub> gazının girişi engellenir. Hücrede CO<sub>2</sub> fiksasyonunda kullanılması gereken fakat yeterli gaz girişi olmadığı için indirgeme işlemi kullanılmayan elektronlar klorofiller tarafından absorbe edilen ışık enerjisi ile birlikte O<sub>2</sub>'nin aktivasyonunda ve indirgenmesinde rol oynar ve stres altındaki bitkilerde serbest oksijen radikalleri (ROS) meydana gelir. ROS'lar hücrede protein, membran lipitleri, nükleik asitler ve klorofillere zarar verir (Çaylak, 2011; Kuşvuran vd., 2012). ROS'lar anatomik ya da moleküler yapılarda çiftlenmemiş bir veya daha fazla tek elektron taşıyan, başka moleküller ile kolayca elektron alışverişine giren moleküllerdir (Çavdar vd., 1997). Hücrelerde bulunan başlıca ROS türleri, singlet oksijen (1O<sub>2</sub>), süperoksit radikali (O<sub>2</sub><sup>-</sup>), hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ve hidroksil radikali (OH<sup>•</sup>) dir (Büyük vd., 2012).

Bitkiler stresle birlikte oluşan ve hücre zarında tahribat yapan serbest oksijen radikallerine karşı koymak için bazı savunma mekanizmaları geliştirmişlerdir. Stres altındaki bitkiler, kendilerini toksik O<sub>2</sub> türevlerine karşı koruyan antioksidantlara ve antioksidatif enzimlere sahiptir (Alscher vd., 2002; Asada, 2006). Stres altındaki bitkiler de dahil olmak üzere tüm canlılarda antioksidant miktarları ve antioksidatif enzim aktiviteleri ne kadar fazla olursa oskidatif zararlanmaya karşı direnç de o derece artar (Asada, 2006).

Vitamin E, vitamin C, glutatyon ve karotenoidler gibi kloroplastlar bitkideki serbest oksijen türevlerine karşı antioksidatif savunma sistemlerine sahiptirler. Süperoksit dismutaz (SOD), askorbat peroksidaz (APX), glutatyon redüktaz (GR) ve katalaz (CAT) gibi antioksidatif enzimler serbest oksijen radikallerinin yok edilmesinde önemli rollere sahiptirler (Çakmak ve Marschner, 1992; Gossett vd., 1994). Bu enzimlerin bitkilerdeki çalışma durumları tür ve çeşitlere göre farklılık göstermekte ve bitkinin stres koşullarına dayanımı üzerinde oldukça etkili olmaktadır (Kuşvuran vd., 2012).

SOD aerobik organizmalarda bulunan ve ROS'a karşı hücresel savunma mekanizmalarında önemli rol oynayan bir enzimdir (de AzevedoNeto vd., 2006) ve hücrede ROS'a karşı yapılacak savunmanın ilk hattını oluşturur. Süperoksit

radikali, elektron taşıma zincirinin olduğu her hücre kısmında üretilir. Bu yüzden SOD enzimi hücre içerisinde tüm bölgelerde bulunmakla beraber daha çok kloroplastlar, mitokondriler ve peroksizomlarda bulunur. Fosfolipid zarları süperoksit radikallerine karşı geçirgen değildir. Bu durum SOD'un süperoksit radikallerini oluştukları yerlerde yok ettiğinin bir göstergesidir (Alscher vd., 2002). Kuraklık stresi başlangıcında SOD aktivitesinin artması bitkiyi oksidatif hasara karşı korur. Bununla beraber kuraklığın süresinin ve şiddetinin artması SOD aktivitesinin azalmasına da neden olur (Fu ve Huang, 2001).

Katalaz (CAT) enziminin stres üzerindeki engelleyici etkisini belirlemek için çok sayıda çalışma yapılmıştır. Tuz stresi sonucu hücrelerde meydana gelen zararın seviyesinde CAT aktivitesindeki artış, belirleyici rol oynar. Prasad (1997)' a göre tuz toleransı en iyi ilişkiyi CAT vermektedir.

Askorbat ve glutatyon bitkilerde birçok göreve sahip olan ve bitkileri stres şartlarında meydana gelen ROS'a karşı koruyan küçük molekül antioksidanlardır. Bu iki enzim aynı zamanda fotosentezde, redoks sinyalinde, patojen savunmasında ve büyümenin düzenlenmesinde rol alırlar (Smirnoff, 2000).

Stresin neden olduğu oksidatif zararlanma en çok hücre zarına zarar verir. Oksidatif zararlanma ile birlikte hücre zarlarında lipid peroksidasyonu oluşur bunun sonucunda hücre zarının geçirgenliği bozulur ve hücre sıvısının kaybolması ile birlikte bitki ölür. SOD ve CAT enzim aktiviteleri ile lipidperoksidasyonu düzeyinin azalması arasında pozitif yönde bir ilişki vardır. Lipid peroksidasyonu malondial dehit (MDA) adı verilen bir madde yardımıyla ölçülebilir. MDA hücre zarı hasara uğradığında açığa çıktığında yüksek miktarda bulunması hücre zarının tahrip olduğunu, düşük miktarda olması ise hücre zarı yapısının sağlam olduğunu gösterir (Dhindsa ve Mathowe, 1981).

## **2.5. Tuz Stresi**

Bitkiler doğal ya da doğal olmayan koşullarda sürekli ya da aralıklarla fiziksel, kimyasal ve biyolojik stres faktörlerine karşı türe bağlı olarak farklı derecelerde direnç geliştirebilir. Bu stres faktörleri ekonomik değeri olan tahıllar da dahil olmak üzere tüm bitki türlerinin biyosentetik aktivitelerini azaltır, normal yaşam fonksiyonlarını değiştirir ve bitkinin ölümüne sebep olabilir (Lichtenthaler, 1996).

Günümüzde bitki büyümesi ve gelişmesi üzerinde olumsuz etkilere neden olan abiyotik stres faktörlerinden biri de toprak tuzluluğudur (Allakverdiev vd., 2000). Kurak ve yarı kurak bölgelerde yetersiz yağıştan dolayı çözünebilir tuzlar uzaklara taşınmamakta, özellikle sıcak ve yağışsız olan dönemlerde, tuzlu taban suları kapillarite ile toprak yüzeyine kadar ulaşabilmektedir.

Bitkiler, doğal veya doğal olmayan koşullar altında türlere bağlı olarak sürekli veya aralıklı olarak fiziksel, kimyasal ve biyolojik stres faktörlerine karşı çeşitli derecelerde direnç geliştirebilirler. Bu stres faktörleri tüm bitki türlerinin biyosentetik aktivitesini azaltır, normal yaşam işlevlerini değiştirir ve bitki ölümüne neden olur (Lichtenthaler, 1996).

Tuzluluk, topraktaki tuz miktarının artışıyla bitki hücrelerinin osmotik potansiyelini düşürmekte ve bitkilerde büyüme, gelişme, tohum çimlenmesi, hücre bölünmesi ve fotosentez gibi pek çok yaşamsal olayı etkileyerek bitkisel verimliliği sınırlandırmaktadır (Glenn, 1997; Bressan, 2008).

Yüksek buharlaşma nedeniyle, sular toprak yüzeyinden kaybolurken, yüzeye veya yüzeye yakın olan tuzları bırakırlar (Patel vd., 2002; Rogers, 2002). Bu bölgelerde tuzlanmanın temel nedeni yetersiz yağışken, buharlaşma yüksektir (Richards, 1954).

### **2.5.1. Toprak tuzluluğunun sebepleri**

Topraklarda tuzluluk, primer (doğal) ve sekonder tuzluluk olarak 2 şekilde oluşur (Şekil 2.3.). Primer tuzluluğun kaynaklarını tuz deposu olan okyanuslar, ana kayaların aşınması ve iklimsel etmenler oluşturur (Munns ve Tester, 2008). Kayaların aşınması sonucunda sodyum, kalsiyum, magnezyum ile sülfat ve karbonat şeklindeki tuz iyonları toprağın bünyesine katılır. Tuz bileşiklerinin içinde çözünürlük oranı en yüksek olanı sodyum klorürdür (NaCl) (Kadioğlu, 2011). Yağmur ve rüzgar gibi iklimsel etmenler nedeniyle okyanus suyunun yapısında bulunan tuzlar karaya ulaşarak toprak yapısına katılır ve primer tuzluluğu oluşturur.



Şekil 2.3. Toprak tuzluluğunun nedenleri (Munns ve Tester, 2008).

Sekonder tuzluluk topraktaki hidrolik düzenin farklılaşmasıyla oluşur. Buna sebep olan başlıca etmenler; tarımsal olarak çok yıllık bitkilerden ziyade tek yıllık bitkilerin kullanımı, toprak drenajının yeterince iyi olmaması ve sulama suyundaki tuz bileşiklerinin varlığıdır. Bunun yanı sıra aşırı otlama, tarımsal alanlarda yoğun sulama, çeşitli tuzlar bakımından zengin yeraltı sularının seviyesinin toprak yüzeyine kadar yükselmesi, bir bölgenin doğal vejetasyonunun yok edilip tarıma açılması ve toprakların tuzluluğa sebep olan kimyasallarla kontaminasyonu sekonder tuzluluğun oluşma nedenleridir (Pessarakli ve Szabolcs, 1999). Toprakların tuzlulaşmasında bilinçsiz sulama yanında drenaj olanaklarının yetersizliği ve yüksek taban suyunun rolü de çok büyüktür. Özellikle sulama sonucu toprakların tuzlu ve alkali hale dönüşmesi sulu tarımın uygulandığı bölgelerde güncel bir sorundur. Drenaj şebekelerinin yetersizliği ve sulama sonucu yükselen taban suyu, kurak bölgelerde tuzluluğun başlıca nedenidir. Bitki kök bölgesinde fazla miktarda eriyebilir tuz birikimi toprakta tuzluluk sorununun ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Böyle bir toprakta kültür bitkilerinin çimlenme, büyüme ve ürün verimleri mevcut tuzların cinsi ve miktarlarına bağlı olarak azalmakta ve hatta tamamen durmaktadır (Richards, 1954).

İkincil tuzluluk topraktaki hidrolik düzenin farklılaşmasıyla oluşur. Buna neden olan başlıca faktörler; tarımsal uzun ömürlü bitkiler yerine çok yıllık bitkilerin kullanımı, zayıf toprak drenajı ve sulama suyunda tuz bileşiklerinin varlığıdır. Buna ek olarak; tarımsal alanlardaki aşırı otlatma, yoğun sulama, çeşitli tuzlar bakımından zengin yeraltı suyunun toprak yüzeyine yükselmesi, bir bölgenin doğal bitki örtüsünün tahrip edilmesi ve toprağın açılması ve toprağın tuzluluğa neden olan kimyasallarla kirlenmesi ikincil tuzluluğun nedenleridir (Pessarakli ve Szabolcs, 1999). Özellikle, sulamanın bir sonucu olarak toprakların tuzlu ve alkali koşullara dönüşümü, sulanan alanlarda mevcut bir sorundur. Bilindiği gibi bitki kök bölgesinde büyük miktarda çözünür tuz birikimi toprakta tuzluluk probleminin ortaya çıkmasına neden olur (Şekil 2.3.). Böyle bir durum bitkide oksidatif stres oluşmasına neden olur (Botella vd., 2005). Diğer bir ifade ile toprak çözeltisinin osmotik potansiyelinin azalması, bitkinin mineral madde beslenmesinin bozulması ve özel iyon faktörü (sodyum ve klor toksisitesi) tuzluluğun bitki büyüme ve gelişmesi üzerindeki zararlı etkileri olarak kabul edilir (Marscher, 1995). Bu etkilerin tümü bitki büyüme ve gelişmesinde fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler seviyede olumsuz etkilere neden olmakta ve bitkilerde bazı hasarların oluşmasına ortam hazırlamaktadır (Levitt, 1980; Munns, 2002). Tuz stresinin en belirgin etkilerinden biri büyüme hızının yavaşlamasıdır. Bitkilerin tuz ile etkileşiminden kısa bir zaman sonra hücrelerin su kaybettiği ve hacimlerinin azaldığı görülmüştür. Osmotik stres sodyum iyonlarının doğrudan bir etkisi olmaksızın su noksanlığından kaynaklanır (Munns, 2002). Tüm bu etkiler fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler düzeyde bitki büyümesi ve gelişimi üzerinde olumsuz etkilere neden olur ve bitkilerde bazı hasarlar için ortam hazırlar (Levitt, 1980; Munns, 2002).

Tuz stresinin bitkilerde meydana getirdiği morfolojik ve fizyolojik tepkileri araştırmak amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Yenedünya (*Eriobotryajaponica* L.) bitkisinin tuz stresine tepkisini incelemek üzere yapılan bir çalışmada, bitkilere 5 ve 50 mM NaCl tuz uygulanmıştır. Çalışma sonucunda bitki gelişimi azalmış, yaprak biyokütlesi ve gövde çapı özellikle etkilenmiştir. Buna ek olarak yaprakların  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  düzeylerinin arttığı ve budurumsuz konusu iyonların kökten yapraklara taşınmasının engellenmediğinin bir kanıtı olduğu belirlenmiştir (García-Legaz vd., 2008).

### 2.5.2. Tuzluluğun Bitkilerde Su ve İyon Dengesine Etkileri

Toprak tuzluluğunun artması ile toprak çözletisinin su potansiyeli azalmakta ve bitkilerin toprak suyundan faydalanması kısıtlanmaktadır. Turgor potansiyelinin sürdürülebilirliği için çözünen madde içeriğinin artırılması neticesinde osmotik potansiyelin azalması ile denge sağlanmaktadır. Toprak tuzluluğunun artması bitkilerin su ve osmotik potansiyelini azaltmaktadır (Mugdall, 2010). Tuz stresi, osmotik ve iyon stresine bağlı olarak bitkilerde büyüme ve gelişmeyi engellemektedir (Parida ve Das, 2005). Tuz stresine maruz kalmış bitkiler genotipik özelliklerine bağlı olarak farklı tepkiler verir (Dajic, 2006). Tuz stresine maruz kalmış bitkilerin tepkilerinin farklı olması sadece farklı bitki türleri için değil aynı türün farklı genotipleri için de geçerlidir (Munns, 2002). Bazı önemli kültür bitkilerinin toprak tuzluluğuna karşı duyarlılıkları Çizelge 2.1.'de gösterilmiştir (Maas, 1990).

Son zamanlarda yapraklardaki su miktarının ölçülmesi bitkilerin genel su durumu hakkında en güvenilir bilgiyi sunmaktadır. Bitkilere uygulanan tuz yoğunluğu arttıkça osmotik potansiyel azalmakta ve turgor basıncı artmaktadır (Hernandez vd., 1999; Meloni vd., 2001). Kök rizosferindeki tuz miktarının artışıyla bitkilerin sudan faydalanması azalmaktadır. Topraktaki tuz yoğunluğunun artışıyla suyun osmotik potansiyeli daha da azalarak tuz stresi bitkiyi ikinci bir osmotik strese maruz bırakmaktadır. Bu durum “fizyolojik kuraklık” olarak adlandırılır (Greenway ve Munns, 1980). Hücre sudan faydalanamaz ve hücrenin genişleme hızı azalarak hücreler arasında çok fazla  $Na^+$  birikimi gerçekleşir. Bu durum hassas bitkiler için toksik bir etki yaratır (Villora vd., 1997).

Çizelge 2.1. Önemli kültür bitkilerinin toprak tuzluluğuna karşı duyarlılıkları (Maas, 1990).

Ürün	Tuzluluk eşit değeri (dS m <sup>-1</sup> )	Verimlilikteki nispi azalma (Her dS m <sup>-1</sup> için)
Phaseolusvulgaris L. (Fasulye)	1.0	19.0
Solanummelongana L. (Patlıcan)	1.1	6.9
Alliumcepa L. (Soğan)	1.2	16.0
Capsicumannuum L. (Biber)	1.5	14.0
Zeamays L. (Mısır)	1.7	12.0
Saccharumofficinarum L. (Şeker kamışı)	1.7	5.9
Solanumtuberosum L. (Patates)	1.7	12.0
Brassicaoleracea L. (Lahana)	1.8	9.7
Lycopersiconesculentum Mill. (Domates)	2.5	9.9
Oryzasativa L. (Çeltik)	3.0	12.0
Arachishyogea L. (Yerfıstığı)	3.2	29.0
Glycinemax. L. (soya fasülyesi)	5.0	20.0
Triticumaestivum L. (buğday)	6.0	7.1
Beta vulgaris L. (Şeker pancarı)	7.0	5.9
Gossypiumhirsuim L. (Pamuk)	7.7	5.2
Hordeumvulgare L. (Arpa)	8.0	5.0

### 2.5.3. Tuzluluğun Bitkilerde Mineral Madde Beslenmesine Etkileri

Tuz stresi ile birlikte bitkide besin elementi eksiklikleri ortaya çıkar. Na<sup>+</sup> ve Cl<sup>-</sup> miktarının artışı yüzünden diğer iyonlar yeterince alınmadığı için bitkilerde mineral madde beslenmesinde dengesizlik meydana gelir (Çakırlar ve Topçuoğlu, 1985). Bitkiler tuza tolerans derecelerine göre farklı seviyelerde fakat benzer

tepkiler verir. Bu tepkiler arasında büyüme hızının yavaşlaması, dokuların ölümü, nekrozlar, turgor basıncının azalması, yaprakların dökülmesi ve bitki ölümü sayılabilir (Shannon ve ark. 1984; Çakırlar ve Topçuoğlu, 1985).

#### **2.5.4. Tuzluluğun Proteinler Ve Karbohidratlar Üzerine Etkisi**

Birçok bitki tuz stresi altındayken çeşitli radikallerin temizlenmesi ve osmotik regülasyonun sağlanması amacıyla hücrelerinde düşük moleküler ağırlıklı çeşitli organik maddeleri (glikoz, fruktoz, sukroz, fruktanlar) ve polisakkaritleri yüksek konsantrasyonlarda biriktirir. Bitki türüne, çeşidine ve kısımlarına göre değişiklik göstermekle birlikte tuzluluk koşulları altında hücrelerdeki şeker düzeyinin arttığı belirlenmiştir (Ashraf ve Haris, 2004). Yapılan çalışmalar; tuz stresine maruz kalmış bitkilerde osmotik potansiyelin ayarlanmasında şekerlerin tüm organik bileşikleride ortalama %50'lik bir paya sahip olduğunu göstermiştir (Cram, 1976).

Tuz stresi sonucunda bitkilerde iki farklı tip protein sentezlenir (Hurkman vd., 1989; Pareek vd., 1997; Ali vd., 1999). Bunlardan ilki bitkilerde yalnızca tuz stresine maruz kalma sonucu sentezlenen “tuz stresi proteinleri”, ikincisi ise sıcaklık, kuraklık, iklimsel etmenler ve mineral madde beslenmesine bağlı olarak sentezlenen “stresle ilgili proteinler” dir. Birinci grupta bulunan proteinler tuz stresinin ortadan kalkmasından sonraki dönemde kullanılmak üzere azotun depolanmasında ve osmotik regülasyonun sağlanmasında fonksiyoneldir (Singh vd., 1997). Tuz stresi altındaki bitkilerde çeşitli organik maddelerin biriktirilmesi bitkinin türüne, genotipine ve organ tipine göre değişiklik gösterir.

#### **2.5.5. Tuzluluğun Bitkilerde Fotosentez Üzerine Etkileri**

Bitkilerde büyümeyi etkileyen fizyolojik olaylardan en önemlisi fotosentezdir. Fotosentez olayı bitkilerde biyokütlenin artmasını ve büyümeyi sağlar. Sonuç olarak büyümeyi etkileyen çevresel faktörler fotosentezi de benzer ölçüde etkiler. Stres altındaki bitkilerin fotosentetik etkinlikleri ile ilgili parametrelerde meydana gelen değişimler bitkilerin fizyolojik durumları hakkında bilgi verir.

Tuzluluğun fotosentetik aktivite üzerine etkisi stomaların kapanmasına bağlı olarak gerçekleşir. Bitki hücreleri genel olarak hücrede yoğun tuz birikiminden zarar görmekte, düşük tuzlulukta ise durum tersine işlemektedir. Fotosentetik dokularda tuzluluğun artmasıyanyana olan granamembranlarının birikmesine,



tilakoid membranların büzülmesine ve klorofillerin parçalanmasına neden olmaktadır (Ashraf, 2004). Elektron mikroskobu ile gerçekleştirilen çalışmalarda tuz stresinin kloroplastlarda bazı anatomik anormalliklere neden olarak bitkilerin fotosentetik aktivitesini azalttığı gözlenmiştir. Örneğin; tuz uygulanan patates bitkilerinde mezofil hücrelerinde bulunan kloroplastların tilakoid membranları şişmekte ve tilakoidler yoğun tuz koşullarında parçalanmaktadır (Mitsuya vd., 2000). Başka bir çalışmada tuz uygulanan patates bitkilerindeki grana miktarının azaldığı, tilakoidlerin şiştiği ve stromada daha iri nişasta tanelerinin birikim gösterdiği belirlenmiştir (Bruns ve Hecht-Buchhole, 1990). Tuz stresi altındaki domates bitkilerinde ise kloroplastlar agregasyona uğramıştır. Ayrıca tuz stresinin etkisiyle bitkilerde hüresel membranların yapısal olarak bozulduğu, grana ve tilakoidlerin parçalandığı rapor edilmiştir (Khavarinejad ve Mostafi, 1998).

Genel olarak bitkilere tuz uygulanmasından sonra fotosentetik pigment miktarında azalmalar meydana gelir. Yapılan bir araştırmada (Agastian vd., 2000); tuz stresine maruz bırakılan dut bitkisinin olgun yapraklarında klorozun daha erken ortaya çıktığı ve stresin süresinin uzaması ile yaprakların absisyona uğradığı belirlenmiştir.

### **2.5.5.1. Tuzluluğun stoma hareketlerine etkileri**

Kök bölgesindeki tuzlar toprak çözeltisinin osmotik basıncını yükselterek bitkiler tarafından alınabilir su miktarını düşürür. Buna bağlı olarak ortaya çıkan osmotik stres nedeniyle bitkiler stomalarını kapatır, stoma iletkenliği ve transpirasyon hızı azalır (Munns ve Tester, 2008). Bu durum kloroplastlara ulaşan CO<sub>2</sub> miktarını sınırlandırır (Degl'Innocenti vd., 2009). Stomaların tuz stresıyla karşı karşıya kaldığında kapanması “hidropasif kapanma” ve “hidroaktif kapanma” olmak üzere 2 farklı şekilde gerçekleşir. Hidropasif kapanma; stomaların su potansiyeli ve turgor basıncındaki azalma ile metabolik katılım olmadan kapanmasıdır. Hidroaktif kapanma ise; stomaların açılmasına imkan veren metabolitlerin tekrar metabolik olaylara katılımıyla kapanmasıdır (Mahajan ve Tuteja, 2005). Bitkiler hidroaktif kapanmanın meydana gelebilmesi için bazı sinyal moleküllerini sentezler. Bu kapanmada rol oynayan sinyal moleküllerinden biri olan absisik asit (ABA) bitkinin büyüme ve gelişmesinin organizasyonunda, osmotik stres toleransında ve bitkinin su dengesinin kontrol altına alınmasında görev alan bir fitohormondur (Zhu, 2002). Pérez-Pérez ve ark. (2009) “Fino 49” limon çeşidinin tuz stresine karşı verdiği cevapları incelemek amacıyla 13 yaşındaki ağaçları 30

mM NaCl çözeltisi ile sulayarak ve kontrol bitkileriyle karşılaştırmıştır. Uygulama sonucunda yapraklarda gaz alışverişinin azaldığı belirlenmiştir. Aras vd. (2015) aşılı interdonat limon çeşidi (*Poncirus trifoliata*) ile yaptıkları bir çalışmada bitkiye 15, 30, 60 ve 120 mM NaCl çözeltisi uygulanmışlardır. Çalışma sonucunda artan tuz yoğunluğu ile stoma iletkenliğinin azaldığı ve membran geçirgenliğinin arttığı belirlenmiştir.

#### **2.5.5.2. Tuzluluğun kloroplastlar üzerine etkileri**

Gelişmiş bitkilerde fotosentez, tilakoidmembran sistemine ve ışık absorpsiyonu için gerekli yapısal özelliklere sahip olan kloroplastlarda meydana gelir (Pfannschmidt, 2003). Tuz stresi altındaki bitkilerde en göze çarpan değişiklikler kloroplast organelinde oluşur (Koyro, 2002). Kloroplastta bulunan tilakoidlerin ve stromaların şişmesi bu değişikliklerin en belirgin olanlarıdır. Tilakoidler hücre içinde aktif oksijen türlerinin (AOT) üretiminde etkin bir göreve sahiptir. Elektron taşınım reaksiyonları sırasında suyun parçalanması (fotoliz veya Hill reaksiyonu) sonucunda  $O_2$  oluşur.  $O_2$ 'nin suya kadar indirgenmesiyle organizmanın ihtiyacı olan enerjinin üretimi gerçekleşir. Fakat bazı stres faktörleri sebebiyle bu indirgenme gerçekleşmezse, biriken AOT'ler birçok molekülü okside edebilir. Tuz stresi altındaki kloroplastların ürettiği AOT'ler oksidatif stres oluşumunu harekete geçirir ve oluşan  $OH$  (hidroksil radikali) ile  $H_2O_2$  (hidrojen peroksit), tilakoidlerin şişmesine ve dalgali bir şekle bürünmesine neden olur. Sonuç olarak tuz stresitilakoidleri dolaylı bir yoldan etkiler (Hernandez vd., 1995; Miyake vd., 2006). Kloroplastlardaki sukroz sentezini sağlayan sukroz fosfat sentaz enziminin zarar görmesi ya da nişastayı parçalayan enzimlerin hasar görmesi durumunda, nişasta miktarı da tuz stresine bağlı olarak artar (Rahman vd., 2000). Aynı zamanda translokasyonun artması da nişasta miktarının artışına sebep olabilir (Koyro, 2002).

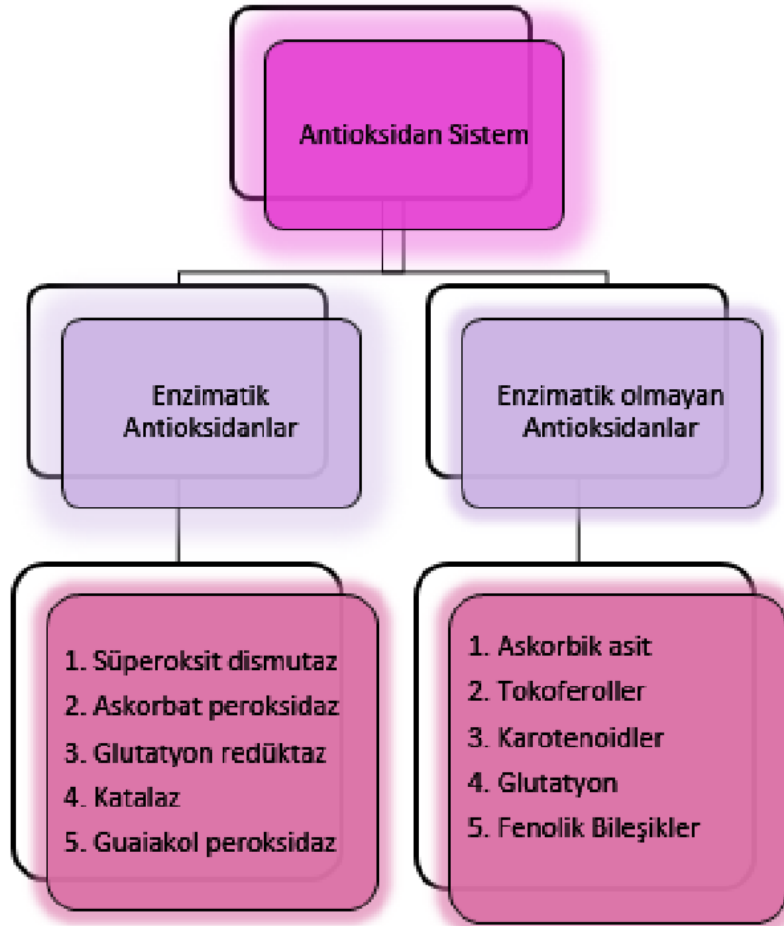
#### **2.5.5.3. Tuzluluğun fotosentetik mekanizmaya etkileri**

Tuzluluk, stomaların kapanmasını indüklemesinin yanı sıra, kloroplastlardaki tilakoidlerde bulunan proteinlerin yapısında da değişikliklere sebep olarak elektron transport aktivitesini de etkiler. Düşük tuzluluk koşullarında bitki yapraklarındaki klorofil içeriği artarken, yüksek tuzlulukta ise klorofillerin moleküler yapısı bozulur. Yapılan çalışmalarda, tuz stresine maruz kalmış karpuzdan

(*Citrulluslanatus*) izole edilen kloroplastlarda fotosistem reaksiyonlarının özellikle de PSII'nin etkilendiği gözlemlenmiştir (Yaşar vd., 2008).

## 2.6. Bitkilerde Antioksidant Sistem

Oksitativ stres altındaki bitkiler yaşamlarını sürdürebilmek ve bu olumsuz koşullarla mücadele edebilmek için antioksidant sisteme sahiptir. Canlı hücrelerde meydana gelen protein, lipid, karbohidrat ve DNA oksidasyonunu engelleyen ya da geciktirebilen maddeler antioksidanlar olarak tanımlanmakta ve bu sisteme de antioksidan savunma sistemi denilmektedir (Koç ve Üstün, 2008). Antioksidant sistem enzimatik ve enzimatik olmayan bileşenlerden meydana gelmiştir (Şekil 2.4.).



Şekil 2.4. Antioksidan sistem

Bitkilerdeki antioksidant enzimler arasında süperoksit dismutaz (SOD), askorbat peroksidaz (APOD), glutatyon redüktaz (GR), guaiakol peroksidaz (GPOD) ve katalaz (KAT) bulunmaktadır. Enzimatik olmayan antioksidantlar ise askorbik asit (AA), tokoferoller, karotenoidler, glutatyon ve fenolik bileşiklerdir. Antioksidant enzimler ve antioksidant moleküllerin birbirleri ile etkileşim halinde fonksiyon göstermeleri sonucunda bitki hücrelerindeki antioksidant savunma sisteminin etkinliği de artmaktadır (Mascio vd., 1991).

### **2.6.1. Enzimatik Olmayan Antioksidanlar**

#### **2.6.1.1. Askorbik asit**

Askorbik asit (C vitamini) bitki hücrelerindeki antioksidant moleküller arasında miktar bakımından en çok bulunanıdır. Askorbik asit direkt olarak hidroksil ve süperoksit radikalleri ile singlet oksijenin detoksifikasyonundan sorumludur. Bitkilerde bu AOT'lerin yol açtığı oksidatif strese bağlı hasarları onarmada görev alan en dayanıklı antioksidant moleküllerden birisidir (Athar vd., 2008; Foyer vd., 1995).

#### **2.6.1.2. Tokoferoller**

İleri düzeyde biyolojik aktiviteye sahip olan tokoferoller, kloroplastların tilakoid membranlarında yoğun olarak bulunmaktadır. Sahip oldukları antioksidant niteliği sayesinde bitkiyi oksidatif stresin zararlı etkilerinden koruyan tokoferoller 2 farklı oksidasyon işleyiş sistemine sahiptir. Birincisi, bir elektron ilavesiyle  $\alpha$ -tokoferol radikali meydana gelmesidir. Diğeri ise,  $\alpha$ -tokoferolün  $1O_2$  ile karşılıklı etkileşime girmesi sonucunda iki elektron ilavesi ile  $H_2O_2$  meydana getirmesidir.

#### **2.6.1.3. Karotenoidler**

Karotenoidler fotosentetik ya da fotosentetik olmayan dokularda mevcut olan, yağda çözünebilir, antioksidant özellik gösteren pigmentlerdir. Sarı, turuncu ve kırmızı renklerde olabilen karotenoidler, kloroplast ve kromoplast zarlarında bulunurlar (Bartley ve Scolnik, 1995). Karotenoidlerin görevlerinden biri oksidatif strese karşı fotosentetik yapıları AOT'lerden korumaktır (Dankov vd., 2009).

#### **2.6.1.4. Glutasyon**

Glutasyon bitkiyi oksidatif strese karşı koruyan, hücre içi taşımında görev alan, katalizör içeren ya da metabolik reaksiyonlarda işleve sahip olan ve bitki dokularında fazla miktarda sentezlenen bir antioksidanttır. Fonksiyonel bir metabolit olan glutatyonsitosol, endoplazmikretikulum, vakuol, kloroplast ve peroksizom gibi bitkinin birçok hücresel bölümünde bulunur (Jimenez vd., 1998; Rausch ve Wachter, 2005).

#### **2.6.1.5. Fenolik bileşikler**

Bitkilerin sekonder metabolizma ürünleri olarak adlandırılan fenolik bileşikler AOT'leri ortadan kaldırmada ve zararsız hale dönüştürmede iyi bir antioksidant özellik gösterir. Hatta yapılan çalışmalar fenolik bileşiklerin tokoferoller ve askorbattan daha etkili bir savunma oluşturduğunu göstermektedir (Bray, 1997). Fenolik bileşikler; hidrosinnamik asit (HCA), flavanoidler, taninler ve antosiyaninler olarak dört farklı gruba ayrılırlar (Grace, 2005). Çevresel stres faktörlerine maruz kalan bitkilerde fenolik bileşikleri sentezleyen fenilpropanoid metabolizması uyarılır ve fenolik bileşiklerin bitki dokularındaki yoğunluklarında artış görülür (Quan vd., 2008).

Fenolik asitlerden flavanoidler ve HCA, guaiakol peroksidaz (GPOD) aracılığıyla H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'nin detoksifikasyonunda görev alır (Sakihama vd., 2002). Bunun yanında bitkilerin UV-B etkisinden korunmak için vakuollerinde UV-absorbe eden flavonoidleri depoladıkları tespit edilmiştir (Noctor ve Foyer, 1998; Beauchamp ve Fridovich, 1971). Antosiyaninler ise diğer antioksidantlara nazaran daha güçlü bir detoksifikasyon özelliği göstererek AOT'lerin doğrudan ortadan kaldırılmasında fonksiyon gösterir (Gould vd., 2002).

### **2.6.2. Antioksidant Enzimler**

#### **2.6.2.1. Süperoksitdismutaz (SOD)**

Süperoksit dismutaz (SOD) yapısında metal iyonu bulunduran, oksijenli solunum yapan tüm canlılardaki en etkili antioksidant enzimdir. Bitkiler herhangi bir strese maruz kaldığında ve AOT'lerin zararlı etkileri ortaya çıktığında savunma sisteminin ilk basamağını oluşturan ve katalitik etkisi oldukça yüksek olan bir metaloenzimdir. Bitkilerde O<sub>2</sub><sup>-</sup> radikali SOD ile O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'ye dönüştürülerek strese

karşı bir savunmaya sistemi oluşturulur (Asada, 1999). Bu dismutasyon reaksiyonu esnasında başka bir  $O_2^-$  radikali  $O_2$ 'ye dönüştürülür. SOD;  $O_2^-$  radikalinin detoksifiye ettiği için Haber-Weiss tepkimesi aracılığıyla  $OH^-$  radikalinin meydana gelme ihtimalini düşürür. Haber-Weiss reaksiyonunun SOD varlığında katalizlenmesi, enzimatik olmayan reaksiyonuna göre 10000 kat daha hızlı gerçekleşmektedir (Mittler, 2002). SOD enziminin, difüze olma yeteneği yoktur.  $O_2^-$  radikali ve  $H_2O_2$  gibi molekülleri yok etmek amacıyla bu moleküllerin sentezlediği hücrel kısımlarda lokalize olmuştur (Alscher vd., 2002).

Metalo enzimlerden biri olan SOD'un bulundurduğu metal gruplarına göre üç tipi bulunmaktadır. Bunlardan demir süperoksit dismutaz (FeSOD) ve mangan süperoksit dismutaz (MnSOD) yapısal olarak birbirine benzerlik gösterir. Bakır/çinko süperoksit dismutaz (Cu/ZnSOD) ise diğer iki enzim grubundan farklı bir yapıya sahiptir.  $H_2O_2$ 'ye olan farklı seviyelerde duyarlılıklarına göre lokalize olan bu enzimlerden FeSOD kloroplast stromasında ve prokaryotik organizmalarda, MnSOD mitokondri ile peroksizomda, Cu/ZnSOD ise kloroplast, peroksizom, sitosol ve hücreler arası boşlukta bulunur (Alscher vd., 2002).

Arabidopsisthaliana üzerinde yapılan bir çalışmada, bitkinin genomunda FeSOD enzimine ait üç tane (FSD1, FSD2, FSD3), Cu/ZnSOD enzimine ait yine üç tane (CSD1, CSD2, CSD3) ve MnSOD enzimine ait bir tane (MSD1) gen bulunduğu tespit edilmiştir (Kliebenstein vd., 1999). SOD'un izozimleri olan Cu/ZnSOD, MnSOD ve FeSOD nükleusta kodlanmaktadır ve daha sonra işlev gösterecekleri hücrel bölgeye taşınmaktadır. Bitkide SOD aktivitesi arttıkça, stres toleransının gelişmesi de iyileşme göstermektedir. Yapılan başka bir çalışmada tuz stresine maruz kalmış nohut bitkilerinde Cu/ZnSOD ve MnSOD izozimlerinin aktivitelerinde artış gözlenmiştir (Eyidoğan ve Öz, 2005). Glycyrrhizauralensis bitkisiyle yapılan bir çalışmada tuz uygulamalarının sonucunda SOD aktivitesinin arttığı rapor edilmiştir (Pan vd., 2006). Acı bakla bitkisinde (Yu ve Rengel, 1999) ve dut bitkisinde (Ahmad vd., 2010) de tuz stresi uygulamaları SOD aktivitesini arttırmıştır. Bitkilerde stres şartlarında SOD etkinliğinin artması ve bu seviyenin stabilitesi, gen ekspresyonunun ve SOD transkripsiyonunun artmasına bağlı olarak değişiklik gösterir (Minkov vd., 1999). KAT, POD ve APOD enzimleri SOD'un oluşturduğu  $H_2O_2$ 'yi detoksifiye etmektedir.

### 2.6.2.2. Askorbatperoksidaz (APOD)

Askorbatperoksidaz (APOD),  $H_2O_2$  detoksifikasyonunda görev alan, başka bir deyişle  $H_2O_2$ 'yi  $O_2$  ve suya parçalayan aktivitesi katalaz enzimine kıyasla daha yüksek olan önemli bir antioksidant enzimdir (Mittler vd., 2004).

Diğer antioksidantlarla kıyaslandığında  $H_2O_2$ 'nin bitkinin hücrel yapılarında oluşturduğu oksidatif zararları gidermede en fazla rolü olan antioksidant enzim APOD'dur (Foyer vd., 1994). Tuz stresi uygulanan bir çalışmada Ana baenadoli olumalginde APOD aktivitesinin artış gösterdiği tespit edilmiştir (Srivastava vd., 2005). Farklı mısır genotiplerinin kullanıldığı başka bir çalışmada da tuz uygulamalarının APOD aktivitesini 31K67 genotipte azaltırken, 32K61 adlı genotipte artırdığı rapor edilmiştir (Doğru, 2014). Domates genotipleri ile yapılan başka bir çalışmada, tuz tolerans seviyesi ile APOD aktivitesindeki artış arasında bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir (Mittova vd., 2002). Aynı şekilde citrus bitkisinde de tuz toleransı ile artan APOD aktivitesi arasında bir ilişki olduğu tahmin edilmektedir (Gueta-Dahan vd., 1997).

### 2.6.2.3. Katalaz (KAT)

Katalaz,  $H_2O_2$ 'yi oksijen ve suya parçalayan ve bitki hücrelerindeki peroksizomlarda bulunan antioksidant enzimlerden biridir (Jamei vd., 2009). Katalaz enziminin, hücreleri  $H_2O_2$ 'ye karşı savunma kapasitesi sınırlıdır (Feirabend ve Enger, 1986; Feirabend vd.,1992). Dat ve arkadaşları (2000) ise stres altındaki bitkilerde katalazın parçalanma hızının artması ve katalaz proteininin translasyonunun inhibe edilmesi nedeniyle bitki hücrelerindeki katalaz aktivitesinin azaldığını ifade etmiştir. Bunun dışında bitkilerde doku sıcaklığının artmasının ve azalmasının da katalaz enziminin inhibisyonuna yol açtığı rapor edilmiştir (Dat vd., 1998; Lopez-Dalgado vd., 1998).

### 2.6.2.4. Glutatyonredüktaz (GR)

Sitozol ve mitokondride bulunan glutatyon redüktaz bir flavo-protein oksiredüktaz enzim sınıfına girer. GR ökaryot canlılarda da prokaryot canlılarda da bulunmaktadır (Romero-Puertas vd., 2006). GR askorbat-glutatyon döngüsünde fonksiyon göstererek indirgenmiş glutatyon havuzunu besler ve AOT'lere karşı savaşıır (Creissen vd., 1994).

### 2.6.2.5. Guaiakolperoksidaz (GPOD)

GPOD, indol-3-asetik asidi ve  $H_2O_2$ 'yi parçalar, aynı zamanda lignin biyosentezinde de rol oynar. GPOD enzimi genellikle guaiakol ve pirogallol gibi aromatik yapılu elektron vericilerle etkileşime girer (Asada, 1999).

## 2.7. Kaynak Özetleri

### 2.7.1. Pamuk Bitkisi ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Baluch (1982), Nazilli yöresinde pamuk bitkisi üzerinde yaptığı çalışmalarda gelişme başlangıcından, sonuna dek, tüm yaprak örneğinde % 1.4 N, % 0.15 P, % 2.24 K, % 1.31 Ca değerlerini bulmuştur.

Retrieand Jackson (1984), N' lu gübrelemenin pamuk bitkisinde Fe, Zn, Cu ve Mn alımına etkisini incelemek için farklı dozlarda N uygulamaları yapmak suretiyle artan N dozlarına paralel olarak pamuk bitkisinin Fe, Zn, Cu ve Mn içeriklerinin de arttığını saptamışlardır.

Rehab vd., (1991) tarafından yapılan bir çalışmada pamuk bitkisinin lif kalitesi ve yapraktaki gübre konsantrasyonuna üre ve kompoze gübre (%22 N, %21 P, %17 K) kaynağının etkisini incelemiş, lif inceliği ve lif uzunluğu üzerine bu gübre kaynaklarının önemli bir etkide bulunmadığını, N ve P konsantrasyonları artan gübre dozlarına paralel olarak artış gösterdiğini, yapraktan uygulanan kompoze gübrelerin ise bitki yaprağındaki Fe, Zn, Cu ve Mn düzeylerinde bir artışa neden olduğu bildirilmiştir.

Kuru şartlarda, pamuk bitkisinde farklı N dozlarında Ca ve Mg birikimi incelenmiş, artan N dozlarına paralel olarak pamuk bitkisinde yaprak, gövde ve dallarda Ca ve Mg birikiminin arttığı saptamıştır (Mullins ve Burmester, 1992).

Hakerlerler ve İlgez (1992), değişik seviyelerde (0-5-10-15-20 kg N da<sup>-1</sup>) pamuk bitkisine uygulanan N'lu gübrenin verim ve kimi fiziksel ve kimyasal kalite öğelerine etkisini belirlemek amacı ile yapmış oldukları araştırmada, N' lu gübrenin uygulanması pamuk kütlü verimine istatistiki olarak % 1 seviyede önemli olarak etkilemiş ve en yüksek verim (476.2 kg da<sup>-1</sup>) miktarı ile 15 kg N da<sup>-1</sup> uygulanan seviyeden elde edilmiştir.



Çinko noksanlığında pamuk bitkisinde boğum aralarının kısaldığı, orta yaprakların damarları arasında klorozun oluştuğu ve sonrasında yaprak damarları arasındaki lekelerin kırmızıya dönüştüğü, uzayan palizat hücreleri nedeni ile sağlıklı yapraklara oranla daha kalın olmaktadır (Barber, 1995).

Ege Bölgesindeki pamuk alanlarından alınan 34 adet toprak örneğinde yapılan analiz sonuçlarına göre; yörede Zn noksanlığı sorunu olduğu, toprakların % 5.9'unun Zn kapsamının eksik, % 79.4'ünün ise düşük olduğu, toprakların Mn, Cu ve Fe kapsamının kritik değerinin altında olmadığı belirlenmiştir (Üner vd., 1994).

### **2.7.2. Tuz Stresi ile İlgili Yapılan Çalışmalar**

Çevresel etkenlerden biri olan tuzluluk, hem dünyamızda hem de ülkemizde verimli tarım alanlarını artan insan nüfusuyla tehlikeye atarak besin üretimini önemli ölçüde sınırlandırmaktadır.

Toprakta biriken tuzlar toprağın kimyasal ve fiziksel özelliklerini olumsuz etkiler ve bitki büyümesini negatif etkiler. Beslenen bitkinin verimindeki azalmalar, bitkinin tuz direncine ve toprak çözeltisinin konsantrasyonuna bağlıdır. Çalışma sonuçlarına göre, sulama suyu tuzluluğu hemen hemen tüm bitkilerde kalite ve verim üzerinde azalan bir etkiye sahiptir. Sorunlu toprakların iyileştirilmesi ve kök bölgesindeki çözünür tuzların yıkanması, bitkilere zararlı olmayan seviyelere indirilmesi ve topraktan çıkarılması gerekir. Sebze bitkileri tarla bitkilerinden daha fazla tuza karşı daha hassasiyet göstermesine karşın, sebze bitkilerinden biri olan domates, tuz toleransına, bitkinin büyüme aşamasında ki değişime, toprak ve iklim şartlarına dayalı genel olarak orta derecede hassasiyet gösterir (Ekmekçi vd., 2005).

Özellikle sebzelerde tuz stresi altında bitkilerin PGPR uygulaması ile ilgili araştırmalar dünyada ve ülkemizde sınırlıdır. Aşağıda bazı vaka çalışmaları bulunmaktadır.

Mayak ve ark. (2004), tuzlu ve kurak ortamlarda uyguladıkları çalışmada, bakterilerin biber ve domateslere dayanıklılık gösterip göstermediğini test etmişlerdir. ACC deaminaz faaliyeti olan *Achromo bacter piechaudii* ARV8 izolatu, biber ve domates bitkilerinin tuz stresine dirençli olduğu, kuru ve taze ağırlığın büyük oranda arttığı saptanmıştır. Bunun yanında, biber ve domates

fidanları geçici su stresi ile karşı karşıya kalırlar. Su stresini nispeten etkilemese de, bakterilerle aşılınmış domates fidelerinde etilen içeriğinin azaldığı bulunmuştur. Domates bitkilerinin bakterilerle aşılınması ile bitki büyümesinin hem su stresinde hem de sulamadan sonra devam ettiği gözlenmiştir. Buna dayanarak, *A. piechaudii* ARV8 gibi bitki teşvik eden bakterilerin kullanımı kurak ortamlarda bitki büyümesini kolaylaştırmak için önemli olabilir.

Ünlükara vd. (2006) daha az verim kaybı ile daha nitelikli ürünler sağlamak için seralarda gerekli yönetim kararlarını vermede yardımcı olmak için farklı çevre koşullarında ve tuzluluk araştırmalarının sonuçlarında saptanmıştır. Tuzluluk sorunları, sera yetiştiriciliğinde düşük kaliteli su kullanımı ve topraksız tarım tekniğinde besin çözeltilisinin dönüştürülmesi sonucunda ortaya çıkmaktadır. Tuzluluk ise belirli bir seviyeden sonra verimde azalmaya yol açmakta ve iyi kontrol edilmediği takdirde sürdürülebilir tarımı engellemektedir. Çalışmalar, bitkilerin tuzluluğa karşı reaksiyonlarının farklı çevresel koşullar altında farklı olduğunu göstermiştir.

Rizosfer bölgesinde, mikroorganizmalar, bitkiler ve toprak arasında çok önemli bağlar vardır. Bu etkileşimler olumsuz veya olumlu olabilir. Kuraklık ve tuzluluk koşullarında domateslerde düşük kalsiyum bulunması halinde çiçek çürüğü hastalığı ortaya çıkabilir. *Pseudomonas* ile yapılan bir çalışmada LSW25R bakteriyel izolatlar köklere inoküle edildi, domates büyümesinin ve çiçek burn çürümesinin büyüme üzerindeki etkisi belirlendi ve bu bakteri büyümeyi uyardı ve kalsiyum alımını arttırdı. Araştırmacılar, sonucun bitkinin yaşı ve kuru ağırlığında bir artış olduğunu ve aynı zamanda bu bakterilerin domateslerdeki burnun çürümesini azalttığını bulmuşlardır (Lee vd., 2010). Yüksek miktarda çözünür tuz içeren toprak ve sulama suyunun kullanımı, dünyanın yarı kurak bölgelerinde bitki üretimini sınırlayan önemli faktörlerden biridir. Tuz tolerans mekanizmaları ile ilgili fizyolojik kavramların yetiştiricilikte önemli olduğu bulunmuştur. Bitkiler, kök bakterileri ve mikorizal mantarlar gibi topraktaki mikroorganizmalarla etkileşime girer. Bu mikroorganizmalar, bitkide tuzluluk stresine karşı bir pramid stratejisi uygulayarak yeni alternatifler sunar. Bitki fizyolojisi, besin ve su alımı, bitki büyüme ve gelişme, bitki hormonal durumu ve metabolizma değişiklikleri etkileri bir dizi sağlar. Bu tür biyogazların tuzlu topraklarda kullanılması, toprağın iyileştirilmesi ve tuz stresine karşı bitki toleransının artırılması için önemli ve umut verici bir alternatif olarak görülmüştür (Dodd ve Alfocea, 2012). Dünyada ve ülkemizde stres faktörleri üretimi azaltılmıştır. Stres şartlarıyla mücadele için

geleneksel üreme yöntemleri, biyoteknolojik yaklaşımların kullanımı, moleküler belirteçler ve transgenik teknolojiler ve dirençli türlerin, çeşitlerin veya genotiplerin geliştirilmesi, bitki üretiminden etkili çözümler arasındadır. Bununla birlikte, bu yöntemler genellikle pahalı, zaman alıcı ve oldukça karmaşıktır. Son zamanlarda, stres koşulları altında yetiştirilen tolere edici bitkilerde bitki büyümesini teşvik eden bakterilerin kullanımı bilim adamları tarafından araştırılmıştır.

Gelecekteki araştırmalarda, tuzluluk, kuraklık, düşük ve yüksek kalsiyum ve sebze ürünlerinde düşük sıcaklık gibi olumsuz stres etkenlerine maruz kalan bitkiler üzerinde araştırma yapmak gereklidir (Maheshwari, 2011).

PGPR'nin biyotik stres faktörlerine etkileri üzerine birçok çalışma yapılmış olsa da, PGPR'nin abiyotik stres faktörlerinin olumsuz etkilerine karşı etkinliği üzerine pek çok çalışma bulunmamaktadır. Dünyada ve ülkemizde bilinçsizce yapılan sulama ve gübrelemede giderek daha ciddi bir sorun haline gelen tuzluluk sorununa karşı mücadelenin önemi her geçen gün artmaktadır. Bu bağlamda abiyotik stres faktörlerinde PGPR'İN önemli bir alternatif olabileceğine inanıyoruz. Bu çalışmada, farklı domates çeşitleri ve bakteriyel izolatların tuz stresine karşı etkinliğini araştırmayı amaçlanmıştır.

Takemura vd. (2000) bir mangrov olan *Bruguiera gymnorrhiza*'nın odunsu dokusunda yüksek düzeyde sodyum bulunduğunu tespit etmişler ve artan süperoksit dismutaz etkinliklerine (SOD) dikkat çekerek bu türlerde tuz yığılımı ve düzenleme etkinlikleri olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca *Avicennia marina*'da ise, peroksidaz ve asit fosfataz etkinlikleri tuzluluk ile uyarılırken, SOD ve ATPaz etkinliklerinin tuzluluk sonucunda azalması (Cherian vd., 1996), mangrovlardaki diferansiyel (ayırıcı) tuzkaynaklı düzenleme stratejilerinin varlığını desteklemektedir.

Dionisio-Sese ve Tobita, (1998), tuz stresine farklı düzeylerde tolerans gösteren dört çeltik (*O. sativa* L.) çeşidi tuz stresli koşullarda yetiştirmişlerdir. Yüksek NaCl'li derişimlerde Pokkali çeşidi dışındakilerde büyüme oranları önemli düzeylerde azalmıştır. Tuza tolerant olmayan çeşitler (Hitomebore ve R28) yüksek tuz derişimli ortamlarda yetiştirildiğinde SOD aktivitelerinde azalmalar olmuşken peroksidaz (POD) aktivitelerinde artışlar bulunmuştur. Tuz tolerant olmayan bu iki türde yüksek Na<sup>+</sup> akümülyasyonunun yanında lipid peroksidasyonunda da artışlar

olmuştur. Deney sonuçlarına göre tuza tolerant çeşitler antioksidan enzimlerin spesifik aktivitelerini koruyarak radikal üretimine karşı bir savunma oluşturdukları sonucuna varılmıştır.



### 3.MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Bitki Materyali

Çalışmada test bitkisi olarak pamuk (*Gossypium hirsutum* cv. Gloria) tercih edilmiştir. Bunun nedeni; pamuğun tuz stresine “görece tolerant” bir bitki olması ve Aydın tarımındaki önemidir. Buna ek olarak pamuk bitkisi göreceli olarak kısa sürede yetişmektedir ve yaprak-sap yapısı özellikle fotosentetik ölçüm cihazının kullanımına uygundur.

#### 3.2. Yetiştirme Ortamı

Yetiştirme ortamı olarak kuvars kumu kullanılmıştır. Bitkiler hacmi 200 ml olan plastik bardaklarda ve sera ortamında yetiştirilmişlerdir.



Şekil: 3.1.Yetiştirme Ortamı

#### 3.3. Deneme Planı

Deneme tesedüf parselleri deneme deseninde kurulmuştur. Çalışmada tuzluluk stresine (250 mM NaCl) maruz bırakılan pamuk (cv. Gloria) bitkisine, 3 farklı Zn dozu ( $0.1 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $5 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $10 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulanmıştır. NaCl (Sigma-1002378697) ile sağlanan 250 mM uygulaması pamuk fidelerini strese sokmak için yeterlidir (Basal vd., 2006). Deneme 6 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her tekerrür her birinde 1 adet pamuk bitkisi bulunan 6 saksıdan oluşmuştur. Temel gübreleme Zn

eklenmemiş ve yarı yarıya seyreltilmiş Hoagland (Sigma-H2395) çözeltisi ile yapılmıştır. Çinko dozlarını ( $0.1 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $5 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $10 \text{ mg L}^{-1}$ ) ayarlayabilmek amacıyla; hazırlanmış olan yarı yarıya seyreltik Hoagland çözeltisine  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (Merck-1088830500)'dan uygun miktarlarda eklemeler yapılmıştır.



Şekil 3.2. Deneme saksılarının genel görünümü

### 3.4. Fizyolojik Parametreler

#### 3.4.1. Yaprak oransal su içeriğinin belirlenmesi

Yaprak dokularında su durumunun ortaya konulabilmesi amacı ile yaprak oransal su içeriği (YOSİ) aşağıdaki eşitliğe dayanarak hesaplanmıştır (Bacelar vd., 2004). YOSİ değerinin 100'den çıkarılmasıyla elde edilen değer, yaprağın su noksanlığını vermektedir.

$$\text{YOSİ} = 100 (W_f - W_d) / (W_s - W_d)$$

Analiz için deneme sonunda (03.10.2019 tarihinde) olgun yapraklardan 13:00-14:00 saatleri arasında örnekleme yapılmıştır.

**W<sub>f</sub>**: Yaprak yaş ağırlığı (g), **W<sub>s</sub>**: Yaprak sature ağırlığı (g) ,**W<sub>d</sub>**: Yaprak kuru ağırlığı (g)

Alınan yaprak örnekleri zaman kaybetmeden taze olarak hassas terazi ile tartılmış (Wf), daha sonra çeşme suyundan geçirilerek 48 saat süre ile 4 °C'de saf su içinde bekletilerek sature edilmiştir. Saturasyon işleminden sonra ikinci kez tartılan yaprakların sature ağırlıkları (Ws) belirlenmiştir. Daha sonra sature yapraklar 70 °C sabit ısıya ayarlanmış etüvde 24 saat kurutularak kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Elde edilen tartım sonuçları ile yukarıda verilen formüle göre hesaplamalar yapılmıştır.

### 3.4.2. Yaprak Kuru Madde Oranı

Deneme sonunda (04.10.2019 tarihinde) alınan yaprak örneklerinde kuru madde oranı (%) aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir.

Kuru madde (%) = yaprağın kuru ağırlığı / yaş ağırlığı x100

### 3.4.3. Yaprak SPAD Okuması

Yaprak klorofil içeriği deneme sonunda(03.10.2019 tarihinde)Minolta SPAD-502Plus marka klorofilmetrecihazı ile belirlenmiştir.

### 3.4.4. Sukkulent İndeks ölçümü

Birim yaprak alanındaki sukkulentleşme (Sİ=Sukkulent indeks), özellikle tuz stresi altındaki bitkilerde görülen bir savunma mekanizması olmakla birlikte, kuraklık stresinde de stres düzeyinin savunma mekanizmalarının göstergesi olarak kullanılan etkili bir göstergedir. Denemede birim alandaki Sİ şu eşitliğe dayanılarak hesaplanır.

$Sİ (%) = \frac{Wf - Wd}{\text{Birim yaprak alanı}} \times 100$

**Wf:** Yaprak yaş ağırlığı (g), **Wd:** Yaprak kuru ağırlığı (g)

Deneme sonunda (03.10.2019 tarihinde) alınan yaprak örneklerinden 10 adet disk taze olarak tartılıp (Wf) kaydedildikten sonra, etüvde 70°C'de 24 saat kurutulmuş, tekrar tartılmış (Wd) ve yukarıda verilen formül ile hesaplanmıştır. Sonuç % olarak verilmiştir.

### 3.4.5. Bitki boy ölçümü

Deneme sonunda (03.10.2019 tarihinde) bitkilerin boyu cetvel yardımıyla ölçülmüştür.



Şekil 3.3. Bitki boy ölçümleri

### 3.4.6. Uygulanan Sulama Suyu Planı

Deneme süresince saksılara verilen sulama suyu miktarları aşağıda verilmiştir (Çizelge 3.1.).

Çizelge 3.1.Bitkilerin sulama planı

Sulama Tarihi	Uygulama İçeriği	Miktar (ml)
31.07.2019	%25 Hoagland	25
02.08.2019	%25 Hoagland	25
05.08.2019	Saf Su	25
07.08.2019	%25 Hoagland	25
09.08.2019	%25 Hoagland(25 ml) + Saf Su(25 ml )	50
11.08.2019	%25 Hoagland	25



Sulama Tarihi	Uygulama İçeriği	Miktar (ml)
13.08.2019	%25 Hoagland	25
15.08.2019	Saf Su	50
18.08.2019	Saf Su	50
22.08.2019	Saf Su	50
26.08.2019	Saf Su	25
28.08.2019	%25 Hoagland +5 dsm <sup>-1</sup> (NaCl)	50
30.08.2019	%25 Hoagland +5 dsm <sup>-1</sup> (NaCl)	50
31.08.2019	Saf Su	50
02.09.2019	%25 Hoagland +5 dsm <sup>-1</sup> (NaCl)	50
04.09.2019	%25 Hoagland+5 dsm <sup>-1</sup> (NaCl)	50
06.09.2019	%25 Hoagland+5 dsm <sup>-1</sup> (NaCl)	50
09.09.2019	%50 Hoagland+5 dsm <sup>-1</sup> (NaCl)+Zn Dozları	50
11.09.2019	%50 Hoagland +5 dsm <sup>-1</sup> (NaCl)	50
13.09.2019	%50 Hoagland +Zn Dozları	100
16.09.2019	%50 Hoagland+7.5 dsm <sup>-1</sup> (NaCl)+Zn Dozları	100
18.09.2019	%50 Hoagland7.5 dsm <sup>-1</sup> (NaCl)+Zn Dozları	50
20.09.2019	%50 Hoagland +7.5 dsm <sup>-1</sup> (NaCl)+Zn Dozları	100
23.09.2019	%50 Hoagland +7.5 dsm <sup>-1</sup> (NaCl)+Zn Dozları	80
25.09.2019	%50 Hoagland+10 dsm <sup>-1</sup> (NaCl)+Zn Dozları	100
27.09.2019	%50 Hoagland +10 dsm <sup>-1</sup> (NaCl)+Zn Dozları	100
30.09.2019	%50 Hoagland+15 dsm <sup>-1</sup> (NaCl)+Zn Dozları	100
02.10.2019	%50 Hoagland+15 dsm <sup>-1</sup> (NaCl)+Zn Dozları	100

### 3.4.7. Drenaj Suyu EC Ölçümleri

Deneme süresince saksılardan elde edilen drenaj sularında yapılan elektiriksel geçirgenlik (EC) ölçümleri aşağıda verilmiştir (izelge 3.2.).

Çizelge 3.2. Drenaj Suyu EC Ölçüm Değerleri

Ölçüm Tarihleri	Zn-1 Uygulama ( $\text{dsm}^{-1}$ )	Zn-2 Uygulama ( $\text{dSm}^{-1}$ )	Zn-3 Uygulama ( $\text{dSm}^{-1}$ )	Zn-4 Uygulama ( $\text{dSm}^{-1}$ )
28.08.2019	3.93	4.24	1.60	2.30
30.08.2019	6.91	6.83	8.13	5.34
31.08.2019	8.61	8.6	8.82	8.52
02.09.2019	6.35	6.81	7.13	6.97
04.09.2019	6.89	7.58	7.78	7.79
06.09.2019	11.42	11.55	12.22	12.40
09.09.2019	13.28	12.77	13.53	14.55
11.09.2019	22.20	20.35	20.49	20.5
13.09.2019	10.89	10.84	10.87	10.72
16.09.2019	9.61	9.54	9.59	9.41
18.09.2019	13.61	13.62	13.61	13.22
20.09.2019	12.31	12.52	12.41	12.39
23.09.2019	14.45	13.73	14.09	13.15
25.09.2019	14.23	14.28	14.25	13.85
27.09.2019	14.91	14.28	14.59	13.96
30.09.2019	19.43	19.44	19.43	17.10
02.10.2019	23.15	22.45	22.80	21.72

#### 3.4.8. Yaprak Gaz Alışverişi Parametreleri

Yaprak gaz alışverişi parametreleri, LI-COR Marka LI-6400XTR Model Fotosentez Ölçüm Cihazı ile belirlenmiştir. Ölçümler deneme sonunda her uygulamaya ait 3 adet bitkide 04-05 Ekim 2019 tarihlerinde 10.00–12.00 saatleri arasında yapılmıştır. Bu kapsamda; fotosentetik aktivite, stoma iletkenliği, hücreler arası  $\text{CO}_2$  geçişi, yaprak transpirasyonu,  $\text{C}_i/\text{C}_a$  fotosistem II etkinliği belirlenmiştir.



Şekil 3.4. LI-COR / LI-6400XTR fotosentez ölçüm cihazı

### 3.5. Kimyasal Analizler

#### 3.5.1.Yaprak Zn İçeriğinin Belirlenmesi

Yaprak Zn içeriği, nitrik-perklorik asit ( $\text{HNO}_3/\text{HClO}_4$ ) (4/1, v/v) karışımında yakılarak analize hazır hale getirilmiş kurutulmuş yaprak örneklerinden elde edilen ekstraktlarda belirlenmiştir. Okuma Perkin Elmer AAnalyst 400 atomik absorpsiyon spektro fotometresinde yapılmış ve sonuçlar  $\text{mg kg}^{-1}$  olarak verilmiştir (Lindsay ve Norvell, 1978).

## 4. BULGULAR

Çalışmadan elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1. ve Çizelge 4.2. 'de görülmektedir.

Çizelge 4.1. Farklı düzeylerdeki Zn uygulamalarının pamuk bitkisinde çeşitli fizyolojik parametrelere ve yaprak Zn içeriğine etkisi

Zn Uygulama Dozları (mg l <sup>-1</sup> )	Yaprak Kuru Maddesi (%)	Bitki Boyu (cm)	Klorofilmetre Okuması (Minolta SPAD-502 Plus)	Yaprak Oransal Su İçeriği (YOSİ)	Sukulent İndeks Ölçümü (%)	Yaprak Zn İçeriği (mg kg <sup>-1</sup> )
0.1	*18.97	27.39	35.13	74.70	4.16	17.89
5.0	16.80	25.70	32.42	75.18	4.15	43.65
10.0	17.65	25.22	31.14	76.35	4.28	49.60

\*Her değer 6 tekrerrün ortalamasıdır.

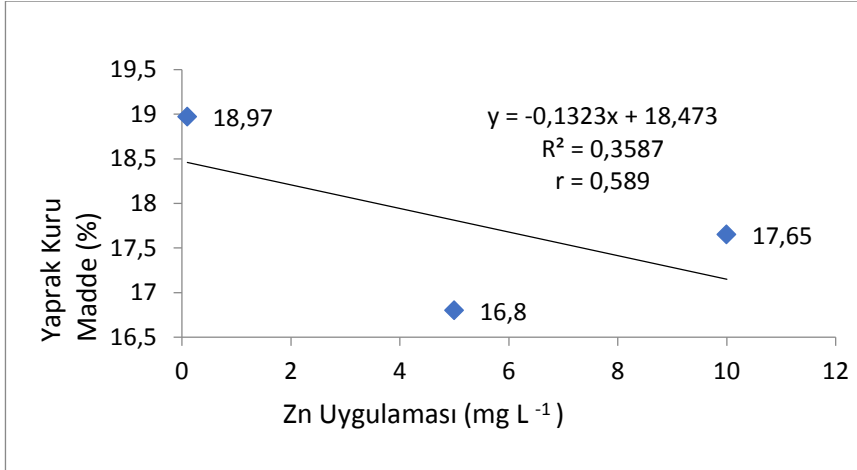
Çizelge 4.2. Farklı düzeylerdeki Zn uygulamalarının pamuk bitkisinde yaprak gaz alışverişi parametrelerine olan etkisi

Zn Uygulama Dozları (mg l <sup>-1</sup> )	Fotosentetik Aktivite	Stoma İletkenliği (Cond.)	Hücrelerarası CO <sub>2</sub> Geçişi (Ci)	Transpirasyon Oranı	Ci/Ca	Fotosistem-II Etkinliği
0.1	*7.19	0.06	170.3	1.22	0.43	0.25
5.0	7.21	0.05	170.8	1.28	0.38	0.25
10.0	9.42	0.07	165.0	1.30	0.35	0.26

\*Her değer 3 tekrerrün ortalamasıdır.

### 4.1. Yaprak Kuru Madde Oranı

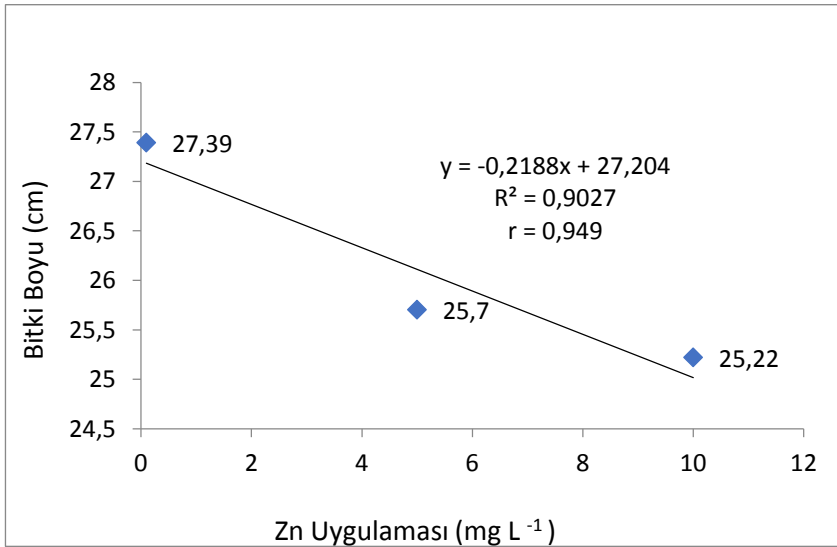
Tuz stresi altındaki pamuk bitkisine yapılan Znuygulaması; en düşük dozla (0.1mg L<sup>-1</sup>) karşılaştırıldığında deneme bitkilerinin kuru madde oranında önce bir azalmaya (5.0 mg L<sup>-1</sup>) daha sonra ise bir artışa (10 mg L<sup>-1</sup>) neden olmuştur. Bununla beraber bu değişim istatistiksel olarak güçlü bulunmamıştır (r=0.598) (Şekil 4.1.).



Şekil 4.1.Çinko dozlarının yaprak kuru madde oranına etkisi

#### 4.2.Bitki Boy Ölçümleri

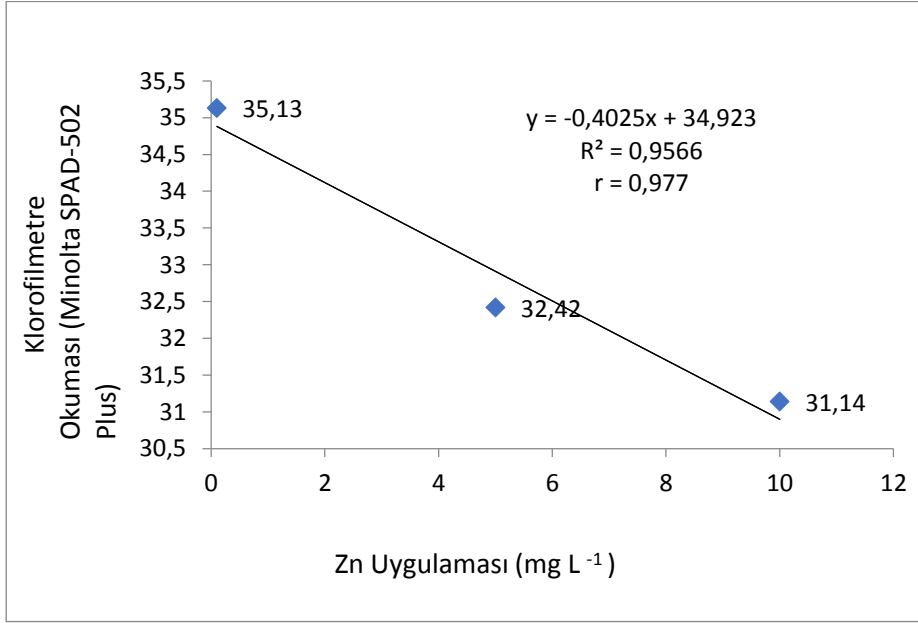
Tuz stresi altındaki pamuk bitkisine uygulanan artan Zn dozları deneme bitkilerinin ortalama boylarını doğrusal olarak azaltmıştır. Bu anlamda söz konusu parametreler arasında çok kuvvetli bir istatistiksel ilişkinin olduğu belirlenmiştir ( $r=0.949$ )(Şekil 4.2.).



Şekil 4.2.Çinko dozlarının bitki boy ölçümüne etkisi

### 4.3. Klorofil SPAD Okuması

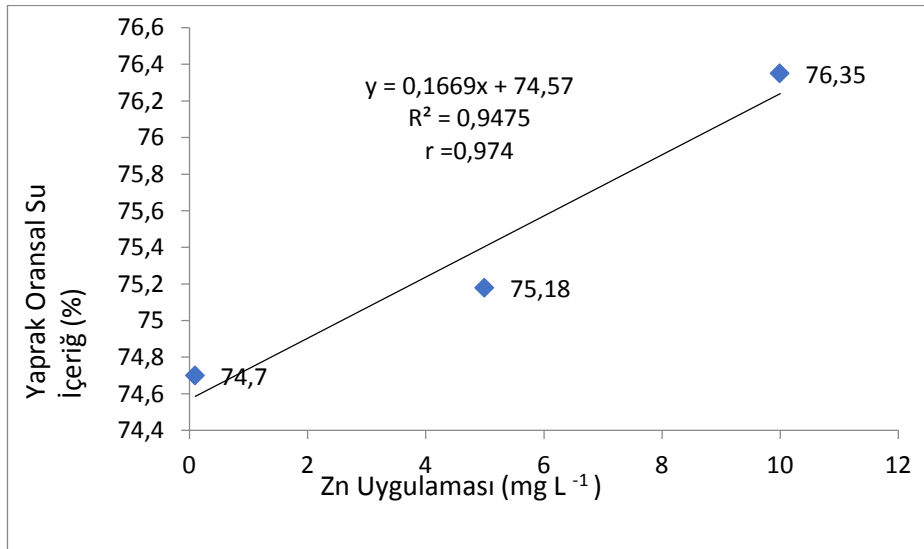
Tuz stresi altındaki pamuk bitkisine uygulanan artan Zn dozları deneme bitkilerinde SPAD okuma değerini doğrusal olarak azaltmıştır. Bu anlamda söz konusu parametreler arasında çok kuvvetli bir istatistiksel ilişkinin olduğu belirlenmiştir ( $r=0.977$ ) (Şekil 4.3.).



Şekil 4.3. Çinko dozlarının SPAD okumasına etkisi

#### 4.4. Yaprak Oransal Su içeriği

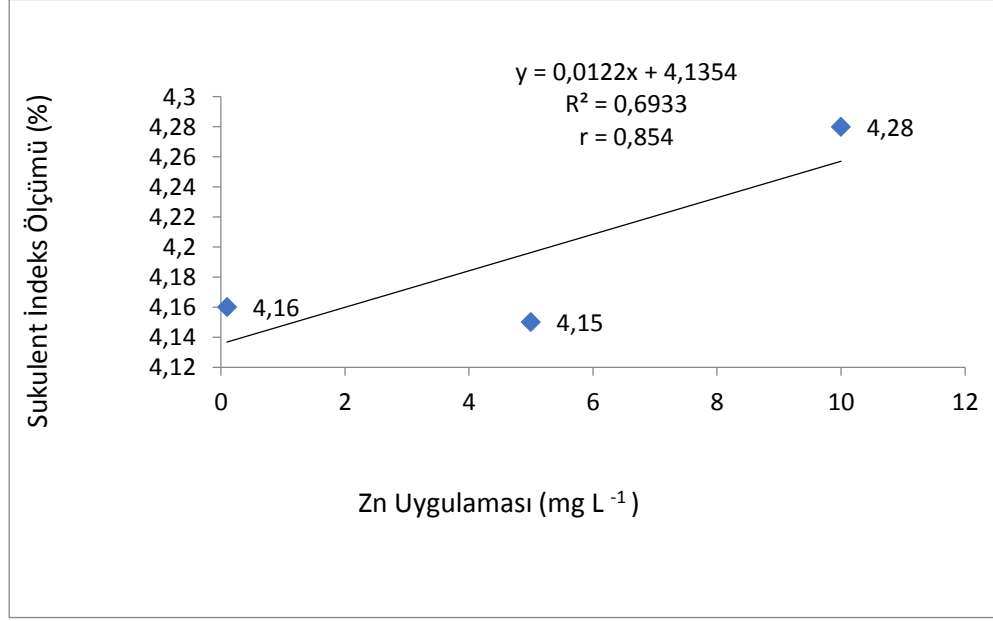
Tuz stresi altındaki pamuk bitkisine uygulanan artan Zn dozları deneme bitkilerinin yapraklarındaki oransal su içeriğini doğrusal olarak arttırmıştır. Bu anlamda söz konusu parametreler arasında çok kuvvetli bir istatistiksel ilişkinin olduğu belirlenmiştir ( $r=0.974$ ) (Şekil 4.4.).



Şekil 4.4.Çinko dozlarının yaprak oransal su içeriğine etkisi

#### 4.5. Sukkulent İndeks Ölçümü

Tuz stresi altındaki pamuk bitkisine uygulanan artan Zn dozları deneme bitkilerinde sukculens indeks ölçümünü doğrusal olarak arttırmıştır. Bu anlamda söz konusu parametreler arasında kuvvetli bir istatistiksel ilişkinin olduğu belirlenmiştir ( $r=0.854$ ) (Şekil 4.5.).

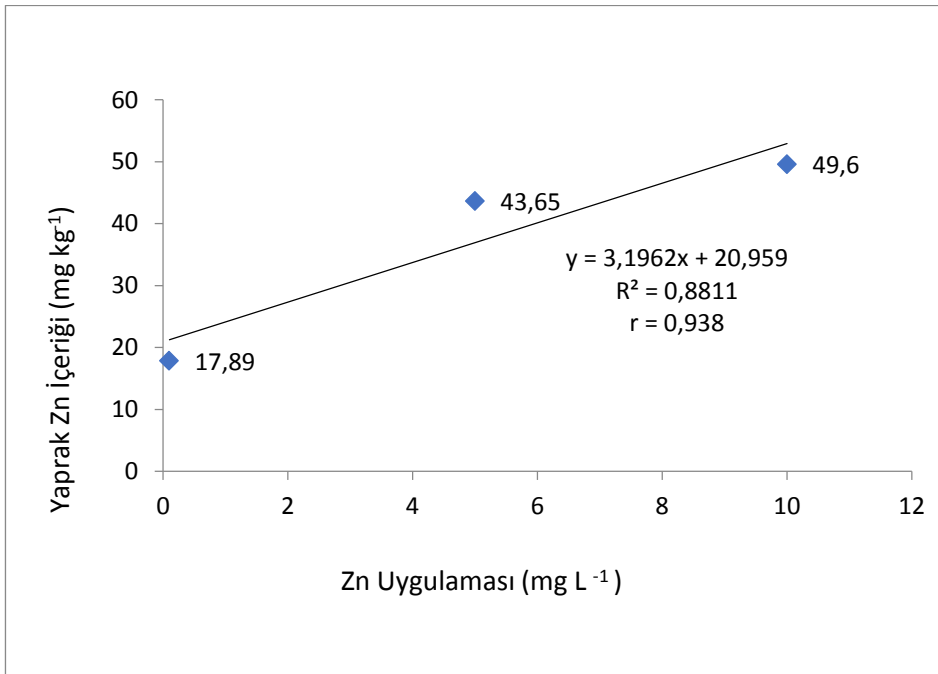


Şekil 4.5.Çinko dozlarının sukculens indeks ölçümüne etkisi



#### 4.6. Yaprak Zn İçeriği

Tuz stresi altındaki pamuk bitkisine uygulanan artan Zn dozları deneme bitkilerinde yaprak Zn içeriğini doğrusal olarak arttırmıştır. Bu anlamda söz konusu parametreler arasında çok kuvvetli bir istatistiksel ilişkinin olduğu belirlenmiştir ( $r=0.938$ ) (şekil 4.6.).

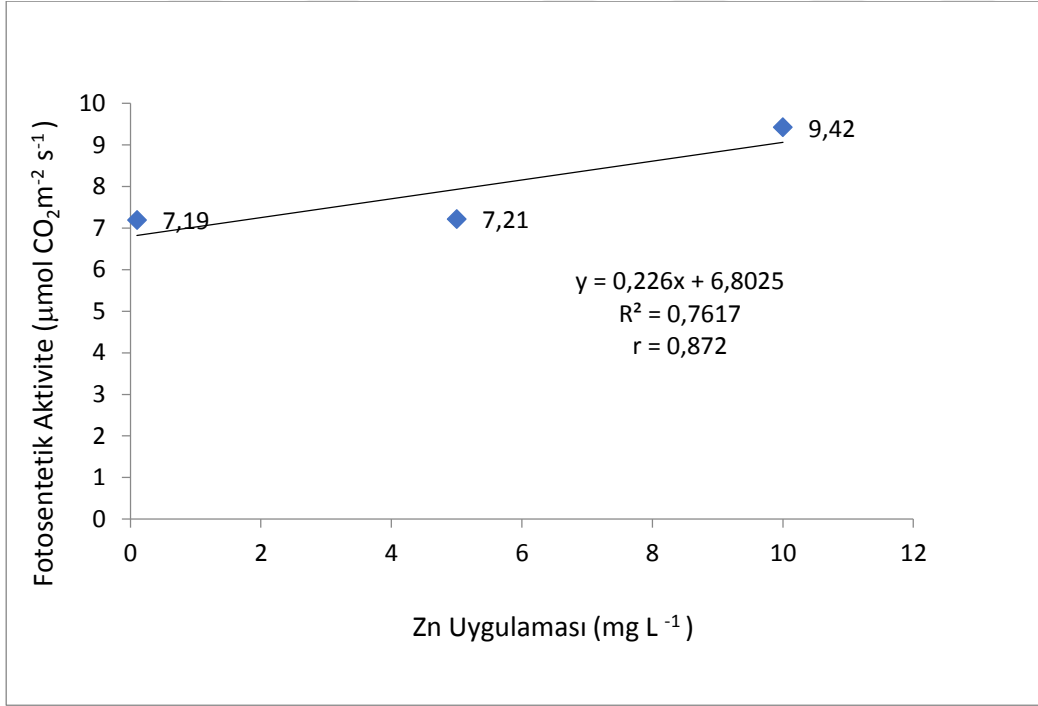


şekil 4.6.Çinko dozlarının yaprak Zn içeriğine etkisi

## 4.7.Yaprak Gaz Alış Veriş Parametreleri

### 4.7.1. Fotosentetik Aktivite

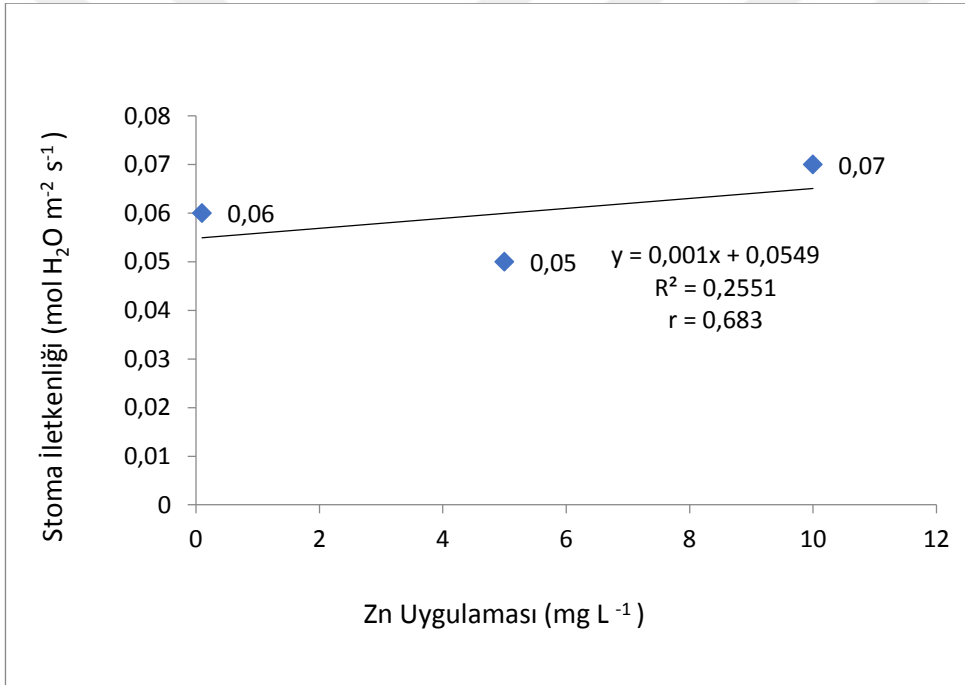
Tuz stresi altındaki pamuk bitkisine uygulanan artan Zn dozları deneme bitkilerinin yapraklarındaki fotosentetik aktiviteyi doğrusal olarak arttırmıştır. Bu anlamda söz konusu parametreler arasında kuvvetli bir istatistiksel ilişkinin olduğu belirlenmiştir ( $r=0.872$ ) (Şekil 4.7.).



Şekil 4.7. Çinkonun fotosentetik aktiviteye etkisi

#### 4.7.2.Stoma iletkenliği

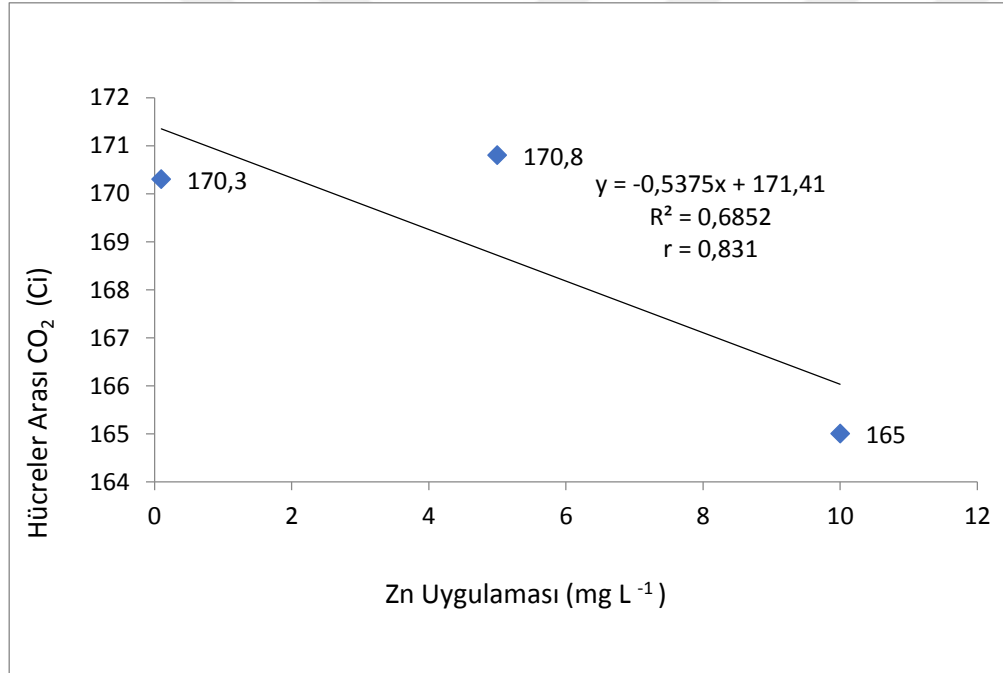
Tuz stresi altındaki pamuk bitkisine yapılan Zn uygulaması; en düşük dozla ( $0.1 \text{ mg L}^{-1}$ ) karşılaştırıldığında deneme bitkilerinin yapraklarındaki stoma iletkenliğinde önce bir azalmaya ( $5.0 \text{ mg L}^{-1}$ ) daha sonra ise bir artışa ( $10 \text{ mg L}^{-1}$ ) neden olmuştur. Bununla beraber bu değişim istatistiksel olarak güçlü bulunmamıştır ( $r=0.683$ ) (Şekil 4.8.).



Şekil 4.8.Çinkonun stoma iletkenliğine etkisi

### 4.7.3. Hücrelerarası Karbondioksit (Ci) Geçişi

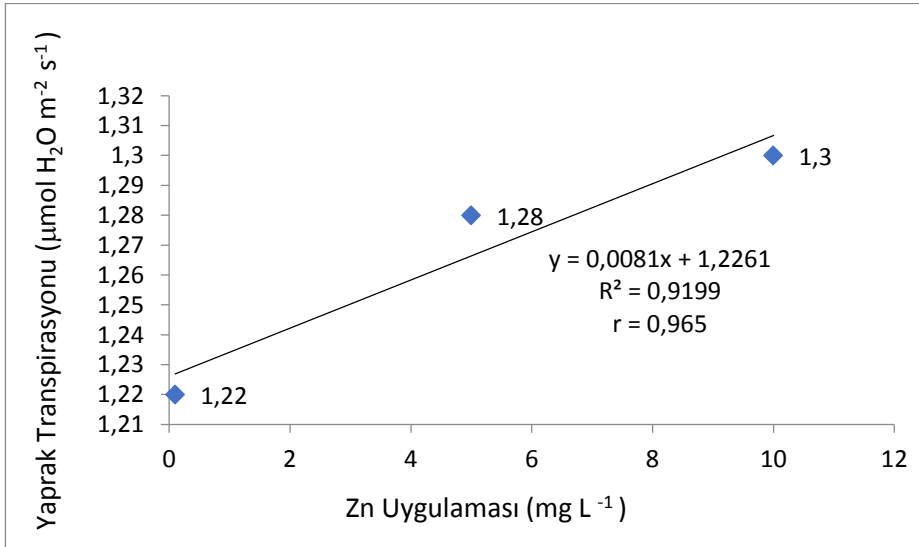
Tuz stresi altındaki pamuk bitkisine uygulanan artan Zn dozları; ilk uygulama dozuyla karşılaştırıldığında ( $0.1 \text{ mg L}^{-1}$ ) deneme bitkilerinin yapraklarındaki içsel karbondioksit düzeyini 2. uygulama dozunda ( $5.0 \text{ mg L}^{-1}$ ) arttırmış, son uygulama dozunda ( $10 \text{ mg L}^{-1}$ ) ise güçlü bir şekilde azaltmıştır. Bu anlamda söz konusu parametreler arasında kuvvetli bir istatistiksel ilişkinin olduğu belirlenmiştir ( $r=0.831$ ) (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Çinkonun hücreler arası karbondioksit geçişine etkisi

#### 4.7.4. Yaprak Transpirasyonu

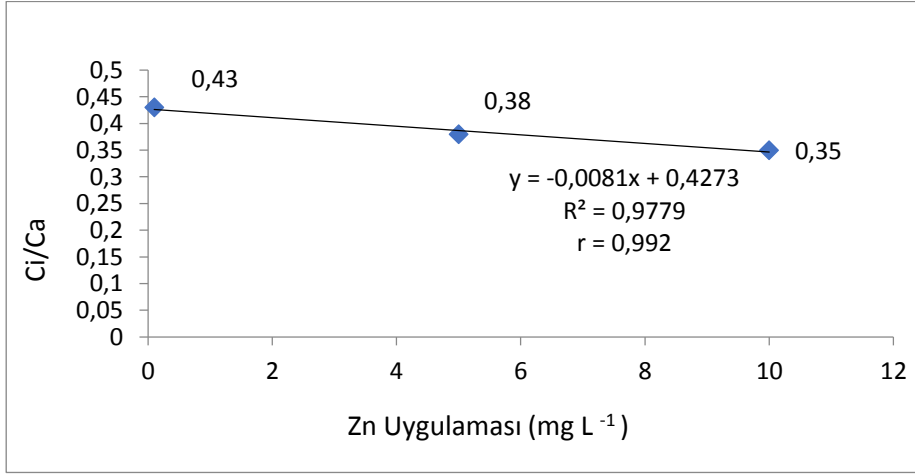
Tuz stresi altındaki pamuk bitkisine uygulanan artan Zn dozları deneme bitkilerinde yaprak transpirasyonunu doğrusal olarak arttırmıştır. Bu anlamda söz konusu parametreler arasında çok kuvvetli bir istatistiksel ilişkinin olduğu belirlenmiştir ( $r=0.965$ ) (Şekil 4.10.).



Şekil 4.10.Çinkonun yaprak transpirasyonuna etkisi

#### 4.7.5. İçsel Karbondioksitin Dışsal Karbondioksite (Ci/Ca) Oranı

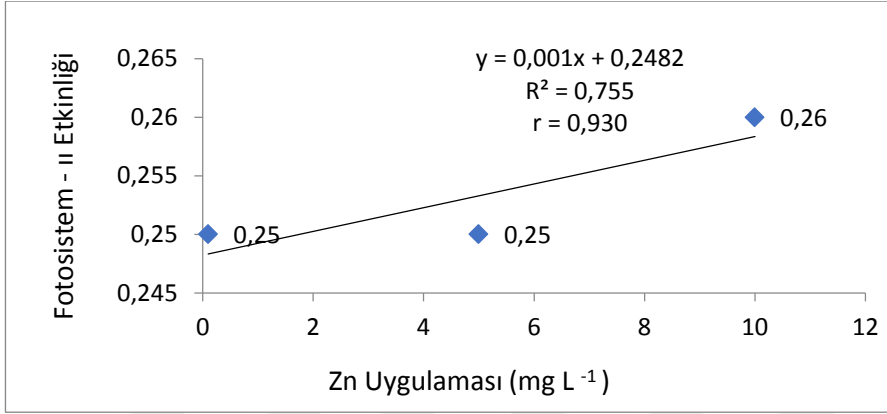
Tuz stresi altındaki pamuk bitkisine uygulanan artan Zn dozlarına bağlı olarak yapraklardaki Ci/Ca doğrusal olarak azaltmıştır. Bu anlamda söz konusu parametreler arasında çok kuvvetli bir istatistiksel ilişkinin olduğu belirlenmiştir ( $r=0.992$ ) (Şekil 4.11.).



Şekil 4.11.ÇinkonunCi/Ca değerine etkisi

#### 4.7.6. Fotosistem II Etkinliği (phips II)

Tuz stresi altındaki pamuk bitkisine uygulanan artan Zn dozlarına bağlı olarak deneme bitkilerindeki fotosistem II etkinliği doğrusal olarak artmıştır. Bu anlamda söz konusu parametreler arasında çok kuvvetli bir istatistiksel ilişkinin olduğu belirlenmiştir ( $r=0.930$ ) (Şekil 4.12.).



Şekil 4.12. Çinkonun phips II değerine etkisi

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Tuz stresi altındaki pamuk bitkisine uygulanan artan dozlardaki Zn, bitkilerin yapraklarındaki alınabilir Zn konsantrasyonunu doğrusal olarak arttırmıştır (Şekil 4.6.). İlk dozda ( $0.1 \text{ mg L}^{-1} \text{ Zn}$ ) ortalama  $17.89 \text{ mg L}^{-1}$  düzeyinde olan yaprak Zn konsantrasyonu,  $5.0 \text{ mg L}^{-1}$  ve  $10.0 \text{ mg L}^{-1}$  Zn uygulamalarında sırasıyla ortalama  $43.65 \text{ mg kg}^{-1}$  ve  $49.60 \text{ mg kg}^{-1}$  Zn düzeylerine ulaşmıştır. Bu açıdan sözkonusu parametreler arasında çok kuvvetli bir ilişki bulunmaktadır (Şekil 4.6.). Bu bulgu deneme bitkilerine yapılan Zn uygulaması ile ilgili herhangi bir sorun bulunmadığının bir göstergesidir. Söz konusu artan Zn alımı, test bitkilerinde yaprak kuru madde düzeyi dışındaki fizyolojik parametreler ile, stoma iletkenliği dışındaki yaprak gaz alışverişi ile ilgili parametrelere belirgin şekilde etki etmiştir (Çizelge 4.1. ve Çizelge 4.2.). Deneme kapsamında ele alınan parametrelerin tamamı tuz stresi altındaki pamuk bitkine uygulanan artan Zn dozlarının test bitkilerinde stres düzeylerinin azaltılmasına katkıda bulunduğunu göstermektedir.

Tuzluluğun genel olarak bitkilerin gelişimini olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir (Garcia-Sanchez vd., 2002; Garcia-Sanchez vd., 2006; Storey and Walker, 1999). Çalışmamızda da benzer bir sonuç elde edilmiştir. Bilindiği gibi bitki kök bölgesindeki yüksek tuzluluk düzeyi artan ozmotik potansiyele bağlı olarak bitkiye yarayışlı olan su miktarını düşürür. Bu nedenle bitkiler su kayıplarını minimize edebilmek için büyümelerini yavaşlatırlar (Sohan vd., 1999). Böylece gelişimleri için uygun olan su düzeyini sürdürebilirler. Çalışmamızda tuz stresi altındaki pamuk bitkisine uygulanan artan düzeylerdeki Zn dozları test bitkilerinde ele alınan gelişme parametrelerinden biri olan bitki boyunda genel olarak bir gerileme yaratmıştır (Şekil 4.2.). Bu durumun artan Zn dozlarına bağlı olarak tuzluluğun olumsuz etkilerinin aşılmasına yönelik olarak bitki tarafından enzimatik düzeyde alınan tedbirlerden biri olarak kloroplastlarda gerçekleşen Zn-Cu-SOD üretimindeki artıştan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalar bitkilerde tuzluluk gibi abiyotik stres faktörlerinin artan düzeylerine bağlı olarak sentezi artan SOD (süperoksit dismutaz) enziminin Zn-Cu-Mn veya Fe içeren metal proteinlerden ibaret olduğu ortaya koymuştur (Nishida vd. 1991; Kurepa vd. 1997; Alscher vd. 2002). Bitkilerde bu enzimin artan düzeyleri abiyotik stres kaynaklı semptomların aşılmasına katkıda bulunmaktadır. Çalışmamızda her ne kadar SOD analizi yapılmamışsa da özellikle bitkilerde artan Zn dozlarına bağlı olarak YOSİ'de, bitki transpirasyon düzeyinde ve fotosentetik aktivitede gerçekleşen artışlar bitkiye



uygulanan artan düzeylerdeki Zn'nun bitki su bilançosunun düzeltilmesinde faydalı olduğuna işaret etmektedir (Şekil 4.4.). Bu noktada test bitkilerinin söz konusu bilançonun düzenlenmesine katkıda bulunmak üzere artan Zn dozlarına bağlı olarak büyümesini yavaşlatmış olabileceği düşünülmektedir. Diğer yandan ilk Zn uygulama dozu ( $0.1 \text{ mg L}^{-1}$ ) ile karşılaştırıldığında 2. uygulama dozunda ( $5.0 \text{ mg L}^{-1}$ ) azalan kuru madde oranının en yüksek Zn uygulama dozunda ( $10.0 \text{ mg L}^{-1}$ ) tekrar artmış olması da bu durumun bir belirtisi olarak ele alınabilir (Şekil 4.1.).

Tuz stresi altındaki pamuk bitkisine uygulanan artan dozlardaki Zn uygulamasının yarattığı diğer bir önemli fizyolojik etki bitkilerde artan YOSİ değeridir. Bitkilerin tuzlu ortamlara verdikleri tepkilerden biri su stresine karşı gösterdikleri direnç (su potansiyelinin azalması), diğeri ise stomalar yoluyla değişimi sağlanan  $\text{CO}_2$  ve  $\text{H}_2\text{O}$ 'nun düzenlenmesidir (Volkmar vd., 1998; Munns 1993; Munns 2002; Koyro 2003; Rengasamy vd., 2003). Bu stratejilerin temel amacı; bitkideki su kaybını minimum hale getirmektir. Çünkü yüksek bitkisel verimin temeli; bitkilerin düşük su kayıp oranlarını da koruyarak yüksek fotosentetik kapasitelerini sürdürebilmeleridir.

Çalışmamızda Zn uygulamasına bağlı olarak test bitkilerinin sukulent indeks değerlerinin arttığı belirlenmiştir (Şekil 4.5.). Bitkilerde artan yaprak kalınlığı bitkilerin kök bölgelerinde yüksek düzeylerde tuzluluğa maruz kalmaları ile ortaya çıkabilir. (Longstrethand Nobel 1979, Hayward ve Long 1941, Meri ve Poljakoff-Mayber 1967). Bu tür bir tuzluluğa bağlı yaprak kalınlaşması  $\text{CO}_2$  alımına olan direnci düşürebilir ve böylece birim yaprak alanındaki gaz değişiminin meydana geldiği içsel yaprak yüzey alanındaki artış sonucu fotosentetik düzey artar. Longstreth ve Nobel (1979) yaptıkları çalışma sonucunda tuzluluğu pamuk bitkisinde yaprak kalınlığını arttırdığını belirlemiştir.

Yapılan çeşitli araştırmalar bitki kök bölgesinde artan tuzluluğa bağlı olarak bitkilerde toplam klorofil konsantrasyonunun azaldığına işaret etmektedir (Garcia-Sanchez vd., 2002; Papadakis vd., 2007). Çalışmamızda bitki yapraklarındaki toplam klorofil konsantrasyonu değil, bu parametreye işaret eden yaprak SPAD okuması belirlenmiştir. SPAD okumaları yapraklardaki klorofil kaynaklı renk intensitesinin düzeyi hakkında bir fikir vermektedir. Test bitkilerine uygulanan Zn dozlarına bağlı olarak azalan SPAD ölçüm değerlerinin YOSİ ölçümlerinin de

işaret ettiği artan yaprak oransal su düzeyine, dolayısıyla da azalan renk intensitesine bağlı olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.3.).

Bitki büyümesinin fotosentetik kapasite ile doğrusal yönde ilişkili olduğu ve tuz stresinin fotosentetik aktiviteyi azalttığı öteden beri bilinmektedir (Lawlor, 2002, Jamil ve ark. 2007, Noreen ve ark. 2010). Bu durumun nedeni ise genel olarak azalan yaprak yüzey alanı (Marcelis ve Hoojdonk, 1999) ve bitki su bilançosunda oluşan dengesizliktir (Ashraf, 2004). Yaptığımız çalışmada tuz stresi altındaki bitkilere uygulanan artan düzeylerdeki Zn dozları; fotosentetik aktiviteyi (Şekil 4.7.), yaprak transpirasyonunu (Şekil 4.10.), fotosistem II etkinliğini (Şekil 4.12.) doğrusal olarak arttırmış, Ci (Şekil 4.9.), Ci/Ca (Şekil 4.11.) değerlerini ise azaltmıştır. Bitkilerde fotosentezi sınırlandıran temel unsur CO<sub>2</sub>'nin yaprağa giriş oranıdır. Bunu kontrol eden en önemli 2 parametre ise stoma direnci ve mezofil direncidir (Jarvis, 1971). Longstreth ve Nobel (1979) yaptıkları çalışmada artan tuzluluk düzeyleri altında pamuk bitkisinin stoma direnci ve CO<sub>2</sub> mezofil direncindeki artışlara bağlı olarak fotosentez düzeyinin azaldığını rapor etmiştir. Söz konusu literatür bilgisinden farklı olarak; çalışmamızdaki test bitkilerinin artan fotosentetik aktivitesi, yaprak transpirasyon oranı, fotosistem II etkinliği ise tuz stresinin yenilmesinde bitkiye uygulanan artan Zn dozlarının bitkide su bilançosunun düzenlenmesinde katkısı olduğuna işaret etmektedir. Bu katkı olasılıkla aralarında Zn elementinin de bulunduğu metal proteinlerden ibaret olan SOD enziminin etkisine bağlıdır.

Sonuç olarak çalışmamızdan elde edilen veriler; stres altındaki pamuk bitkisine yapılacak ekstra Zn uygulamasının tuzluluk stresinin yarattığı hasarın önlenmesinde ve/veya giderilmesinde yararlı olabileceğini göstermiştir. Söz konusu bulguların test edilmesi için daha detaylı çalışmaların yapılmasında yarar bulunmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Agastian, P., Kingsley, S. J., Vivekanandan, M. 2000. Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes. **Photosynthetica**, 38(2): 287-290.
- Aksu, A. E., Calon, T. J., Hiscott, R. N., Yasar, D. 2000. Anatomy of the North Anatolian Fault Zone in the Marmara Sea, Western Turkey: extensional basins above a continental transform. **Gsa Today**, 10(6): 3-7.
- Alexieva, V. Ivanov, S., Sergiev, I., Karanov, E. 2003. Interaction between stresses, Bulgarian Journal of Plant Physiology. **Special Issue**, 1-17.
- Ali, A. 1999. Climate change impacts and adaptation assessment in Bangladesh. **Climate research**, 12(2-3): 109-116.
- Allakhverdiev S. I., Sakamoto, A., Nishiyama, Y., Inaba, M., Murata, N. 2000. Ionic and osmotic effects of NaCl induced inactivation of photosystems I and II in *Synechococcus* sp. **Plant Physiology**, 123: 1047-1056.
- Alscher, R. G., Ertürk, N., Heath, L.S. 2002. Role of superoxide dismutases (SODs) in controlling oxidative stress in plants. **J. Exp. Bot.**, 53(372): 1331-1341.
- Alscher, R.G. Ertürk, N., Health, L.S. 2002. Role of superoxide dismutases (SODs) in controlling oxidative stress in plants. **Journal of Experimental Botany**. 53(372): 1331-1341.
- Aras, S. Arslan, E. ve Eşitken, A. 2015. Biochemical and physiological responses of lemon plant under salt stress, 2nd ICSAE 2015, International Conference on Sustainable Agriculture and Environment, September 30-October 03, 2015, Proceedings book, Konya, Turkey.
- Artlett, C. M., Smith, J. B., Jimenez, S. A. 1998. Identification of fetal DNA and cells in skin lesions from women with systemic sclerosis. **New England Journal of Medicine**, 338(17): 1186-1191.
- Asada, K. 1999. The water-water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons. **Annual review of plant biology**, 50(1): 601-639.
- Asada, K. 2006. Production and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts and their functions. **Plant physiology**, 141(2): 391-396.

- Ashraf, M. 2004. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. **Flora**, 199: 361–376
- Ashraf, M. P. J. C., Harris, P. J. C. 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant science**, 166(1): 3-16.
- Ashraf, M., Athar, H. R., Harris, P. J. C., Kwon, T. R. 2008. Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. **Advances in agronomy**, 97: 45-110.
- Bartley, G. E., Scolnik, P. A. 1995. Plant carotenoids: pigments for photoprotection, visual attraction, and human health. **The Plant Cell**, 7(7): 1027.
- Botella, M.A. Rosado, A., Bressan, R.A., Hasegawa, P.M. 2005. Plant adaptive responses to salinity stress, *Plant Abiotic Stress*, Blackwell Publishing Ltd., 270.
- Büyük, İ. Soydam, Aydın, S., Aras S. 2012. Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar. **Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi**, 69(2): 97-110.
- Cakmak, I., Marschner, H. 1992. Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase, and glutathione reductase in bean leaves. **Plant physiology**, 98(4): 1222-1227.
- Cram, W. J. 1976. Negative feedback regulation of transport in cells. The maintenance of turgor, volume and nutrient supply. In *Transport in plants II* (pp. 284-316). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Creissen, G. P., Edwards, E. A., Mullineaux, P. M. 1994. Glutathione reductase and ascorbate peroxidase. Causes of photooxidative stress and amelioration of defense systems in plants, 343, 364.
- Çakırlar, H., Topçuoğlu, F. 1985. Stres Terminolojisi, Çölleşen Dünya ve Türkiye Örneği Sempozyumu. Atatürk Üniv. Çevre Sorunları Araştırma Merkezi. Erzurum.
- Çavdar, C., Sifil, A., Çamsarı, T. 1997. Reaktif oksijen partikülleri ve antioksidan savunma. **Türk Nefroloji Diyaliz ve Transplantasyon Dergisi**, 3(4): 92-95.
- Çaylak, E. 2011. Hayvan ve bitkilerde oksidatif stres ile antioksidanlar. **Tıp Araştırmaları Dergisi**, 9(1): 73-83.
- Dajic, Z. 2006. Salt stress, physiology and molecular biology of stress tolerance in plants, ISBN-13 978-1-4020-4224-9, Dordrecht, The Netherlands, 345.

- Dankov, K., Busheva, M., Stefanov, D., Apostolova, E. L. 2009. Relationship between the degree of carotenoid depletion and function of the photosynthetic apparatus. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, 96(1): 49-56.
- Dat, J. F., Lopez-Delgado, H., Foyer, C. H., Scott, I. M. 1998. Parallel changes in H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and catalase during thermotolerance induced by salicylic acid or heat acclimation in mustard seedlings. **Plant Physiology**, 116(4): 1351-1357.
- Dat, J., Vandenabeele, S., Vranová, E., Van Montagu, M., Inzé, D., Van Breusegem, F. 2000. Dual action of the active oxygen species during plant stress responses. **Cellular and Molecular Life Sciences CMLS**, 57(5): 779-795.
- David, J., Longstreth, P., Nobel, S. 1979. Salinity Effects on Leaf Anatomy. **Plant Physiol**, 63: 700-703.
- de Azevedo Neto, A. D., Prisco, J. T., Enéas-Filho, J., de Abreu, C. E. B., Gomes-Filho, E. 2006. Effect of salt stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of salt-tolerant and salt-sensitive maize genotypes. **Environmental and Experimental Botany**, 56(1): 87-94.
- Degl'Innocenti, E. Hafsi, C., Guidi, L. ve Navari-Izzo, F. 2009. The effect of salinity on photosynthetic activity in potassium-deficient barley species, **Journal of Plant Physiology**, 166: 1968-1981.
- Dhindsa, R. S., Mathowe, W. 1981. Drought Tolerance in Two Mosses : Correlated with Enzymatic Defence Against Lipid Peroxidation. **J. Exp. Bot.**, 32: 79-91.
- Di Mascio, P., Murphy, M. E., Sies, H. 1991. Antioxidant defense systems: the role of carotenoids, tocopherols, and thiols. **The American journal of clinical nutrition**, 53(1): 194S-200S.
- Dogru, M., Goto, E., Ohashi, Y., Kojima, T., Ishida, R., Tsubota, K. 2004. Autologous serum application in the treatment of neurotrophic keratopathy. **Ophthalmology**, 111(6), 1115-1120.
- Doğru, A. 2006. Kolza (*Brassica napus* L. ssp. oleifera)'nın bazı kışlık çeşitlerinde düşük sıcaklık toleransı ile ilgili fizyolojik ve biyokimyasal parametrelerin araştırılması. (Yayımlanmamış doktora tezi), Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Eyidoğan, F., Öz, M. T. 2007. Effect of salinity on antioxidant responses of chickpea seedlings. **Acta Physiologiae Plantarum**, 29(5): 485.

- Feierabend, J., Engel, S. 1986. Photoinactivation of catalase in vitro and in leaves. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, 251(2): 567-576.
- Feirabend, H. K., Ploeger, S., Kok, P., Choufoer, H. 1992. Does microwave irradiation have other than thermal effects on histological staining of the mammalian CNS? A light microscopical study of microwave stimulated staining under isothermal conditions in man and rat. **European journal of morphology**, 30(4): 312-327.
- Foyer, C. H., Souriau, N., Perret, S., Lelandais, M., Kunert, K. J., Pruvost, C., Jouanin, L. 1995. Overexpression of glutathione reductase but not glutathione synthetase leads to increases in antioxidant capacity and resistance to photoinhibition in poplar trees. **Plant physiology**, 109(3): 1047-1057.
- Foyer, C.H. and Quick, V.V.P. 1998. A molecular approach to primary metabolism in higher plants. Taylor&Francis Ltd. London.
- Fu, J. Huang, B. 2001. Involvement of antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation of two cool-season grasses to localized drought stress. **Environmental and Experimental Botany**, 45(2): 105–114.
- García-Legaz, M. F. López-Gómez, E., Beneyto, J. M., Navarro, A., Sánchez Blanco, M. J. 2008. Physiological behaviour of loquat and orange rootstocks in relation to salinity and calcium addition, **Journal of plant physiology**, 165(10): 1049-1060.
- García-Sánchez, F., Jifon, J. L., Carvajal, M., Syvertsen, J. P. 2002. Gas exchange, chlorophyll and nutrient contents in relation to Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> accumulation in 'Sunburst' mandarin grafted on different rootstocks. **PlantSci.**, 162: 705-712.
- García-Sánchez, F., Perez-Perez, J. G., Botia, P., Martínez, V. 2006. The response of young mandarin trees grown under saline conditions depends on the root stock. **Eur. J. Agron.**, 24: 129–139.
- Gaspar, T. Franck, T., Bisbis, B., Kevers, C., Jouve, L., Hausman, J.F., Dommes, J. 2002. Concepts in plant stress physiology. Application to plant tissue cultures. **Plant Growth Regulation**, 37(3): 263-285.
- Gossett, D.R., Millhollon, E.P., Lucas, M.C. 1994. Antioxidant response to NaCl stress in salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of cotton. **CropSci.**, 34: 706-714.
- Greenway, H., Munns, R. 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual review of plant physiology**, 31(1): 149-190.

- Gueta-Dahan, Y., Yaniv, Z., Zilinskas, B. A., Ben-Hayyim, G. 1997. Salt and oxidative stress: similar and specific responses and their relation to salt tolerance in citrus. **Planta**, 203(4): 460-469.
- Gürel, A., Avcıoğlu, R. 2001. Bitkilerde strese dayanıklılık fizyolojisi, Bitki biyoteknolojisi II. Genetik Mühendisliği ve Uygulamaları, Selçuk Üniversitesi Vakfı Yayınları, 308-313.
- Hale, M. G., Orcutt, D.M., 1987. *The Physiology of Plants under Stress*, John Wiley & Sons. New York, 1-4.
- Hayward H. B., Long, E. 1941. Anatomical and physiological responses of the tomato to varying concentrations of sodium chloride, sodium sulphate and nutrient solutions. **Bot Gaz** 102: 437-462.
- Hernández, M. A., Stolfo, S. J. 1995. The merge/purge problem for large databases. **ACM Sigmod Record**, 24(2): 127-138.
- Hernández-Flores, N. 1999. Politeness ideology in Spanish colloquial conversation: The case of advice. **Pragmatics**, 9(1): 37-49.
- Huner, N. P. A., Oquist, G., Sarhan, F. 1998. Energy balance and acclimation to light and cold. **Trends in Plant Science**, 3(6): 224-230.
- Hurkmans, T., Keiren, G. 1993. An all-round performer in the physical vapour deposition laboratory. **Surface and Coatings Technology**, 58(3): 205-212.
- Ioannis, E. P., Veneti, G., Chatzissavvidis, C., Sotiropoulos, T. E., Dimassi, K.N., Ioannis, N. T. 2007. Growth, mineral composition, leaf chlorophyll and water relationships of two cherry varieties under NaCl-induced salinity stress. **Soil Science and Plant Nutrition**, 53: 252-258.
- Jamei, M., Marciniak, S., Feng, K., Barnett, A., Tucker, G., Rostami-Hodjegan, A. 2009. The Simcyp® population-based ADME simulator. **Expert opinion on drug metabolism & toxicology**, 5(2), 211-223.
- Jamil, M., Rehman, S., Lee, K. J., Kim, J. M., Hyun-Soon, K., Rha, E. S. 2007. Salinity reduced growth PSII photochemistry and chlorophyll content in radish. **Sci Agric**, 64(2): 111-118.
- Jarvis, P. G. 1971 The estimation of resistance to carbon dioxide transfer. In Z Sestaak, J. Catsky, P.G. Jarvis, eds, *Plant. Photosynthesis: Production: Manual of Methods*. Dr W Junk, The Hague, pp 566-622.

- Kadioglu, S., Malitsky, Y., Sabharwal, A., Samulowitz, H., Sellmann, M. 2011. Algorithm selection and scheduling. **In International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming** (pp. 454-469). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Kalefetoğlu, T. Ekmekçi., Y. 2005. Theeffect of drought on plants and tolerance mechanism. **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, 18(4): 723-740.
- Khavari-Nejad, R. A., Mostofi, Y. 1998. Effects of NaCl on photosynthetic pigments, saccharides, and chloroplast ultrastructure in leaves of tomato cultivars. **Photosynthetica**, 35(1): 151-154.
- Kliebenstein, D. J., Dietrich, R. A., Martin, A. C., Last, R. L., Dangl, J. L. 1999. LSD1 regulates salicylic acid induction of copper zinc superoxide dismutase in *Arabidopsis thaliana*. **Molecular plant-microbe interactions**, 12(11): 1022-1026.
- Koc, E., Ustun, A. S. 2008. Defence against pathogen in plants and antioxidants. **Erciyes Uni Sci Instit J**, 24: 82-100.
- Koyro, H. W. 2003. Study of potential cash crop halophytes by a quick check system. **Veg. Sci.**, 38: 5-17.
- Koyro, H.W. 2002. Ultrastructuraleffects of salinity in higherplants, salinity: enviroment plants molecules, Published by Kluwer Academic Publishers, ISBN 1-4020-0492-3, Dordrecht, TheNetherlands, 522 p.
- Köşkeroğlu, S. 2006. Tuz ve su stresi altındaki mısır (*Zeamays L.*) bitkisinde prolin birikim düzeyleri ve stres parametrelerinin araştırılması. (Yayımlanmamış yüksek tezi), Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Kurepa, J., Herouart, D., Montagu, M. V. andInze, D. 1997. Differentialexpression of CuZn- and Fe-superoxide dismutase genes of tobacco during development oxidative stress and hormonal treatments. **Plant Cell Physiol.**, 38(4): 463-470.
- Kuşvuran, S., Abak, K. 2012. Kavun genotiplerinin kuraklık stresine tepkileri. **Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 28 (5).
- Kuşvuran, Ş. 2011. Bamya (*Abelmoschusesculentus L.*)’da tuz stresine tolerans bakımından genotipsel farklılıklar ve tarama parametrelerinin araştırılması. **Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi**, 28 (2): 55-70.



- Larcher, W. 1995. *Physiological Plant Ecology*, Published by Springer, ISBN 0-387-09795-3, New York, 506.
- Lawlor, D. W., Cornic, G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. **Plant, cell & environment**, 25(2): 275-294.
- Levitt, J. 1980. *Responses of Plants to Environmental Stresses, Water, Radiation, Salt and Other Stresses*, Second Ed., Vol. II, Academic Press, New York.
- Lichtenthaler, K. 1996. Vegetationstress: an introduction to the stress concept in plants. **Journal of Plant Physiology**, 148: 4-14.
- Lisar, S. Y., Motafakkerzad, R., Hossain, M. M., Rahman, I. M. 2012. Nedenleri, Etkileri ve Yanıtları. **Su Stresi**, 1.
- Lucey, J. A., Munro, P. A., Singh, H. 1999. Effects of heat treatment and whey protein addition on the rheological properties and structure of acid skim milk gels. **International Dairy Journal**, 9(3-6): 275-279.
- Mahajan, S. Tuteja, N. 2005. Cold, salinity and drought stresses: an overview. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, 444: 139-158.
- Makishima, K., Kubota, A., Mizuno, T., Ohnishi, T., Tashiro, M., Aruga, Y., Uno, S. I. 2000. The nature of ultraluminous compact X-ray sources in nearby spiral galaxies. **The Astrophysical Journal**, 535(2): 632.
- Marcelis, L. F. M., Van Hooijdonk, J. 1999. Effect of salinity on growth, water use and nutrient use in radish (*Raphanus sativus* L.). **Plant and Soil**, 215(1): 57-64.
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants* Academic Press London 889.
- Meloni, D.A., Oliva, M.A., Martinez, C.A., Cambraia, J. 2003. Photosynthesis and activity of superoxide dismutase and glutathione reductase in cotton under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, 49: 69-76.
- Meri, A., Poljakoff-Mayber, A. 1967. The effect of chlorinesalinity on growth of beanleaves in thickness and in area. **Israel I Bot**, 16: 115-123.
- Minkov, M., Matthes-Martin, S., Pötschger, U., Witt, V., Mann, G., Gadner, H. 1999. Leucocyte transfusions from rhG-CSF or prednisolone stimulated donors for treatment of severe infections in immunocompromised neutropenic patients. **British journal of haematology**, 106(3): 689-696.

- Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in plant science**, 7(9): 405-410.
- Mittler, R., Vanderauwera, S., Gollery, M., Van Breusegem, F. 2004. Reactive oxygen gene network of plants. **Trends in plant science**, 9(10): 490-498.
- Mittova, V., Tal, M., Volokita, M., Guy, M. 2002. Salt stress induces up-regulation of an efficient chloroplast antioxidant system in the salt-tolerant wild tomato species *Lycopersicon pennellii* but not in the cultivated species. **Physiologia Plantarum**, 115(3): 393-400.
- Miyake, T. 2006. Modular forms. Springer Science & Business Media.
- Mugdhal, V., Madaan, N., Mudgal, A. 2010. Biochemical mechanisms of salt tolerance in plants: a review. **International Journal of Botany**, 6(2): 136-143.
- Munns, R. 1993. Physiological process limiting plant growth in saline soils- some dogmas and hypotheses. **Plant Cell Environ**, 16: 15-24.
- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant Cell Environ**, 25: 239-250.
- Munns, R. Tester, M. 2008. Mechanism of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, 59: 651-681.
- Munns, R., Cramer, G. R., Ball, M.C. 1999. Interaction between rising CO<sub>2</sub>, soil salinity and plant growth. p: 139-167. In: Luo Y, H.A. Mooney eds. Carbon dioxide and environmental stress. Academic Press, London.
- Nishida, Y., Watanabe, I., Unouro, K. 1991. Model compounds for Fe-or Mn-containing SOD and their SOD-like function. **Chemistry Letters**, 1517-1520.
- Noreen, E. E., Sass, M. J., Crowe, M. L., Pabon, V. A., Brandauer, J., Averill, L. K. 2010. Effects of supplemental fish oil on resting metabolic rate, body composition, and salivary cortisol in healthy adults. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, 7(1): 31.
- Noreen, Z., Ashraf, M., Akram, N. A. 2010. Salt-induced regulation of some key antioxidant enzymes and physio - biochemical phenomena in five diverse cultivars of turnip (*Brassicarapa* L.). **J Agron Crop Sci.**, 196: 273-285.
- Osakabe, Y., Osakabe, K., Shinozaki, K., Tran, L. S. P. 2014. Response of plants to water stress. **Frontiers in Plant Science**, 5: 86.

- Özer, H. 1997. Kamu kesiminde performans denetimi ve Türkiye açısından değerlendirilmesi. Sayıştay yayınları, Ankara.
- Özer, N. 2004. Dünya ve Türkiye’de tuzluluk durumu ve eğilimler. Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu. s.s. 49-54. 20-21 Mayıs, Ankara.
- Pan, Y., Wu, L. J., Yu, Z. L. 2006. Effect of salt and drought stress on antioxidant enzyme activities and SOD isoenzymes of liquorice (*Glycyrrhiza uralensis* Fish). **Plant Growth Regulation**, 49: 157-165.
- Pareek, S., Notterpek, L., Snipes, G. J., Naef, R., Sossin, W., Laliberté, J., Murphy, R. A. 1997. Neurons promote the translocation of peripheral myelin protein 22 into myelin. **Journal of Neuroscience**, 17(20): 7754-7762.
- Parida, A.K. Das, A.B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a Review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 60: 324-349.
- Patel, R. Prasher, S., Bonnell, R., Boughton, R. 2002. Development of comprehensive soil salinity Index. **J. Irrigation and Drainage Engineering**, 128: 185-188.
- Pérez-Pérez, C. 2009. El cuestionario CEVEAPEU. Un instrumento para la evaluación de las estrategias de aprendizaje de los estudiantes universitarios.
- Pessarakli, M., Szabolcs, I. 1999. Soil salinity and sodicity as particular plant/crop stress factors. Handbook of plant and crop stress, 2.
- Pfannschmidt, T. 2003. Chloroplast redox signals: how photosynthesis controls its own genes. **Trends Plant Science**, 8: 33-41.
- Rahman, I., MacNee, W. 2000. Oxidative stress and regulation of glutathione in lung inflammation. **European Respiratory Journal**, 16(3): 534-554.
- Rausch, T., Wachter, A. 2005. Sulfur metabolism: a versatile platform for launching defence operations. **Trends in plant science**, 10(10): 503-509.
- Rengasamy, P., Chittleborough, D., Helyar, K. 2003. Root-zone salinity and plant-based solutions for dryland salinity. **Plant and Soil**, 257: 249-260.
- Richards, L. A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agriculture, 160, Handbook 60. US Department of Agriculture, Washington DC.

- Rodríguez-Serrano, M. A. R. Í. A., Romero-Puertas, M. C., Zabalza, A. N. A., Corpas, F. J., Gomez, M., Del Rio, L. A., Sandalio, L. M. 2006. Cadmium effect on oxidative metabolism of pea (*Pisum sativum* L.) roots. Imaging of reactive oxygen species and nitric oxide accumulation in vivo. **Plant, Cell & Environment**, 29(8): 1532-1544.
- Rogers, C. C. 2002. The older population in 21st century rural America. **Rural America/Rural Development Perspectives**, 17(2221-2019-2532): 2-10.
- Salisbury, F.B., Ross, C.W. 1992. Plant Physiology, Wadworth Publishing Company, California.
- Sebanek, J. 1992. Plant Physiology, Elsevier Science Publishers, State Agri. Publishing House Prague., 215-269.
- Serrano, R., Gaxiola, R. 1994. Microbial models and salt tolerance in plants. **Crit. Rev. Plant Sci.**, 13: 121-138.
- Shannon, M. C. Bohn, G. W., McCreight, J. D. 1984. Salt tolerance among muskmelon genotypes during seed emergence and seedling growth. **Horticultural Science**, 19: 828-830.
- Shao, H. B., Chu, L. Y., Jaleel, C. A., Zhao, C, X. 2008. water deficit stress induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus Biologies**, 331(3): 215- 225.
- Smirnoff, N. 2000. Plant resistance to environmental stresses. **Current Opinion Biotechnologist**, 9: 214-219.
- Sohan, D., Jasoni, R., Zajicek, J. 1999. Plant–water relations of NaCl land calcium-treated sunflower plants. **Env. Exp. Bot.**, 42: 105–111.
- Storey, R., Walker, R. R. 1999. Citrus and salinity. **Sci. Hortic.**, 78: 39–81.
- Villora, G. Pulgar, G., Moreno, D.A., Romero, L. 1997. Salinity treatments and their effect on nutrient concentration in zucchini plants (*Cucurbitapepo* L. var. *moschata*). **Australian Journal of Experimental Agriculture**, 37: 605-608.
- Volkmar, K. M., Hu, Y., Steppuhn, H. 1998. Physiological responses of plants to salinity; a review. **Can. J. Plant Sci.**, 78: 19-27.
- Xiong, L., Schumaker, K. S., Zhu, J. K. 2002. Cell signaling during cold, drought, and salt stress. **The plant cell**, 14(suppl 1):165-183.
- Yilmaz, E., Tuna, A. L., Bürün, B. 2011. Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri. **CB Ü. Fen Bilim Derg.** 7(1), 47-66.

- Yu, Q., Rengel, Z. 1999. Micronutrient deficiency influences plant growth and activities of superoxide dismutases in narrow-leaved lupins. **Annals of Botany**, 83(2), 175-182.



## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Dilan Kardelen KÜÇÜKGÖKSEL

Doğum Yeri ve Tarihi: DİYARKAKIR 24.09.1993

### EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi: Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü

Yüksel Lisans Öğrenimi: Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

### İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl: Atlas Tarımsal Danışmanlık (2016 -2017)

TimacAgro Avrasya Ziraat San. Ve Tic. A.Ş (2017 -2018)

S.S 49 No'lu Nazilli Pamuk ve Yağlı Tohumlar

Tarım Satış Kooperatifi (2018- Devam ediyor)

### İLETİŞİM

E-Posta Adresi : [dilankardelenbilir@gmail.com](mailto:dilankardelenbilir@gmail.com)

Tarih :