

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BİTKİLERİN TUZ STRESİNE TOLERANSINDA SALİSİLİK ASİT VE
PROLİN'İN FİZYOLOJİK ROLÜNÜN ARAŞTIRILMASI**

AYŞE BARAN

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2011**

Yrd. Doç. Dr. Mahmut DOĞAN danışmanlığında, Ayşe BARAN'ın hazırladığı "Bitkilerin Tuz Stresine Toleransında Salisilik Asit ve Prolin'in Fizyolojik Rolünün Araştırılması" konulu bu çalışma 09.06.2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mahmut DOĞAN



Üye: Doç. Dr. Hamit KAVAK



Üye: Yrd. Doç. Dr. Zafer TEL



Bu Tezin Biyoloji Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım

Prof. Dr. Mehmet CICI
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma HÜBAK Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No:1068

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

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖNSÖZ	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
SİMGELER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM	18
3.1. Yaprak Alanı	21
3.2. Yaş, Kuru Ağırlık ve Oransal Su İçeriği	21
3.3. Klorofilin Belirlenmesi	22
3.4. MDA'nın Belirlenmesi	22
3.5. Prolin Konsantrasyonunun Belirlenmesi	22
3.6. Salisilik Asitin Belirlenmesi	23
3.7. İyon Analizleri	23
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	24
4.1. Yaprak Alanı Değerleri	24
4.2. Yaş ve Kuru Ağırlık Oranları	25
4.3. Oransal Su İçerik Değerleri	25
4.4. Klorofil Değerleri	26
4.5. MDA Değerleri	26
4.6. İyon Analizi Na ⁺ , K ⁺ , Ca ⁺⁺ ve Mg ⁺⁺	28
4.7. Prolin Değerleri	32
4.8. Salisilik Asit Değerleri	33

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	34
KAYNAKLAR	43
ÖZGEÇMİŞ	51
ÖZET	52
SUMMARY	54

ÖZ

Yüksek Lisans Tezi

**BİTKİLERİN TUZ STRESİNE TOLERANSINDA SALİSİLİK ASİT VE PROLİN'İN
FİZYOLOJİK ROLÜNÜN ARAŞTIRILMASI**

Ayşe BARAN

**Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı**

**Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mahmut DOĞAN
Yıl: 2011, Sayfa:55**

Bu çalışmada soya fasulye bitkilerinde tuz stresine bağlı prolin ve salisilik asit etkileşimleri incelenmiştir. Bulgular prolin ile içsel salisilik asit miktarındaki artışın, prolin ve salisilik asitin oksijen radikallerine karşı koruyucu rol oynadığını ve hücre duvarlarının dayanıklılığına katıldığını göstermektedir. Sonuçlar oksidatif hasarla yaprak yaşı arasında ve oksidatif hasara dayanıklılıkla prolin aktivitesi arasında pozitif bir korelasyon olduğunu, enzim aktivitesindeki artışın salisilik miktarındaki artıştan kaynaklanmadığını düşündürmektedir. Tuz stresine bağlı olarak bitkilerin stomalarını kapatarak fotosentez aktivitesini en düşük seviyeye indirdiği, bunun strese karşı koruyucu bir mekanizma olduğu, stoma hareketlerinin yapraktaki birçok fizyolojik ve biyokimyasal olayla bağlantılı olduğu sonucuna varılmıştır. Tuz uygulamasına bağlı olarak bitkilerin su seviyelerini belirli düzeyde tutmak için osmotik potansiyellerini düşürdükleri, klorofil ve MDA değerlerinin ise tuz stresiyile değiştiği fark edilmiştir. Tuz stresinde klorofil seviyesi azalmış, MDA, prolin ve salisilik asit miktarı artmış, soyanın strese karşı değişik tepkiler verdiği, 0.50-0.75mM salisilik asit dozun tuzlu alanlarda soya bitkisi için en uygun doz olacağı belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: soya, tuz stresi, prolin, salisilik asit.

ABSTRACT

MSc Thesis

THE INVESTIGATION OF PHYSIOLOGICAL ROLES OF SALICYLIC ACID AND PROLINE IN THE TOLERANCE OF PLANTS TOWARDS SALT STRESS

Ayşe BARAN

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

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Mahmut DOĞAN

Year: 2011, Page:55

In this study, the interactions of proline and salicylic acid which depending on salt stress in soybean plants have been studied. The result of this study shows the increase in the amount of inner salicylic acid with proline, salicylic acid and proline's playing a protective role against oxygen radicals and the participation of the durability of the cell walls. The results consider that there is a positive correlation between the oxidative damage and the leaf age, the durability against the oxidative damage and the activity of proline, the increase in the amount of salicylic not originate suggests that the increase in enzyme activity. That the plants' decreasing the activity of photosynthesis to the lowest level by closing the stomata of the plants in accordance with the salt stress is a mechanism to protect against stress, the movements of the stomata being related to many physiological and biochemical events have been found out. It has been noticed that the plants drop the osmotic potentials in order to keep the water levels of the plants in a certain level in accordance with the application of salt, the values of chlorophyll and MDA are changed by the salt stress. It has been indicated that the level of chlorophyll has decreased in the salt stress, the amount of MDA, proline and salicylic acid has increased and soybean has different responses towards stress, the salicylic acid doze between 0.50 and 0.75 mM in salty fields is the most suitable doze for soybean plants.

KEY WORDS: soybean, salt stress, proline, salicylic acid

TEŐEKKÖR

Tez çalıőmamı yönlendiren ve tezimin hazırlanmasında büyük yardımlarını grdgm tez danıőmanım Harran Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü ğretim yesi Sayın Yrd. Doç. Dr. Mahmut DOĞAN'a sonsuz teőekkr ederim. Ayrıca bize bu çalışmamızda maddi olarak destekte bulunan HÜBAK'a teőekkr ederim. Bu araştırma boyunca desteğini esirgemeyen değerli aileme sonsuz teőekkr ederim.

ÖNSÖZ

Dünya nüfusunun hızlı artışıyla ortaya çıkan beslenme sorununa çözümler bulmak için yapılan araştırmalar, daha çok olumsuz çevre koşullarında tarımı yapılabilecek bitki türlerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Dünyada olduğu gibi, ülkemizde de tarım alanlarının sınırlı olması, üretimin artırılmasında birim alandan daha fazla ürün almayı zorlamaktadır. Araştırmacılar kuraklık ve tuzluluk stresi ile bitki arasındaki ilişkilerin farklı açılardan araştırılmasına büyük önem vermişlerdir. Bu amaçla prolin ve salisilik asidin soyada tuz stresine nasıl etki ettiği üzerine yapılan bu çalışma, son zamanlarda tuzlu tarım alanında ziraati yapılan soyada meydana gelecek değişikliklerin araştırılması yönünden önemli bulunmuştur. Bu çalışmada, bitkilerde prolin ve SA'in tuza tolerans mekanizmasında aldıkları rol aydınlatılmış. Bitkilerde doğal olarak sentezlenen prolin ve SA'nın tarla şartlarında kullanımı getirebileceği faydaların yanında pahalı bir uygulama olmayışı nedeniyle kolayca kullanılabileceği düşünülmektedir. Tuz zararının en aza indirilmesi, verim ve verim unsurları üzerinde olumlu etki meydana getirebileceğinden, çiftçilerin yaşadıkları ürün kayıpları azaltılmış olacaktır. Ayrıca farklı tuzluluk oranına sahip topraklarda kısmi bir başarı elde edilmesi bile tarıma yeni alanların açılmasına neden olabilecektir. Prolin ve salisilik asit tuz stresine karşı koruyucu özellik göstermiştir. Tuz stresine dayanacak bitki çeşidi ve seçimi, toprak yapısı gibi birçok faktör ile ilgili dikkatli seçimler yapılması durumunda birim alandan, en yüksek bitkisel verim alınacağı sonucuna varılmıştır.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1. Çimlendirme ortamında soya tohumları	19
Şekil 2. Çimlenmiş soya fidecikleri	20
Şekil 3. Perlit ortamında yetiştirilen soya fideleri.....	20
Şekil 4. Perlit ortamında yetiştirilen soya fideleri.....	21

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 1. Hoagland kültür çözeltilisinin bileşimi.....	18
Çizelge 2. Deneme planı.....	19
Çizelge 3. Tuz stresi ve SA da yetiştirilen soya bitkilerinde yaprak alanı	24
Çizelge 4. Tuz stresi ve SA da yetiştirilen soya bitkilerinde yaş ve kuru ağırlık oranı ile oransal su içeriği	25
Çizelge 5. Tuz stresi ve SA da yetiştirilen soya bitkilerinde oransal su içeriği	25
Çizelge 6. Tuz stresi ve SA da yetiştirilen soya bitkilerinde klorofil miktarı	26
Çizelge7. Tuz stresi ve SA da yetiştirilen soya bitkilerinde MDA miktarı	28
Çizelge 8. Tuz stresi ve SA da yetiştirilen soya bitkilerinde iyon miktarı.....	31
Çizelge 9. Tuz stresi ve SA da yetiştirilen soya bitkilerinde prolin miktarı.....	32
Çizelge10.Tuz stresi ve SA da yetiştirilen soya bitkilerinde salisilik asit miktarı.....	33

SİMGELER DİZİNİ

%	Yüzde
µg	Mikrogram
µmol	Mikromol
APX	Askorbat peroksidaz
Ca	Kalsiyum
CAT	Katalaz
Cl	Klor
g	Gram
GR	Glutasyon redüktaz
K	Potasyum
MDA	Malondialdehit
mg	Miligram
ml	Mililitre
mM	Milimol
Na	Sodyum
O ₂	Oksijen
PSII	Fotosistem II
°C	Santigrat derece
SA	Salisilik asit
SOD	Süperoksit dismutaz
TA	Taze ağırlık
TBA	Tiobarbutirik asit
TCA	Trikloroasetik asit

1.GİRİŞ

Bitki büyümesini engelleyen her faktör stres olarak tanımlanmaktadır. Dünyanın birçok yerinde kuraklık, tuzluluk, aşırı sulama, yüksek ve düşük sıcaklık, pH ve ağır metallerin neden olduğu stresler yaygındır. Bu stresler özellikle gelişmekte olan ülkeler için sosyal ve ekonomik problemlere temel oluşturmaktadır. Dünya üzerinde tarımda kullanılabilir alanların sadece % 10' u herhangi bir çevresel stres etmeni ile karşı karşıya değildir. Geriye kalan % 90'lık kısımda, % 26 oranında en fazla karşılaşılan kuraklık stresi tehdidi altında olan alanlardan sonra % 20'lik bir oranla tuz stresi gelmektedir (Blum, 1985; Ashraf, 1994). Dünya nüfusunun hızlı artışıyla ortaya çıkan beslenme sorununa çözümler bulmak için yapılan araştırmalar, daha çok olumsuz çevre koşullarında tarımı yapılabilecek bitki türlerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Dünyada olduğu gibi, ülkemizde de tarım alanlarının sınırlı olması, üretimin arttırılmasında birim alandan daha fazla ürün almayı zorlamaktadır. Bunun için de, ürün artışına etki eden tohumluk, sulama, tarımsal mekanizasyon, zararlılarla mücadele ve gübreleme gibi önlemler, çoraklık ve drenaj sorunları olan arazilerin ıslahının yanı sıra bu alanlarda yetişebilecek bitki çeşitlerinin belirlenmesi ve ıslah edilmesi gerekmektedir. Araştırmacılar, kuraklık ve tuzluluk stresi ile bitki arasındaki ilişkilerin farklı açılardan araştırılmasına büyük önem vermişlerdir.

Çoğunlukla hücresel düzeyde oksidatif bir zararlanma olarak ortaya çıkan tuz stresi, kurak ve yarı kurak bölgelerde verimi etkileyen önemli bir faktördür. Tuz problemini çözmek için dayanıklı genotiplerin seçimi en etkili yaklaşım olarak görülmektedir (Shalaby et al., 1993). Strese karşı gösterilen tepki bakımından bitki türleri ve çeşitleri, hatta organları arasında fizyolojik ve metabolik değişimler açısından önemli farklılıklar bulunmaktadır (Belkhodja et al., 1994). Genotipe bağlı olarak farklı şiddetlerde ortaya çıkan tuzdan etkilenme derecesi o genotipin stres altında geliştirdiği metabolik değişimlere, yani, fizyolojik ve biyokimyasal tepkilere

bağlıdır. Bitkilerdeki bu değişik tepkiler incelenerek tuza karşı tolerans gösteren bitkilerin seçimleri için bazı kriterler geliştirmek mümkündür.

Bitki büyümesi üzerine tuz stresinin temel etkisi osmotik basınç ile açıklanabilmektedir. Bitkilerin kök ortamındaki osmotik basınç değişimlerine karşı içsel osmotik durumlarını ayarlayabilmek için özel mekanizmalara sahip olmaları zorunludur. Bitkilerin osmotik durumlarını ayarlamalarına “osmotik uyum” denir (Hamada et al., 1992). Bitkiler tuz stresiyle karşı karşıya gelince, serbest amino asitleri, iyonları ve çözünebilir maddeleri biriktirerek osmotik potansiyellerini düşürürler (Weimberg, 1986). Bitkiler tuz stresi ile karşılaştıklarında toprak çözeltisinden çeşitli iyonları alarak ya da bazı organik bileşikleri sentezleyerek osmotik uyum sağlamaktadırlar (Ashraf, 1994, Salama et al., 1994). Birçok araştırmacı osmotik uyum ile tuz toleransı arasında bir ilişkinin olduğunu ileri sürmektedir (Greenway and Munns, 1980; Yeo ve ark, 1983; Weimberg, 1987). McKimmie ve Dobrenz (1991), Ashraf ve ark. (1996), yaptıkları çalışmalarda tuzlu çevrelerde yetişen dayanıklı çeşitlerin gövdelerinde duyarlı çeşitlere göre daha az iyon biriktirdiğini bildirmektedirler. Bitkilerin yaprak dokusunun oransal su kapsamı ölçülerek de tuz stresine karşı toleransları belirlenebilmektedir. Fotosentez, stomaların açılıp kapanması, yaprak genişlemesi gibi önemli fizyolojik ve morfolojik olayların, yaprakta azalan turgor potansiyeli ile ilişkili olduğu ve tuz stresinin artmasıyla yaprak dokusunun oransal su kapsamının azaldığı belirtilmiştir (Jones and Turner 1978).

Tuz stresinde prolin birikiminin kesin rolü henüz tam tespit edilememesine karşın, genel olarak prolinin tuza dayanıklılığın bir belirtisi olarak çalıştığı kabul edilmektedir (Lin and Kao 1996, Lutts et al., 1996). Prolinin, sitoplazma ve vakuol arasında hücre içi osmotik düzenleyici olarak rol oynadığı (Delauney and Verma 1993), stresli koşullarda yüksek miktarlarda üretilerek sitozolik pH'ı düzenlemeye çalıştığı (Venekamp 1989), enzim koruyucusu ve makromoleküller ile organellerin yapısını stabilize edici olarak aktivite gösterdiği (Gadallah 1999) ileri sürülmektedir. Prolinin çoğunlukla uyumlu bir osmotik solüt olarak aktivite gösterdiğine ve stres ajanlarına karşı bitki dokularını geçici ya da devamlı olarak koruduğuna inanılmaktadır (Lin and Kao 1996).Stres koşullarında büyüme-gelişme gösteren

bitkilerde prolin birikimi “türe özgü” nitelik taşımakta (Cavalieri and Huang 1979) hatta aynı türün varyeteleri arasında bile farklılıklar göstermektedir (Singh et al., 1972).

Prolinin tuz stresinde yeni bir kriter olarak kullanılıp kullanılmayacağı fotosentezle ilgili çalışmalarda devam etmektedir. Ziska ve ark. (1990), yaptıkları çalışmada, stres artışına bağlı olarak ribulozbisfosfat karboksilaz (Rubisco) aktivitesi ve klorofil içeriğinde azalmanın olduğunu gözlemlemişlerdir. Ganieva ve ark. (1997) da kuraklık stresinin fotosentezi olumsuz etkilediğini tespit etmişlerdir. Stres koşullarına biyokimyasal olarak dayanıklılık, yeni stres proteinleri sentezi ve osmotik düzenlemeler için gerek duyulan çözünür karbonhidratlar ve poliaminler gibi metabolitlerin birikimi ile sağlanabilir (Guy et. al., 1985, Kramer and Wang, 1990). Çeşitli inorganik iyonların ve osmoregülatör olarak görev yapan değişik organik maddelerin birikimi (Wyn Jones, 1981; Ashraf, 1989), yapraklardaki fotosentetik aktivitelerin belirlenmesi (Sharma and Hall, 1992; Belkhodja et al., 1994), hücre zarı geçirgenliğinde ortaya çıkan zararlanma (Blum, 1985), kuru madde stres indeksi (Bousslama and Schapanagh, 1984) strese tolerant bitkilerin seçiminde kullanılabilir parametreler arasındadır. Ancak belirtilen bu fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerin incelenmesiyle kuraklığa tolerant genotip belirleme konusunda yüksek oranda korelatif bir ilişki belirlemek mümkün olamamaktadır. Diğer bitki türlerinde olduğu gibi soya bitkisinde de genotipler arasında tuza dayanım özelliği bakımından önemli derecede farklılıklar bulunmaktadır (Joshi, 1984; Shannon et al., 1987; Peraz-Alfocea et al., 1996; Cuartero and Fernandez-Munoz, 1999). Ülkemiz için önemli bir gıda kaynağı olan soyada, tuza tolerant genotiplerin yetiştirilmesi verim ve kalite açısından önemlidir. Aynı zamanda genotip farklılığının tuz toleransında etkili olduğu bilindiğinden bu mekanizmanın aydınlatılması, tolerant genotiplerin etkin bir yöntemle seçilebilmesi açısından ayrı bir önem taşımaktadır. Bu doğrultuda soyanın fizyolojik bakımından tuz stresine karşı gösterdiği tepkiler tam olarak çalışılacaktır. İncelenen parametrelerin birbiriyle, soyanın tuza karşı dayanımı ve prolin birikimi ile olan ilişkileri araştırılacaktır.

Anavatanı Çin ve Kore gibi Uzakdoğu ülkeleri olan soya bitkisi, 4 bin yıl öncesine kadar uzanan tarihi geçmişiyle o bölgede yaşayan insanların en önemli

besin ve geçim kaynağı olmuştur. 120–130 yıl kadar önce soya ile tanışan gelişmiş batılı ülkeler ise, soya sanayilerini kurarak, soya üretimine ve kullanım alanlarının geliştirilmesine önemli katkılar yapmışlardır. Günümüzde 170–180 milyon ton seviyesine ulaşan Dünya soya üretimindeki en büyük payı % 50 oranındaki üretimiyle A.B.D almakta, onu Brezilya, Arjantin ve Çin izlemektedir (Nazlıcan, 2007). Soya bitkisi, ülkemize de ilk kez 1930’lu yıllarda girmiş ve uzun yıllar boyunca sadece Karadeniz bölgesinde tarımı yapılmıştır. Son 20 yılda uygulamaya konulan 2. Ürün Projesi ile Ege ve Akdeniz bölgelerinin sulanır alanlarında yetiştirilmeye başlanılan soyanın tarımı bugün için ağırlıklı olarak Çukurova Bölgesinde yapılmaktadır. Adana ve Osmaniye illeri, Türkiye soya üretiminin % 80-85’ini karşılamaktadır (Nazlıcan, 2007). Ancak son yıllardaki soya üretimimiz 50–60 bin tona düşmüş olup, çiftçilerimizin bu değerli ürünü daha fazla tanınması ve ekim nöbetinde yer vererek, soya üretimini yaygınlaştırmadığı görülmektedir. Dünyayı besleyen 5–6 önemli bitkisel üründen birisi olan soyanın, yağı çıkarıldıktan sonra kalan unu ya da küspesi çok besleyici olup, proteince çok zengindir. Bu özelliğinden dolayı gıda sanayisinde bolca kullanılır. Soya tohumlarında % 40–45 oranında protein, % 18–20 oranında da yağ bulunmaktadır. Dünya’da en fazla üretilen ve tüketilen yağ soya yağı, yem sanayisinde en fazla kullanılan hammadde ise soya küspesidir. Soyanın insan beslenmesinde önemli bir yeri vardır. Gelişmiş ülkelerin tıp çevreleri kendi insanlarını, soyayı özellikle kalp ve kanser hastalıklarına karşı koruyucu olarak tüketmek üzere sürekli bilgilendirmektedir. Hatta Amerika Birleşik Devletlerinde bazı soyalı gıda ürünlerinin üzerine, “kalp sağlığına karşı yararlı etkisi vardır. ” şeklinde uyarıcı ve bilgilendirici etiketlerin konularak kullanılmasına izin verilmiştir. Bugün için gelişmiş ülkelerin piyasalarında, soyanın sütü, peyniri, filizi, sosu, dondurması, eti ve unundan, mürekkebi, mumu ve benzinine kadar pek çok soyalı sanayi ürünü bulunabilmektedir. Son yıllarda ülkemizde de, ithal soyalı ürünlerin birçoğunu market raflarında bulmak mümkün olmuştur. Özellikle gıda sanayi ürünlerinden yararlanmak, yetersiz beslenme problemiyle boğuşan Türk insanı için de vazgeçilmez bir seçenektir. İstatistiklere göre; 2003 yılında 175 bin tonu soya yağı olmak üzere toplam 1,5 milyon tonluk soyalı ürünün ülkemize ithal edilmiş olması, soyanın tüketim alışkanlıklarımız içerisinde giderek artan şekilde yer almaya başladığını göstermektedir. Bir baklagil bitkisi olarak soya, toprağa azot

kazandırarak, kendisinden sonra ekilecek olan ürünlerde verimi arttırır ve gübre tasarrufu sağlar. Ekim nöbeti için en uygun bitkilerden birisidir.

Bitkiler sinyal moleküllerinin senteziyle de tuz stresine cevap verirler. Bu sinyal molekülleri birbirine bağlı uyumlu bir sıra halinde aktive olurlar. Sinyal moleküllerin birçoğu stres şartlarının üstesinden gelinmesinde bitkiye yardım ederler. Bu sinyal moleküllerinin bazıları bitkilerde tanımlanmıştır. Sinyal moleküllerinin varlığı fizyolojik ve biyokimyasal düzeyde dış kaynaklı sinyal molekülü uygulamalarına bitkilerin verdikleri tepkiler ile daha kolay anlaşılmıştır. Bitkilerde Salisilik asit (SA)'nın koruyucu sinyal rolü tütün ve *Arabidopsis* bitkilerinde iyi bir şekilde tespit edilmiştir. Diğer bitkilerde ise savunma cevaplarının harekete geçmesinin bununla ilgili olduğu savunulmuş fakat tam olarak aydınlatılamamıştır. Farklı bitki türlerinde dışsal olarak SA uygulamaları ve temel düzeyde SA çalışmaları, mevcut bitkiler arasında SA'ya tepkilerin de farklılık olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Dikotiledon bitkilerde SA'ya verilen tepkiler ile ilgili oldukça iyi belirlenmiş veriler olmasına karşın, dışsal SA uygulamaları ile ilgili monokotiledon bitkilerin verdikleri tepkiler hakkında çok az bilgi bulunmaktadır. Örneğin; mısır, arpa ve pirinç bitki hücrelerinde SA'ya karşı indüksiyon PR geni ile ilgili çalışmalar yapılmış, ancak H₂O₂ nin indüksiyonu ile ilgili bilgi elde edilmemiştir.

Türkiye'de özellikle sera alanlarında son zamanlarda görülen tuzluluk problemi, yetiştiriciliği kısıtlayan faktörlerin başında gelmektedir. Yetiştiricilik yapılan alanların tuzlaşması ve sulama sularından kaynaklanan tuzluluk, ülkemizde yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan biberin tuza karşı hassasiyetinden dolayı olumsuz yönde etkilemektedir (Aktaş, 2002). Tuzluluğun zararı biber yetiştiriciliğinde açıkça ortaya çıkmasına rağmen, tuz stresine karşı dayanıklı çeşitlerin belirlenmesi ve geliştirilmesine yönelik yeterli sayıda çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışmada Soya (*Glycine max*) cv., "A3935" fidelerinde incelenen bu parametrelerin, tuz stresine karşı muhtemel toleranslarıyla olan ilişkisinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Daha önceki çalışmalarımız, bizi prolin'in koruyucu rolünün tuza dirençli olmayan soyanın tuz zararının prolin ile azaltılması

çalışmalarına yönlendirmiştir. Tuz stresinin giderek artan önemine bağlı olarak, bu stresin azaltılmasına karşın literatürde uygulanan yöntemlerden SA ve prolin'in etkinliğini ayrıntılı bir şekilde uygulamak için; kontrol ve tuz stresi ortamlarında salisilik asitin farklı konsantrasyonları (0.1, 0.25, 0.5, 0.75 ve 1.0 mM) ilave edilerek soya fideleri yetiştirilmiştir. Bunlara, 50, 75, 100, 125 ve 150 mM tuz (NaCl) uygulamasından sonra 28. gününün sonunda, tohum çimlenmesi, yaprak alanı, yaprak taze ve kuru ağırlıkları, prolin, klorofil, protein miktarı, iyon tayini (Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++}) çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Laboratuarda yapılan çalışma sonuçları ile SA ve prolin'in tuz stresine karşı cevapta hangisinin daha etkili olduğu incelenmiş ve hangi konsantrasyonlarda tuz stresine bitki cevabının mekanizması araştırılmıştır. Bulgular, bitkilerin tuz stresine ilk tepkisiyle SA ve prolin'in bitkide meydana getirdiği tepki mekanizmasını aydınlatmıştır. Bitkilerde tuz stresine prolin ve SA'in koruyucu rol oynadığı kısmen belirlenmiştir. Ancak, tuza dirençli ve dirençli olmayan bitkilerin tuza cevap mekanizmasında prolin ve SA'in ayrıntılı etkileri ve gerçekten tuz stresini azaltmada rollerinin olup olmadığı kesinlik kazanmamıştır. Bu çalışmada öncelikle tuzun zararlı etkilerinin belirlenmesi, tuza dayanıklılık mekanizmasında SA ve prolin'in etkilerinin tespiti ve kapasitelerinin kıyaslanması amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tuz stresiyle ilgili son yıllarda birçok çalışma yapılmıştır. Bazı nohut (*Cicer aritinum*) çeşitlerinde tane iriliği ve tuz stresinin çimlenme özelliklerine etkisinin incelendiği araştırmada, tuz stresinde çimlenme özellikleri bakımından çeşitler ve tane irilikleri arasında farklılık olduğu belirlenmiştir. Gökçe çeşidi tuzlu şartlarda yüksek oranda çimlenmiş, çeşitlerin küçük (7 mm) taneleri, orta (8mm) ve iri (9 mm) tanelerden daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Çeşitlerin tüm tane iriliklerinde çimlenme 4 atm tuz stresinde düştüğü belirlenmiştir (Gürbüz, 2008).

Yapılan başka bir çalışmada tuz stresine maruz bırakılan yazlık ve kışlık mercimek çeşitlerinde morfolojik ve moleküler düzeydeki değişiklikler araştırılmış. Kışlık özelliğe sahip iri taneli Sazak 91 ve Yerli Kırmızı çeşitlerinde 4 hafta ara ile sulama uygulaması, verim ve verim ile ilişkili karakterlerde en yüksek değerleri bulunmuştur. Yazlık çeşitlerden Sultan 1, 2 hafta ara ile yapılan sulama uygulamasında en yüksek tane ve biyolojik verim değerlerini verirken, Malazgirt 89 çeşidi 3 hafta ara ile sulama uygulamasında en yüksek değerleri vermiştir. Stoma sayıları ve büyüklükleri hem yazlık hem de kışlık çeşitlerde benzerlik göstererek, sulama durumlarına bağlı olarak önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Ancak stoma açıklıkları su seviyesinde düşüğe bağlı olarak azalmıştır (Battal ve ark., 2008).

Tuz stresi altındaki bazı mısır (*Zea mays*) çeşitlerinin fotokimyasal etkinliklerindeki değişimler Kautsky Etkisi yaklaşımı ile belirlenip, çeşitlerin kuraklığa tolerans kapasiteleri yorumlanmış. Toprak kültüründe kontrollü koşullarda yetiştirilen 12 günlük mısır çeşitleri sulama yapılmaksızın 12 gün süre ile kuraklık periyoduna bırakılmış ve ardından 6 gün boyunca yeniden sulama yapılmıştır (Ekmekçi ve ark., 2008).

Literatürde tuz stresi sırasında bitkilerin yapraklarını kıvrarak stomalarını kapatmadıkları şeklinde fikirler ileri sürülmüştür. Bu araştırmada yaprak kıvrılması

denemeleri için bir model bitki olarak görülen *Ctenanthe setosa* bitkisi kullanılarak, bu fikrin doğruluk derecesi incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda, stomaların yaprakların kıvrılma periyodu boyunca belirli ölçülerde kapanmalar gösterdiği saptanmıştır. Kıvrılma sırasında stoma hareketleri ile fotosentetik parametreler, fotosentetik pigment miktarları, antioksidant enzim ve bileşikler, yaprağın ve toprağın su durumu, ortamın ışık yoğunluğu, nemi ve sıcaklığı arsında pozitif ve negatif korelasyonlar tespit edilmiştir. Sonuç olarak yaprak kıvrılmasının bitkilerin stomalarını kapatmamak için görev yapan bir mekanizma olmadığı, stoma hareketlerinin yapraktaki birçok fizyolojik ve biyokimyasal olayla bağlantılı olduğu sonucuna varılmıştır (Kadıoğlu ve ark., 2008).

Tuza maruz bırakılan yazlık ve kışlık mercimek çeşitlerindeki prolin, osmotik potansiyel ve şeker düzeylerindeki değişiklikler araştırılmıştır. Bu amaçla, 2 kışlık ve 2 yazlık olmak üzere tescil edilmiş 4 mercimek çeşidi kullanılmış. Prolin seviyeleri, osmotik potansiyel seviyeleri, şeker seviyeleri belirlenmiştir (Battal ve ark., 2008).

Tuzluluk; bitkilerde büyüme, gelişme ve verimi kısıtlayan en önemli abiyotik stres faktörlerinden biridir. Tuz stresinin iki nohut (*Cicer arietinum*) çeşidinin fotokimyasal aktiviteleri üzerindeki fizyolojik etkilerini ortaya koymak ve tuz stresinden kaynaklanan oksidatif hasarın giderilmesinde antioksidan enzim aktivitelerinin rolünü belirlemek üzere klorofil a, malondialdehit (MDA) analizi yapılmıştır. Klorofil a floresansı sonuçları, nohut çeşitlerinde, artan tuz stresinin PSII'nin fotooksidasyonuna neden olduğunu göstermiştir.

Ancak, şiddetli tuz stresinin, yeniden sulama uygulamasıyla, her iki çeşitte de fotokimyasal etkinliği kontrol seviyesine kadar iyileştirdiği belirlenmiştir. Artan tuz stresine bağlı olarak her iki çeşidin membranlarında da oluşan MDA içeriğindeki artış oksidatif hasarın bir göstergesidir. (Kalefetoğlu ve ark., 2008).

Başka bir çalışmada, tuz (çoraklık) ve tuz stresleri altında *Triticum aestivum* çeşitlerinin tuz ve kuraklık streslerine dirençli *Triticum aestivum* (Bayraktar) ve *Triticum aestivum* (Atay) varyetelerinin antioksidan enzimler düzeyinde verdiği yanıtlar incelenmiştir. 3 gün boyunca karanlıkta çimlendirilen örneklere çimlenmeyi

takiben 3 gün süreyle 1 mM glycine betaine (GB) uygulaması yapılmış ve ardından 5 gün boyunca tuz ve kuraklık stresleri bağımsız setlerde paralel uygulanmış (kontrol grupları hariç), malondialdehit (MDA) miktarı, prolin miktarı, stres uygulamalarında artış olduğu tespit edilmiştir. GB uygulamasının MDA, prolin ve antioksidan enzim seviyelerinde azalmalara neden olduğu gözlenmiştir (Yediyıldız ve ark., 2008).

Tuzluluk ve kuraklık dünyanın yaygın sorunları arasında yer aldığını, bu tarz stresler bitkide büyüme ve gelişme gibi olayları olumsuz etkilediğini, tuzluluk, bitkilerde osmotik problemlere neden olarak zarar vermekte olduğunu bildirmişlerdir (Doğan, 2004). Bu amaçla yaptıkları çalışmada materyal olarak seçilen *Glycinne densa* sulak alanlarda yayılış gösteren kozmopolit bir bitki olduğunu, bu tür, dünyanın birçok bölgesinde atık suların ağır metallere arıtımında indikatör olarak kullanıldığını, üç farklı kuraklık periyodu (çok kurak, orta derecede kurak ve iyi sulanmış) ve beş farklı tuzluluk (0, 125, 250, 375, 500 mol m⁻³) derecesinde incelemeler yapmışlardır. Sonuçta bitkilerin kök ve gövde uzunlarında değişimler tespit edilmiş, kök büyüme oranının 250 ve 500 mol m⁻³ tuzluluk derecesinden olumsuz etkilendiğini, tuzluluk ve kuraklığın *Glycinne densa*'da kök ve gövde uzamasını olumsuz etkilediğini ve yapraklarda klorozise yol açtığını belirlemişlerdir (Demirezen ve ark., 2008).

Başka bir çalışmada tuz stresine toleranslı olduğu ve buna bariz bir yaprak kıvrılma mekanizmasıyla gerçekleştirdiği bilinen *Ctenanthe setosa* bitkisi seçilmiştir. Strese cevap olarak oluşan yaprak kıvrılması esnasında yapraklarda meydana gelen anatomik değişiklikleri belirlemek ve bu kıvrılma mekanizmasının hangi hücrelerin nasıl sağladığını ortaya çıkarmak üzere araştırma yapmışlar. Çalışma kapsamında yaprak kıvrılma dereceleri, yaprak su potansiyeli ve bazı anatomik parametreler stresli bitkilerin % 20, 50, 80 yaprak kıvrılma derecelerinde ve kontrol bitkilerinin yapraklarında ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre tuz süresince yaprak kıvrılması artarken, kıvrılan yapraklardaki su potansiyeli dereceli olarak azalmıştır. Ayrıca kıvrılan yapraklardaki mezofil, lamina ve hipodermis hücrelerinin kalınlığının azaldığı belirlenmiştir. Araştırmacılar bunlara ilaveten yaprak kıvrılmasının ksilem borularının çaplarının, stoma ve orta damar boyutlarının dereceli olarak azalmasına neden olduğunu bulmuşlardır. (Kutlu ve ark., 2008)

Tuz koşullarına dayanıklılığı farklı olan *Phaseolus vulgaris* kültüvarlarındaki su potansiyeli ve antioksidan sistem arasındaki ilişki araştırılmıştır. Unifoliat ve trifoliat yapraklarda yapılan analizler sonucunda, tuz stresi koşullarında fasulye kültürlerinin su potansiyellerinin azaldığı, enzim aktivitelerinin arttığı bulunmuştur. SOD aktivitesinin unifoliat yapraklarda azaldığı, trifoliat yapraklarda ise değişmediği belirlenmiştir. Su potansiyelindeki azalma ve enzim aktivitesindeki artışın diğer çeşitlere göre Yunusta daha az, Karacaşehirde ise daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Sonuç olarak, *Phaseolus vulgaris* çeşitlerinde tuz koşulları altında su potansiyelindeki azalma ve antioksidan enzim aktivitesindeki artış arasında iyi bir korelasyonun olduğunu ortaya koymuşlardır. (Terzi ve ark., 2008)

Başka bir çalışmada tuz stresi altında *Ctenanthe setosa*'nın yaprak kıvrılma dereceleri boyunca su potansiyeli ile klorofil flüoresans parametreleri (PS II Fv/Fm, ΦPS II, NPQ, Qp) arasındaki ilişki araştırılmış. Bitkilerin 25°C'de laboratuvar koşullarında (yaklaşık 300 µmol (foton) m²s⁻¹ ışık yoğunluğunda) büyümeleri sağlanmıştır. Yapraklarını kıvrması amacıyla bitkiler kuraklık periyoduna maruz bırakılmıştır. Bu amaçla 0, %20-30, %50-60, %70 ve üzeri kıvrılma dereceleri boyunca yapraktan alınan disklerle su potansiyeli ve ardından kıvrılma derecelerinde bitkilerin klorofil flüoresans parametreleri ölçülmüştür. Yapılan analizler sonucunda yaprak su potansiyellerinin kıvrılma boyunca giderek azaldığı gözlenirken, klorofil flüoresans parametrelerinin %50 kıvrılma derecesine kadar önemli bir farklılık göstermediği, daha yüksek kıvrılma derecelerinde ise belirli ölçüde değiştiği saptanmıştır. Buna göre yaprak su potansiyelindeki azalma ile kıvrılma boyunca klorofil flüoresans parametreleri arasında bir ilişkinin olduğu sonucuna varılmıştır (Nar ve ark., 2008).

Kuraklığın kışlık buğdayın gelişmesi ve verimine etkisinin araştırıldığı çalışmalarda, erken kuraklık, sulu koşullara göre birim alandaki tane sayısının % 44,4, 1000 tane ağırlığının % 6,9, tane veriminin ise; % 40,6 oranında azalmasına neden olduğu tespit edilmiştir. Geç kuraklığın yeşil dokulardaki yaşlanmayı hızlandırması; daha kısa yeşil alan süresi (27,5 gün) ,daha düşük 1000 tane ağırlığı (3,8 g) ve tane veriminde azalma % 24 ile sonuçlandığı tespit edilmiştir. Erken kuraklık başlıca birim alandaki tane sayısını, kuraklığın ise; tane ağırlığını sınırladığı

belirlenmiştir. Ayrıca erken kuraklığın tane verimine olumsuz etkisi geç kuraklığa göre daha fazla olduğu gözlenmiştir (Kalaycı, 1999).

Ekmeklik buğdayda (*Triticum aestivum*) kuraklığa dayanıklılıkla ilgili özellikler arasındaki ilişkiler çalışmada, yapılan korelasyon ve path analizi sonucunda, Trakya bölgesi gibi yarı kurak alanlar için, her iki dönemde yaprak su tutma yeteneği, tane dolum süresi ve bitkide bayrak yaprağı alanının önemli seleksiyon ölçütleri olduğu belirlenmiştir. Mumluluğun tane verimi üzerine olumlu bir etkisinin olmadığı, hatta yarı kurak bölgelerde verimi kısıtlayıcı bir özellik olduğu tespit edilmiştir (Ekmekçi ve ark., 2008).

Tuz stresi altındaki mısır bitkisinde (*Zea mays*) Ca^{++} , K^+ ve Mg^{++} etkileri üzerine yapılan araştırmalarda, mısır bitkisine tuzun ile ilave olarak verilen Ca^{++} , Mg^{++} ve K^+ u bileşiklerinin membran geçirgenliği ve bağıl su içeriği üzerine iyileştirici etki yaptığı tespit edilmiştir. Prolin oranının tuz uygulamasıyla beraber arttığını gözlemlemişlerdir (Yakıt, 2006).

Bazı pestisidlerin turuncgillerin fizyolojik ve anatomik özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, Washington yapraklarında (0,25 mg/g) pestisit uygulamasında, uygulamanın 30. gününde (0,22 mg/g), 15. günde ise (1,26 mg/g) prolin konsantrasyonunun arttığı tespit edilmiştir. Valencia portakal çeşidi yapraklarında pestisit uygulamasından önceki döneme göre prolin konsantrasyonunun değişmediği tespit edilmiştir (Fidan, 2007).

Kuraklık ve tuzluluk koşullarında prolin sentezlenmesi üzerine yapılan bir araştırmada, prolin sentezinin genel olarak arttığı tespit edilmiştir (Wynjones ve Storey, 1978). Tuz stresinde bazı nohut (*Cicer aietinum*) çeşitlerinin gelişimi prolin, sodyum, klor, fosfor ve potasyum konsantrasyonlarındaki değişimlerin incelendiği araştırmada, tuz stresi altında damla çeşidinin kuru ağırlığı diğer çeşitlere göre daha fazla olmuş genelde Na^+ ve Cl^- konsantrasyonları diğer çeşitlere göre daha düşük olarak tespit edilmiştir. Tuz stresi altında çeşitlerin prolin, Na^+ , Cl^- , P^+ konsantrasyonları artmış, K^+ konsantrasyonu ise azalmıştır (Yediyıldız ve ark., 2008).

Domates ile yapılan bir çalışmada sodyum klorür ve bunların kombinasyonlarının fizyolojik ve morfolojik etkilerinin araştırıldığı çalışmada, kadmiyum stresli koşullarda denenen serbest prolin miktarlarında Ca^{++} derişimi ile birlikte artışlar olduğu tespit edilmiştir. NaCl etkisindeki serbest prolin akümülyasyonlarında artan tuz derişimi ile birlikte artışın olduğu tespit edilmiştir (Doğan ve ark., 2010b).

Ayçiçeği (*Helianthus annuus*) fidelerinin toplam çözünebilir protein, prolin ve klorofil miktarları üzerine civa klorürün etkilerinin araştırıldığı çalışmada, bir haftalık fideler 10 gün süreyle hoagland solusyonu ile hazırlanmış 0.03, 0.05 ve 0.07 mM konsantrasyonlarındaki civa klorür çözeltilerinde büyümeye bırakılmıştır. 17 gün sonra civa klorüre maruz bırakılan fidelerin toplam çözünebilir protein, prolin ve klorofil içerikleri tespit edilmiştir. Civa klorüre maruz bırakılan fidelerin yapraklarındaki prolin içeriklerinde artma tespit edilmiş, klorofil (a+b) ve toplam çözünebilir protein miktarında azalma olduğu tespit edilmiştir (Munzuroğlu, 2004).

Harran Ovası koşullarında, ikinci ürün olarak, 2002 ve 2003 yıllarında yürütülen çalışmada, 14 soya çeşidi ile 6 soya hattının, bölge koşullarına uyumu araştırılmıştır. Çalışmada ele alınan soya çeşit ve genotiplerinin bitki boyu, bitki başına dal sayısı, bakla sayısı, ilk bakla yüksekliği, dekara verim, yağ oranı ve vejetasyon süresi gibi önemli tarımsal ve morfolojik özellikleri incelenmiş, S.4240, Williams, Sloan ve Amsoy-71 çeşitlerinin Harran Ovası Ekolojisinde üst sıralarda yer aldıklarını bildirmişlerdir (Yılmaz ve ark., 2005).

Farklı soya fasulyesi hatlarının Bursa ekolojik koşullarında bazı verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla bir araştırma yürütülmüş, bitki boyu, ilk bakla yüksekliği, bitkide bakla sayısı, bitkide tane sayısı, tane verimi, 1000 tane ağırlığı, ham protein oranı, ham yağ oranı, ham protein verimi ve ham yağ verimi özelliklerini belirlemek üzere yapılan çalışmalarda bazı hatlarda protein miktarının yüksek olduğunu, ancak rekabet yeteneklerinin zayıf olduğunu bildirilmiştir (Sincik ve ark., 2008).

Harran Ovasında, 2002-2003 yıllarında yürütülen bir çalışma, farklı dönemlerde uygulanan bazı bitki büyüme düzenleyicilerin, geciken hasatlarda, bakla çatlama ve buna bağlı verim kaybı üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yapılmış, A.3935 soya çeşidi ile 7 farklı bitki büyüme düzenleyici kullanılmış, hasat zamanı geciktirildikçe, verim kayıplarında önemli artışlar olmuştur. Bunun nedeni, ana ürün koşullarında yetiştirme süresinin daha uzun olması, hasat sonrası baklaların elastikiyetini kaybetmesi, hava sıcaklığının daha yüksek, oransal nemin düşük, bitki büyüme düzenleyicilerin etkinliğinin yüksek çıkması, hem verim artışı sağlamak ve hem de verim kaybını azaltmak için, ana ürün koşullarında bitki büyüme düzenleyici uygulamalarının yapılması önerilmektedir. İkinci ürün koşullarında ise, büyüme düzenleyiciler bakla çatlama oranı üzerine beklenen düzeyde etkili olmadıkları, ancak, birim alandan elde edilecek verim göz önüne alınarak, ikinci ürün koşullarında da bitki büyüme düzenleyicisi uygulamaları önerilmektedir (Güllüoğlu, ve ark., 2005).

Başka bir çalışma da soya fasulyesi bitkisinde hasat kayıplarının asgariye indirilmesi açısından bitki boyunun uzun olması, sık ekimlerde dallanma, bakla ve tohum sayılarında azalmalar meydana geldiğini, asrın harika bitkisi olarak tanımlanan soyanın sulu tarımda yapılması gerektiğini bildirmişlerdir (Bakoğlu, ve ark., 2005).

Bitkilerin tuzluluğa olan toleransları bazı faktörlere bağlıdır. Bunlar, bitki içerisinde tuzun hareketini kontrol etme, toksik iyonların tutulması, bitkilerin çözünen madde biriktirme kabiliyeti, stres şartlarından dolayı oluşan serbest radikallerin etkili bir şekilde yok edilmesi ve stres teşvikli proteinlerin sentezlenmesi (Delauney and Verma, 1993; Hanson et al., 1994). Organizmalar abiyotik streslere karşı tolerans sağlayabilmek için sitosollerinde çeşitli çözünenleri biriktirirler.

Tuz stresi bitkilerin üretkenliğini sınırlayan önemli bir etkidir. Tuz stresi tohum çimlenmesinden bitkinin gelişimine kadar fizyolojik olarak birçok olayı etkileyebilir. Bitkilerin tuz stresine verdikleri karmaşık cevaplar kısmen ozmotik potansiyel, iyon ve osmotik etkiyle açıklanabilir (Pasternak, 1987). Doğal şartlarda büyüyüp gelişen bitkiler kaçınılmaz şekilde farklı stres türlerine maruz kalırlar. Bu

stres türleri bitkilerde aktif oksijen türlerinin (AOS) artışına ve oksidatif stres durumuna neden olabilir (Smirnoff, 1993). Tuz stresi oksidatif stres şartlarını teşvik edebilir (Zhu, 2000). Strese cevapta antioksidan enzimlerin aktivitesindeki değişiklikler toleranslı ve hassas türlerde farklı şekillerde rapor edilmiştir (Meloni et al., 2003; Sairam et al., 2002). Son yıllarda tuz stresine toleranslı pamuk kültürlerinin AOS'a karşı daha iyi bir korunma için antioksidan enzim aktivitesini tuz stresinde artırdığı ileri sürülmektedir (Meloni et al., 2003). Bunlar doku zararına neden olan süperoksit radikaller (O_2^-), siglent oksijen (1O_2), hidrojen peroksitleri (H_2O_2) içerirler (Foyer et al., 1994b). Bitkiler AOS' un zararlı etkisini azaltmak veya yok etmek için çeşitli korunma mekanizmalarına sahiptirler. Bitki hücrelerinde bunlara bir örnek olarak enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidanlardan oluşmuş antioksidan enzim sistemi verilebilir (Foyer et al., 1994b). Antioksidan enzim korunma sisteminin kapasitesi tuz şartlarında artmaktadır (Gressel and Galun, 1994), fakat çoğu durumlarda normal seviyededir (Foyer et al., 1994a).

AOS herhangi bir koruyucu mekanizmanın olmaması durumunda oldukça yüksek seviyede aktiftir. AOS grubundaki maddeler nükleik asitlere, pigmentlere, proteinlere ve membran lipidlerine oksidatif yolla zarar vererek normal metabolizmayı önemli şekilde bozabilirler. İyon ve su hareketlerini düzenleyebilme kapasitesine ilaveten tuza toleranslı bitkiler, AOS'un zararlı etkisini ortadan kaldırmak için genellikle çok iyi bir antioksidant sisteme sahiptirler (Rout and Shaw, 2001). AOS'un zararlı etkisi eşzamanlı ve sıralı olarak harekete geçen çeşitli enzimlerin aktive olmasıyla giderilir. Bu enzimler içerisinde GR (Gulutatyon reduktaz), SOD (Süperoksit dismutaz), APX (Askorbat peroksidaz) ve CAT (Katalaz) dâhil edilebilir. Süperoksit dismutaz (SOD) çeşitli hücre kompartmanlarına yerleşmiş, süperoksidin önemli bir yakalayıcısıdır ve enzimatik fonksiyonu sonucu H_2O ve O_2 oluşur (Smirnoff, 1993). Üretilen H_2O_2 katalaz (CAT) ve Askorbat peroksidaz (APX) çeşitleriyle uzaklaştırılır. Katalaz enzimi hücre içerisinde peroksizomlarda, glioksizomlarda ve mitokondrilerde mevcut olup kloroplastlarda bulunmamaktadır. Dismutazlar çoğunlukla fotosolunum/solunum sonucu H_2O_2 ' yi su ve moleküler O_2 ' e dönüştürür (Asada, 1992; Willekens et al., 1997). Ancak APX enzimi ise fenolik bileşikler ve/veya antioksidantlar gibi ko-

substratların oksidasyonu ile H₂O₂' yi parçalarlar.

Bitkilerin tuza olan toleransları bazı faktörlere bağlıdır. Bunlar, bitki içerisinde iyon hareketini kontrol etme, toksik iyonların tutulması, bitkilerin çözünen madde biriktirme kabiliyeti, stres şartlarından dolayı oluşan serbest radikallerin etkili bir şekilde yok edilmesi ve stres teşvikli proteinlerin sentezlenmesi (Delauney and Verma, 1993; Hanson et al., 1994). Organizmalar abiyotik streslere karşı tolerans sağlayabilmek için sitosollerinde çeşitli çözünenleri biriktirirler. Prolin stres altındaki bitkilerde birkaç kat fazla miktarda biriken çözünenlerden biridir (Delauney and Verma, 1993). Yüksek bitkilerde prolin birikimi osmotik strese karşı özel olarak verilen fizyolojik bir cevaptır. Prolinin NADP oluşumuyla redoks potansiyelindeki artışı tolere edebildiğinden, stres altındaki hücrelerin savunma mekanizmalarında önemli bir role sahip olduğu düşünülmektedir. Stres sonrası prolin yıkımı karbon, azot ve enerji kaynağı olarak kullanılır. Prolin, şekerler ve sukroz stres boyunca osmotik ayarlamaya yardım eder (Kameli and Losel, 1995) ve aşırı su kaybı sırasında makro moleküllerin ve membranların doğal yapısını korurlar (Hoekstra et al., 2001; Prado et al., 2000). Osmoprotektan olarak tuz stresi mekanizmasında prolin miktarındaki artış reaktif oksijen türlerini (ROS) yakalayan enzimlerin artışına neden olmaktadır.

Salisilik asit (SA) bitkilerde fizyolojik olayların düzenlenmesinde görev yapan fenolik karakterli içsel bir büyüme düzenleyicisidir. Örneğin: *Arum lily* 'de termogenesisin tabii bir indikatörü olarak görev yapar. Bitkilerin birçoğunda çiçeklenmeyi teşvik eder ve kök ve stomalardan iyon alınımını kontrol eder (Raskin, 1992). Arabidopsis bitkisinde ise yaprak sensensi boyunca gen ifadesini düzenleyici sinyal olarak görev aldığını gösteren deneysel veriler mevcuttur (Morris et al., 2000). Bununla birlikte meyve olgunlaşmasını engelleyici (Srivastava and Dwivedi, 2000), yerçekiminin bir düzenleyicisi olarak (Medvedev and Markova, 1991) ve diğer metabolik yollarda görev yapabilir. Son 20 yıl boyunca SA farklı patojenlere karşı bitkilerde sistemik direncin (SAR) oluşmasında rol oynadığı araştırmacıların dikkatini çekmiştir. SA, patojenler ile ilgili proteinlerin (PR) şifrelendiği genlerin okunmasında bir sinyal olarak görev almaktadır (Metraux, 2001).

Camarosa çilek çeşidi ile yapılan bir çalışmada, farklı yoğunluklarda tuz ve salisilik asit (SA) doz (0.0, 0.1, 0.25, 0.5 ve 1.0 mM) uygulaması, fizyolojik değişimlere bitki besin elementi içeriğinin değişimine ve bitki gelişimi üzerine etkileri araştırılmıştır. Tuzlu şartlarda SA uygulamasının membran geçirgenliğini azalttığı ve protein, prolin, klorofil b ve toplam klorofil miktarını artırdığı saptanmıştır. Tuzlu şartlarda yapılan SA uygulamalarının bitki gelişimini önemli derece olumlu etkilediği ve SA'nın tuzun toksik etkilerinin ortaya çıkmasını geciktirdiği belirlenmiştir (Tohma, 2007).

Farklı doğal abiotic stres şartlarında bitkiler üzerinde koruyucu bir etkisi olan SA, araştırmacıların ilgisini çekerek harekete geçirmiştir. SA teşvikli buğday fidelerinin tuzluluğa (Shakirova and Bezrukova, 1997) ve su zararlarına karşı direncini (Bezrukova et al., 2001); fasulye tohumlarının düşük ve yüksek sıcaklıklarda direncini (Senaratna et al., 2000); bunun yanı sıra ağır metallerin neden olduğu yaralanma olaylarında pirinç bitkisinin direncini (Mishra and Choudhuri, 1999) artırdığına ilişkin veriler elde edilmiştir. Tütün bitkisinde SA teşvikli sıcaklık şok proteinlerinin sentezlenmesine (Burkhanova et al., 1999), buğday lectinlerinin birikimine (Shakirova and Bezrukova, 1997), osmotik stres şartlarında tütün bitkisi hücre kültüründe 48-kD protein kinaz enziminin hızlı bir şekilde aktive olmasına (Mikolajczyk et al., 2000) neden olduğu hakkında veriler bulunmaktadır. Bu ise farklı antistres durumları ile SA'nın ilgisinin olduğu ileri sürülmesine neden olmuştur. SA, CAT'a ilaveten askorbat peroksidaz ve diğer antioksidan enzimlerin düzenlenmesinde görev yapar. Bu nedenle hücresel H₂O₂ seviyesinin artışıyla da ilgili olabilir. Ancak, SA teşvikiyle elverişsiz çevre faktörlerine bitki direncinin düzenlenmesi sinyal yolları henüz tam olarak açıklanamamıştır.

Sonuç olarak tuz stresi oksidatif strese yol açmakta ve fidelerin hayatlarını devam ettirmelerinde önemli problemlere neden olmaktadır. Reaktif oksijen türleri hücrelerde hem stres şartlarında hem de stresin olmadığı durumlarda üretilmektedir. Normal şartlarda, ROS üretimi ve yıkımı bitki hücrelerinde normal olarak dengelenmektedir. Çevresel stres şartlarında ise reaktif oksijen türlerinin üretimi ve antioksidant sisteminin aktive olması arasındaki denge bozulmaktadır. Bu çalışmanın amacı SA ve prolin uygulaması ile tuz stresi şartlarında SA ve prolin'in tuz stresi

üzerine etkinliğini araştırmaktır. Bunun için tohumun çimlenmesi, büyümesi, yaş kuru ağırlık oranları, yaprak alanı, klorofil miktarı, MDA, iyon analizi (Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++}), prolin ve SA miktarları incelenecektir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal olarak sağlam ve benzer büyüklükte yeteri kadar seçilen soya tohumları Ellis ve ark. (1988)'nin yöntemine uyularak yüzeysel sterilizasyonu yapılmıştır. İklim dolabında 25 ± 4 °C ayarlı sıcaklık şartlarında karanlıkta çimlendirme yapılmıştır. Çimlenmiş tohumları tespit edebilmek için tohumların inkübe edildiği günü izleyen 5. günde sayım yapılarak, çimlenme için radikulanın testadan çıkmış olması esas kabul edilmiştir.

Çimlenen tohumlar saksılarda perlit ortamına alınmıştır. Perlit ortamında büyüyen soya fideleri, ilk gerçek yapraklar oluşunca farklı salisilik asit (0.1, 0.25, 0.5, 0.75 ve 1.0 mM) ve tuz (NaCl) konsantrasyonlarıyla (50, 75, 100, 125 ve 150 mM) beraber Hoagland besin çözeltisi kullanılarak (Çizelge 1) esas denemeye başlanmıştır. Çimlenme ve büyüme evresini kapsayan tüm denemeler iklim odasında 25 ± 4 °C sıcaklık ve % 65 ± 5 'e ayarlanmış bağıl nem deney süresince sabit tutulmuştur. Işık şiddeti bitki yaprak yüzeyinden 14500 lüks olacak şekilde ayarlanmıştır.

Deneme; çimlenme aşamasında 6 gün, ilk gerçek yaprakların oluşum aşamasında 14 gün, SA ve tuz stresi aşamasında 12 gün olmak üzere toplam 32 günü bulmuştur. Kontrol grubundan, tuz stresi ve SA uygulanmış ortamlarda yetişen bitkiler 32. günün sonunda hasat edilmiştir.

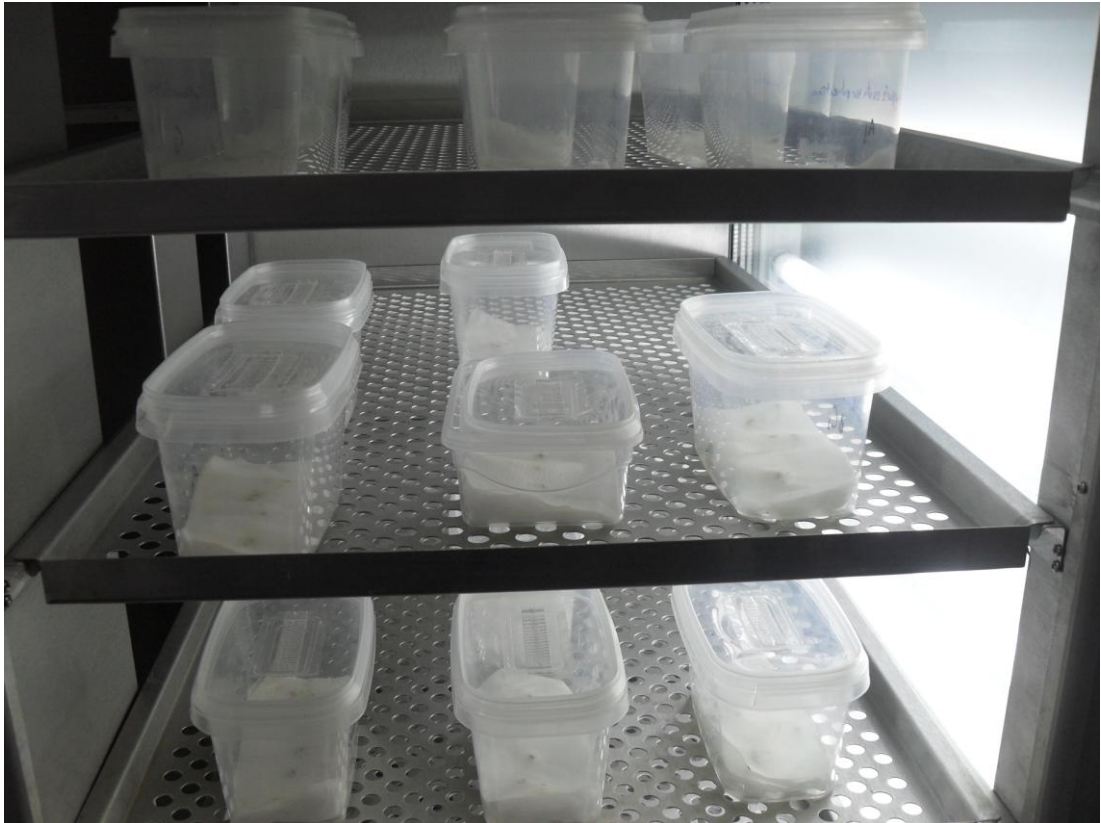
Çizelge 1. Hoagland kültür çözeltisinin bileşimi (Hoagland and Arnon, 1938)

<u>Makro Elementler</u>	<u>g/lit*</u>
Ca(NO ₃) ₂ . 4H ₂ O	0.821
KNO ₃	0.506
KH ₂ PO ₄	0.136
MgSO ₄ . 7H ₂ O	0.120
<u>Mikro Elementler</u>	<u>mg/lit</u>
C ₆ H ₅ FeO ₇ . 5H ₂ O (Ferric sitrat)	50.00
MnCl ₂ . 4H ₂ O	1.80
H ₃ BO ₃	2.90
ZnCl ₂	0.12
CuCl ₂ . 2H ₂ O	0.05

* ½ oranında sulandırılmış Hoagland çözeltisi hazırlamak için belirtilen makro ve mikro element miktarları 2 lt, distile suda eritilmiştir. Çözeltinin pH'sı 0.05 M KOH ile 5.7-5.8'e ayarlanmıştır.

Çizelge 2. Deneme planı

Uygulamalar	mM	mM	mM	mM	mM
Kontrol	0	0	0	0	0
Tuz Stresi (NaCl)	50	75	100	125	150
Salisilik asit	0.1	0.25	0.5	0.75	1.0



Şekil 1: Çimlendirme ortamında soya tohumları



Şekil 2: Çimlenmiş soya fidecikleri



Şekil 3: Perlit ortamında yetiştirilen soya fideleri



Şekil 4: Perlit ortamında yetiştirilen soya fideleri

3.1. Yaprak Alanı

Perlit ortamında yetiştirilen soya fidelerinden tesadüfî olarak 3 bitkinin tüm yaprakları seçilmiş, alanlarının hesaplanması için saydam kâğıtlar üzerine kopya edilmiştir. Yaprak alanı, yaprakların kopya edildiği kâğıtlardan Ortiz et al. (1994)'a göre Placom marka Koizumi KP-80N model planimetre aletiyle cm^2 cinsinden hesaplanmıştır.

3.2. Yaş, Kuru Ağırlık ve Oransal Su İçeriği

Deneme bitkilerinin yaş ve kuru ağırlık miktarları ile oransal su içerikleri soya yaprakları üzerinde ölçülmüştür. Bunun için hasattan hemen önce fide yapraklarından 0.5 cm'lik 50 tane disk çıkarılmış, hassas terazide tartılarak yaş ağırlıkları belirlenmiştir. Bu diskler, içlerinde 15'ser ml saf su bulunan petrilere alınıp 3 saat bekletilmiş, sonrasında kurutma kâğıdı ile kurutulmuş ve disklerin turgorlu ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra bu diskler, $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye ayarlanmış etüvde 24 saat kurutularak kuru ağırlıkları ölçülmüştür.

3.3 Klorofilin Belirlenmesi

Yaprak dokularındaki klorofil miktarı Luna ve ark. (2000)' nin uyguladığı yöntemle göre belirlenmiştir. Bunun için bitkinin 2. yapraklarından 0,5'er gram alınan taze örnekler % 80'lik 10 ml etanol içine konmuş ve su banyosunda 80 °C'de 20 dakika bekletildikten sonra 654 nm'de absorbans (A) değerleri "Shimatzu 1040 Model" spektrofotometrede okunmuştur. Yaprak dokularındaki klorofil miktarı toplam klorofil A; $654 \times 1000 / 39,8 \times \text{taze örnek (mg)}$ formülü ile $\mu\text{g/mg T.A.}$ olarak hesaplanmıştır.

3.4. MDA'nın Belirlenmesi

Yaprak dokularındaki malondialdehid (MDA) analizi Lutts ve ark. (1996)' nin yöntemi esas alınarak belirlenmiştir. Bu yöntemle göre -80 °C de donmuş olan örneklerden 200 mg yaş yaprak örneği alınmış, bunun üzerine 5 ml % 0.1 'lik Trichloro Aceticacid (TCA) ilave edilmiş ve bu karışım 12500 rpm devir hızında 20 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. 5 ml'lik ekstraktan 3 ml süpernatant (süzük) alınarak, üzerine % 20 Thiobarbituric Acid (TBA) bulunan % 0.1'lik 3 ml TCA ilave edilmiştir. 95 °C' deki sıcak su banyosunda 30 dakika bekletilen karışımın, 532 ve 600 nm'de absorbans değerleri (A) Shmatzu 1040 model spektrofotometrede okunmuştur. Kör olarak, içinde % 20 TBA bulunan % 0.1'lik TCA kullanılmıştır. Yaprak dokularındaki MDA miktarı, $\text{MDA: } (A_{532} - A_{600}) \times \text{Ekstraksiyon hacmi (ml)} / (155 \text{ mM/cm} \times \text{Örnek miktarı (mg)})$ formülü ile ($\mu\text{mol/g T.A.}$) olarak hesaplanmıştır.

3.5. Prolin Konsantrasyonunun Belirlenmesi

Yaprakda prolin analizi, Bates ve ark. (1973)'nin geliştirdiği yöntem kullanılarak yapılmıştır. Yaklaşık 0,5 g taze yaprak örneği 10 ml %3'lük Sulfosalisik asit ile homojenize edilmiştir. Filtre edilen örnekler 1 saat süresince 100 °C' ye ayarlı su banyosunda ninhidrin ile reaksiyona sokulmuş ve devamında örnekler buz banyosuna alınarak reaksiyon tamamlanmıştır. Soğutulmadan sonra ortam toulen ile ekstrakte edilmiş ve pembemsi-kırmızı renkte, standart olarak L prolin kullanılarak, 520 nm'de spektrofotometrede okuma yapılmıştır.

3.6 Salisilik Asitin Belirlenmesi

Bu deney, bitkinin kendi ürettiği içsel SA'nın tuz stresi esnasında oynadığı rolü ortaya koymak için yapılmıştır. Kısaca, içsel SA üretebilme yeteneği ile tuza dayanıklılık veya tuza verilen cevap arasında bir ilişki olup olmadığı ortaya konulmuştur. SA'nın tuz stresinde oynadığı koruyucu mekanizmanın açıklanabilmesi için gereklidir. Yapılan çalışma, bu konunun aydınlatılmasına katkı sağlamıştır. Kontrollü şartlarda büyütülen bitki dokularından elde edilen ekstraksiyonlarda, içsel SA miktarı Yüksek Performans Sıvı Kromatografisi (HPLC) tekniği kullanılarak ölçülmüştür (Pan et al., 2006).

3.7 İyon Analizleri

Kontrol ve tuz stresi uygulama sonucu elde edilen soyada Na^+ , K^+ , Ca^{++} ve Mg^{++} iyonlarının miktar tayini için ekstraktların hazırlanmasında Taleisnik ve ark. (1997), tarafından açıklanan yöntem izlenmiştir. Buna göre; soya örnekleri etüvde 80 °C de 48 saat kurutulmuş porselen havanda öğütülerek toz haline getirilmiştir. Daha sonra, hassas olarak tartılan 0.5g örnek, bir tüp içine alınarak üzerine 1 N Nitrik asitten (HNO_3) 10 ml ilave edilerek homojenize edilip 20 dakika süreyle çalkalayıcıda çalkalanmıştır. Homojenize edilen örnekler 95 °C de bir saat su banyosunda bekletildikten sonra, soğutulurak 3500 rpm de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Süzülen kısma 10 ml daha 1N HNO_3 ilave edilerek aynı işlem tekrarlanmıştır. Aynı işlem sonunda alınan süpernatant kısmı bilinen bir hacme tamamlanmıştır. Bu şekilde hazırlanan ekstraktlarda Na^+ ve K^+ Ca^{++} ve Mg^{++} iyonları ICP cihazı ile analiz edilmiş ve miktarlar $\mu g/mg$ K.A. Taleisnik ve ark. (1997), göre hesaplanmıştır.

Tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekrarlı, her tekrarda 20, toplamda ise 480 tohum kullanılmıştır. Sonuçlar varyans analizine tabi tutulmuş ve faktörlerin önemlilik düzeyleri ANOVA ile belirlenmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Hoagland besin çözeltisi içerisinde farklı tuz (NaCl) (50, 75, 100, 125 ve 150 mM) ve salisilik asit (0.1, 0.25, 0.5, 0.75 ve 1.0 mM) konsantrasyonlarında yetiştirilen soya fidelerinde değişimler gözlenmiştir. Genellikle tüm uygulamalarda günlere bağlı olarak soya fidelerindeki büyüme kontrole oranla daha az gerçekleşmiştir.

Dünyada meydana gelen tuz stresi problemiyle beraber bilim adamları tuz stresini ortadan kaldırmak veya en aza indirmek için çalışmalar başlatmışlardır.

Bu çalışmada SA ve prolinin tuz stresi üzerindeki etkisi ile diğer büyüme parametreleri arasındaki ilişkisinin sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

4.1. Yaprak Alanı Değerleri

Hoagland besin çözeltisi içerisinde farklı tuz (NaCl) (50, 75, 100, 125 ve 150 mM) ve salisilik asit (0.1, 0.25, 0.5, 0.75 ve 1.0 mM) konsantrasyonlarında yetiştirilen soyanın hasat sonrası yaprak alan değerleri (Çizelge 3).

Çizelge 3. Tuz stresi ve SA da 32 gün süreyle yetiştirilen soya bitkilerinin yaprak alanı (cm²)

Uygulamalar	50 mM	75 mM	100 mM	125 mM	150 mM
Kontrol	23±3	27±4	37±2	45±2	44±1
Tuz stresi	23±2	25±4	20±3	16±3	14±3
Uygulamalar	0.1 mM	0.25 mM	0.50 mM	0.75 mM	1.0 mM
Tuz stresi+SA	23±4	25±3	31±3	36±4	34±4

4.2. Yaş ve Kuru Ağırlık Oranları

Hoagland besin çözeltisi içerisinde farklı tuz (NaCl) (50, 75, 100, 125 ve 150 mM) ve salisilik asit (0.1, 0.25, 0.5, 0.75 ve 1.0 mM) konsantrasyonlarında yetiştirilen soyanın hasat sonrası yaş ve kuru ağırlık oranı ile oransal su içeriği değerleri (Çizelge 4).

Çizelge 4. Tuz stresi ve SA da 32 gün süreyle yetiştirilen soya bitkilerinde yaş ve kuru ağırlık oranı ve oransal su içeriği (gr)

Uygulamalar	50 mM	75 mM	100 mM	125 mM	150 mM
Kontrol	0.601±0.019	0.634±0.032	0.849±0.042	0.849±0.042	0.728±0.027
Tuz stresi Y. ağ.	0.634±0.032	0.685±0.067	0.823±0.054	0.984±0.062	0.875±0.057
Tuz stresi K. ağ.	0.601±0.019	0.663±0.039	0.849±0.042	0.978±0.031	0.916±0.043
Uygulamalar	0.1 mM	0.25 mM	0.50 mM	0.75 mM	1.0 mM
T. stresi+SA Y. ağ.	0.995±0.066	0.841±0.042	0.880±0.018	1.004±0.075	0.823±0.054
T. stresi+SA K. ağ.	0.803±0.021	0.794±0.019	0.837±0.043	0.942±0.033	0.711±0.017

4.3. Oransal Su İçerik Değerleri

Hoagland besin çözeltisi içerisinde farklı tuz (NaCl) (50, 75, 100, 125 ve 150 mM) ve salisilik asit (0.1, 0.25, 0.5, 0.75 ve 1.0 mM) konsantrasyonlarında yetiştirilen soyanın hasat sonrası oransal su içerik değerleri (Çizelge 5).

Çizelge 5. Tuz stresi ve SA da 32 gün süreyle yetiştirilen soya bitkilerinde oransal su içeriği (gr)

Uygulamalar	50 mM	75 mM	100 mM	125 mM	150 mM
Kontrol	70.69±1.86	79.96±2.56	80.45±0.50	81.35±2.86	81.46±3.08
Tuz stresi	83.15±4.05	81.43±5.24	77.95±2.69	77.36±4.35	75.12±5.17
Uygulamalar	0.1 mM	0.25 mM	0.50 mM	0.75 mM	1.0 mM
Tuz stresi+SA	61.65±3.68	67.23±2.48	79.12±1.45	79.77±3.38	89.95±4.44

4.4. Klorofil Değerleri

Hoagland besin çözeltisi içerisinde farklı tuz (NaCl) (50, 75, 100, 125 ve 150 mM) ve salisilik asit (0.1, 0.25, 0.5, 0.75 ve 1.0 mM) konsantrasyonlarında yetiştirilen soyanın hasat sonrası klorofil değerleri (Çizelge 6).

Stres ortamında soya yapraklarının klorofil düzeyi kontrole göre önemli bir oranda değişmiş, tuz stresinden kaynaklanan yaprak dökülmeleri meydana gelmiştir. Klorofil düzeyinin azalması tuz stresinden meydana gelen yaprak sararması, az sayıda yaprağın elde edilmesi olabilir. Çünkü tuz stresin ilerleyen günlerinde stres şiddetlenmiş, soya bitkisinin strese çare olarak yaşlı yapraklarını döktüğü, stomalarını kapatıp transpirasyonu minimuma indirdiği gözlenmiştir. Ayrıca klorofil miktarında azalmalar görülmüştür.

Kontrol, tuz stresi SA altında 32 gün yetiştirilen soya yaprak dokularında belirlenen klorofil miktarları Çizelge 6’de verilmiştir. Klorofil miktarı ile ilgili analiz sonuçları incelendiğinde klorofil miktarı üzerinde tuz stresi etkisinin istatistik olarak önemli olduğu görülmüştür ($p<0.005$). Tuz stresi, klorofil miktarını kontrolle kıyasladığımızda önemli azalmalar meydana gelmiştir. Çizelge 6’ da görüleceği gibi klorofil oranında kontrolde 70 ile 81, arasında, tuz stresinde 53 ile 35 arası oranlar meydana gelmiştir.

Çizelge 6. Tuz stresi ve SA da 32 gün süreyle yetiştirilen soya bitkilerinde klorofil miktarı ($\mu\text{g}/\text{mg T.A.}$)

Uygulamalar	50 mM	75 mM	100 mM	125 mM	150 mM
Kontrol	70±1	79±2	80±5	81±2	81±3
Tuz stresi	53±4	51±5	47±2	47±4	35±5
Uygulamalar	0.1 mM	0.25 mM	0.50 mM	0.75 mM	1.0 mM
Tuz stresi+SA	61±38	67±2	79±1	79±3	89±4

4.5. MDA Değerleri

Hoagland besin çözeltisi içerisinde farklı tuz (NaCl) (50, 75, 100, 125 ve 150 mM) ve salisilik asit (0.1, 0.25, 0.5, 0.75 ve 1.0 mM) konsantrasyonlarında yetiştirilen soyanın hasat sonrası MDA değerleri (Çizelge 7).

Stres ortamındaki soya yapraklarının MDA düzeyinin kontrole göre önemli bir oranda değişmiş olması, tuz stresinden meydana gelmiştir. MDA düzeyinin artması stresten meydana gelen hücre hasarını yaptığı, buna karşı bir direnç oluşturduğu anlaşılmaktadır.

Lipit peroksidasyon ürünü olan MDA hücre zarında meydana gelen bir bozulmanın ürünü olarak karşımıza çıktığından, soyanın strese karşı önlem almaya çalıştığı anlaşılmaktadır. Soya yapraklarında ortalama lipid peroksidasyon değerlerinin kontrollerden yüksek olması soyanın çevresel stres faktörlerinden daha fazla etkilenebileceği ve serbest radikal oluşumunun daha yüksek olabileceği sonucunu ortaya çıkartmaktadır. Artan tuz stresine bağlı olarak soya membranlarında oluşan MDA içeriğindeki artış oksidatif hasarın bir göstergesidir (Çizelge 7).

Lipid peroksidasyonunda görülen önemli değişiklik, tuz stresi klorofil ve bitki ile ilgili birkaç mekanizmayla membranların hasar gördüğüne işaret etmektedir. Tuz stresi uygulamasına bağlı olarak bitkilerin su seviyelerini belirli düzeyde tutmak için osmotik potansiyellerini düşürdükleri, MDA değerleri tuz stresiyile değiştiği fark edilmiştir.

MDA açısından kontrol ve tuz stresi grubu anlamlı derecede farklıdır ($p < 0,01$). 125 ve 150 mM ortamlarında MDA oranları birbirine yakın bulunurken tuz stresinin süresi ve şiddeti artmaya başlayınca MDA oranında artma meydana gelmiştir. Klorofil ile MDA oranları pozitif bakımından anlamlı bulunmuştur.

Kontrol, tuz stresi ve SA ortamlarında 32 gün yetiştirilen soya yaprak dokularında belirlenen MDA miktarları Çizelge 7'de verilmiştir. MDA miktarı ile ilgili analiz sonuçları incelendiğinde MDA miktarı üzerinde tuz stresi etkisinin istatistik olarak önemli olduğu görülmüştür ($p < 0,005$). 6. günden başlayarak 18. güne kadar önemli sayılabilecek artış meydana gelmiştir. Analiz sonuçlarına göre klorofil miktarında meydana gelen azalma stres ortamında MDA'nın artmasına neden olmuştur. Aşağıdaki çizelgeden de görüleceği gibi MDA oranında kontrolde 45 ile 46 arasında, tuz stresi stresinde 54 ile 87 arasında, oranlar meydana gelmiştir.

Çizelge 7. Tuz stresi ve SA da 32 gün süreyle yetiştirilen soya bitkilerinde MDA miktarı ($\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A.)

Uygulamalar	50 mM	75 mM	100 mM	125 mM	150 mM
Kontrol	45 \pm 1	47 \pm 2	47 \pm 2	45 \pm 3	46 \pm 2
Tuz stresi	54 \pm 1	65 \pm 1	68 \pm 1	76 \pm 2	87 \pm 1
Uygulamalar	0.1 mM	0.25 mM	0.50 mM	0.75 mM	1.0 mM
Tuz stresi+SA	51 \pm 3	57 \pm 2	59 \pm 1	69 \pm 3	79 \pm 4

4.6. İyon Analizi Na^+ , K^+ , Ca^{++} ve Mg^{++}

Hoagland besin çözeltisi içerisinde farklı tuz (NaCl) (50, 75, 100, 125 ve 150 mM) ve salisilik asit (0.1, 0.25, 0.5, 0.75 ve 1.0 mM) konsantrasyonlarında yetiştirilen soyanın hasat sonrası iyon miktarı değerleri (Çizelge 8).

Tuz stresi yaprakların Na^+ miktarında denemenin ilerleyen günlerinde önemli sayılabilecek artışlar sağlamıştır (Çizelge 8). Soya yapraklarının Na^+ düzeyinin kontrole göre ilk günlerde biraz yüksek, diğer günlerde anlamlı derecede yüksek seyrettiği gözlenmiştir. Tuz stresinden kaynaklanan hücresel düzeydeki hasarın etkili olduğu, strese karşı bir direnç oluşturduğu anlaşılmaktadır. İçsel stres faktörlerin etkilendiği, soya yapraklarında oluşan Na^+ içeriğindeki artış şüphesiz su ihtiyacının bir göstergesidir (Çizelge 8).

Kontrol, tuz stresi ve SA altında 32 gün yetiştirilen soya yaprak dokularında belirlenen Na^+ miktarları çizelge 8'de verilmiştir. Na^+ miktarı ile ilgili analiz sonuçları incelendiğinde Na^+ miktarı üzerinde tuz stresi etkisinin istatistik olarak önemli olduğu görülmüştür ($p < 0.005$). Tuz stresi Na^+ miktarı kontrole kıyaslandığında önemli, kendi arasında günler bazında incelendiğinde ise çok daha önemli miktarda arttığı görülmüştür. Aşağıdaki çizelgeden de görüleceği gibi Na^+ oranında kontrolde 8.5 ile 12.2 arasında, tuz stresinde 23.3 ile 27.4 arasında, SA+ tuz stresinde 20.3 ile 24.4 arasında ki oranlar meydana gelmiştir.

Tuz stresi yaprakların K^+ miktarında pek önemli sayılabilecek azalma sağlamamıştır (Çizelge 8). Soya yapraklarının K^+ düzeyinin kontrole ve diğer uygulama ortamlarına göre anlamlı derecede bulunmuştur. Soya yapraklarında ortalama K^+ değerlerinin kontrole göre hemen hemen aynı olması soyanın çevresel

stres faktörlerinden etkilenebileceği, fakat olumlu bir etki yapmadığı sonucunu ortaya çıkartmaktadır. Artan tuz stresine bağlı olarak soya yapraklarında oluşan K^+ içeriğindeki önemli azalma tuz stresinin önemli bir göstergedir (Çizelge 8).

Tuz uygulamasıyla K^+ görülen önemli değişiklik, K^+ un bitkinin dayanıklılığına katkıda bulunduğuna işaret etmektedir. Tuz stresi uygulamasına bağlı olarak bitkilerin su seviyelerini belirli düzeyde tutmak için osmotik potansiyellerini düşürdükleri, ortamda diğer bileşiklerle beraber bulunan Na^+ iyonunun gereğinden fazla alınması sonucu oluşan, rekabet nedeniyle K^+ iyonu alımında azalmaların ve böylece diğer ortam uygulamalarındaki K^+ noksanlığının ortaya çıktığı düşünülebilir.

Kontrol, tuz stresi ve SA altında 32 gün yetiştirilen soya yaprak dokularında belirlenen K^+ miktarları çizelge 8’de verilmiştir. K^+ miktarı ile ilgili analiz sonuçları incelendiğinde K^+ miktarı üzerinde tuz stresi etkisinin istatistik olarak önemli olduğu görülmüştür ($p<0.005$). K^+ miktarı kontrolle kıyaslandığında önemli, diğer günlerde ise kontrole göre çok önemli değişiklikler meydana gelmiştir. Aşağıdaki çizelgeden de görüleceği gibi K^+ oranında kontrolde 15.1 ile 14.1 arasında, tuz stresinde 21.9 ile 14.2 arasında, SA+ tuz stresinde 20.6 ile 29.8 arasında ki oranlar meydana gelmiştir.

Tuz stresi yaprakların Ca^{++} miktarında kontrole göre artışlar sağlanmıştır (Çizelge 8). Soya yapraklarının Ca^{++} düzeyinin kontrole göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Tuz stresinden kaynaklanan hasarını tuz stresine karşı direnci gösterdiği anlaşılmaktadır. Ayrıca soya yapraklarında ortalama değerlerinin kontrolden yüksek olması soyanın çevresel stres faktörlerinden etkilendiği, Ca^{++} olumlu bir etki yaptırdığı sonucunu ortaya çıkartmaktadır. Artan tuz stresine bağlı olarak soya yapraklarında oluşan Ca^{++} içeriğindeki dengeli artma şüphesiz olumlu bir göstergedir (Çizelge 8). Ca^{++} oranında stresin artan şiddetine göre görülen dengeli artma (Çizelge 8) bitkinin dayanıklılığına katkıda bulunduğuna Ca^{++} oranın dengede tutulmasına işaret etmektedir.

Kontrol, tuz stresi ve SA altında 32 gün yetiştirilen soya yaprak dokularında belirlenen Ca^{++} miktarları Çizelge 8’de verilmiştir. Ca^{++} miktarı ile ilgili analiz sonuçları incelendiğinde Ca^{++} miktarı üzerinde tuz stresi etkisinin istatistik olarak önemli olduğu görülmüştür ($p<0.005$). Tuz stresi Ca^{++} miktarı kontrolle

kıyaslandığında önemli, derecede değiştiği görölmüştür. Aşağıdaki çizelgeden de göröleceği gibi Ca^{++} oranında kontrolde 4.9 ile 7.6 arasında, tuz stresinde 22.4 ile 28.9 arasında, SA+tuz stresinde 25.6 ile 27.4 arasında ki oranlar meydana gelmiştir. Ca^{++} hücre zarında lipit protein arasında adeta çimento görevi gören bir element olduğundan stresten kaynaklanan hücre zarı hasarına pek imkân vermediği anlamına gelebilecek katkı sağladığını söyleyebiliriz.

Tuz stresi yaprakların Mg^{++} miktarında kontrole göre tuz stresinde önemli sayılabilecek azalmalar sağlamıştır (Çizelge 8). Soya yapraklarının Mg^{++} düzeyinin kontrole ve kendi arasında ilerleyen günlere göre konsantrasyonun artmasıyla anlamlı derecede düşük bulunmuştur. Tuz stresinden kaynaklanan hasarın pek etkili olduğu görölmüştür.

Ayrıca soya yapraklarında ortalama değerlerinin kontrolden düşük olması soyanın çevresel stres faktörlerinden, çok fazla etkilendiği, Mg^{++} bileşiklerinin olumlu bir etki yapmadığı sonucunu ortaya çıkartmaktadır.

Artan tuz stresine bağlı olarak soya yapraklarında oluşan Mg^{++} içeriğindeki azalma şüphesiz olumlu bir gösterge olmamakla birlikte bu elementin neden azaldığı konusunda bir fikir vermektedir (Çizelge 8). Mg^{++} elementi genel olarak klorofilde bulunduğundan stres şartlarında klorofil miktarında meydana gelen azalma nedeniyle Mg^{++} oranında da azalmaya neden olduğunu söyleyebiliriz.

Çizelge 8. Tuz stresi ve SA da 32 gün süreyle yetiştirilen soya bitkilerinde elde edilen iyon (Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++}) sonuçları (μ gr/mg K.A.)

	Uygulamalar	50 mM	75 mM	100 mM	125 mM	150 mM
Na^+	Kontrol	8.5±3	9.1±3	8.3±3	11.2±1	12.2±3
	Tuz stresi	23.3±3	25.3±4	28.3±3	26.7±3	27.4±3
	Uygulamalar	0.1 mM	0.25 mM	0.50 mM	0.75 mM	1.0 mM
	Tuz stresi+ SA	20.3±4	22.3±3	23.5±2	23.4±4	24.4±4
K^+	Kontrol	15.1±2	15.7±2	14.5±3	14.9±2	14.1±3
	Tuz stresi	21.9±3	22.0±2	18.0±3	18.6±3	14.2±4
	Uygulamalar	0.1 mM	0.25 mM	0.50 mM	0.75 mM	1.0 mM
	Tuz stresi+ SA	20.6±2	21.5±3	24.5±2	27.9±4	29.8±5
Ca^{++}	Kontrol	4.9±3	6.3±3	4.8±3	5.8±3	7.6±3
	Tuz stresi	22.4±3	25.5±2	26.6±3	28.7±4	28.9±3
	Uygulamalar	0.1 mM	0.25 mM	0.50 mM	0.75 mM	1.0 mM
	Tuz stresi+ SA	25.6±2	25.9±3	27.3±2	26.7±2	27.4±3
Mg^{++}	Kontrol	3.1±3	3.9±4	4.2±4	8.8±3	8.1±2
	Tuz stresi	8.8±2	5.9±4	9.6±6	7.7±3	8.5±3
	Uygulamalar	0.1 mM	0.25 mM	0.50 mM	0.75 mM	1.0 mM
	Tuz stresi+ SA	13.4±3	15.3±3	15.7±3	17.5±2	17.9±4

Sodyum ($p=0.04$, stres $p=0.09$), Potasyum ($p=0.033$, stres $p=0.0036$),

Kalsiyum ($p=0.032$, stres $P=0.013$)

Kontrol, tuz stresi ve SA altında 32 gün yetiştirilen soya yaprak dokularında belirlenen Mg^{++} miktarları Çizelge 8’de verilmiştir. Mg^{++} miktarı ile ilgili analiz sonuçları incelendiğinde Mg^{++} miktarı üzerinde tuz stresi etkisinin istatistik olarak önemli olduğu görülmüştür ($p<0.005$). Tuz stresi Mg^{++} miktarı kontrolle kıyaslandığında önemsiz miktarda azaldığı görülmüştür. Aşağıdaki çizelgeden de görüleceği gibi Mg^{++} oranında kontrolde 3.1 ile 8.1 arasında, tuz stresinde 8.8 ile 8.5 arasında, SA+tuz stresinde 13.4 ile 17.9 arasında anlamlı derecede artma meydana gelmiştir.

Genel olarak iyonların birbirleri ile ilişkileri önemli bulunmuştur. Na^+ un K^+ oranı ile negatif, Ca^{++} ve Mg^{++} ile pozitif, klorofil ile negatif, MDA ile genel olarak pozitif yönde ilişkili olduğu görülmüştür. K^+ ile Na^{++} arasında %39’luk negatif ve istatistikî açıdan çok anlamlı bir ilişki vardır ($p<0,01$). Dolayısıyla bu değişkenlerden biri arttığında diğeri azalmıştır. (Çizelge 8) Benzer ilişki Ca^{++} ile K^+ arasında

%25'lik Mg^{++} ile K^+ arasında % 50'lik ve Mg^{++} ile Ca^{++} arasında % 23'lük oranda tespit edilmiştir. Mg^{++} ile Na^+ arasında ise % 37'lik çok anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($p<0,01$).

4.7. Prolin Değerleri

Hoagland besin çözeltisi içerisinde farklı tuz (NaCl) (50, 75, 100, 125 ve 150 mM) ve salisilik asit (0.1, 0.25, 0.5, 0.75 ve 1.0 mM) konsantrasyonlarında yetiştirilen soyanın hasat sonrası prolin değerleri (Çizelge 9).

Stres ortamında soya yapraklarının prolin düzeyinin kontrole göre önemli bir oranda değişmiş olması, tuz stresinden kaynaklanan yaprak dökülmeleri meydana gelmiştir. Prolin düzeyinin artması tuz stresinden meydana gelen strese karşı protein miktarının artmasına işaret etmiş olabilir. Çünkü tuz stresinin ilerleyen günlerinde stres şiddetlenmiş, soya bitkisinin tuz stresine çare olarak yaşlı yapraklarını döktüğü, stomalarını kapatıp transpirasyonu minimuma indirdiği gözlenmiştir. Bütün bu gerekçeler prolin miktarının yükselmesine sebep olmuştur.

Kontrol, tuz stresi ve SA altında 32 gün yetiştirilen soya yaprak dokularında belirlenen prolin miktarları çizelge 9'da verilmiştir. Prolin miktarı ile ilgili analiz sonuçları incelendiğinde prolin miktarı üzerinde tuz stresi etkisinin istatistik olarak önemli olduğu görülmüştür ($p<0.005$). Tuz stresi, prolin miktarını kontrole kıyasladığımızda önemli miktarda artırmıştır. Aşağıdaki çizelge 9' da görüleceği gibi prolin oranında kontrolde 3.7 ile 7.3 arasında, tuz stresinde 7.5 ile 18.2 arası, SA+tuz stresinde 21.3 ile 21.7 gibi oranlar meydana gelmiştir.

Çizelge 9. Tuz stresi ve SA da 32 gün süreyle yetiştirilen soya bitkilerinde bitkilerinde elde edilen prolin miktarı ($\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A.)

Uygulamalar	50 mM	75 mM	100 mM	125 mM	150 mM
Kontrol	3.7±4	5.6±2	6.4±3	6.3±3	7.3±3
Tuz stresi	7.5±2	8.7±3	9.3±3	13.5±3	18.2±3
Uygulamalar	0.1 mM	0.25 mM	0.50 mM	0.75 mM	1.0 mM
Tuz stresi+SA	21.3±2	24.6±3	29.1±3	28.5±2	21.7±3

Prolin (P= 0.045, stres P=0.056)

4.8. Salisilik Asit Değerleri

Hoagland besin çözeltisi içerisinde farklı tuz (NaCl) (50, 75, 100, 125 ve 150 mM) ve salisilik asit (0.1, 0.25, 0.5, 0.75 ve 1.0 mM) konsantrasyonlarında yetiştirilen soyanın hasat sonrası SA değerleri (Çizelge 10).

Stres ortamında soya yapraklarının salisilik asit miktarının kontrole göre önemli bir oranda artarak değişmiş olması, tuz stresinden kaynaklanan etkiyi artırarak içsel salisilik oranını da artırmıştır. Salisilik asit düzeyinin artması tuz stresinden meydana gelen strese karşı mukavemetin artmasına işaret etmiş olabilir. Çünkü tuz stresinin ilerleyen günlerinde stres şiddetlenmiş, soya bitkisinin tuz stresine çare olarak direnç gösterdiği, stomalarını kapatıp transpirasyonu minimuma indirdiği gözlenmiştir. Bütün bu gerekçeler salisilik asit miktarının yükselmesine sebep olmuştur.

Kontrol, tuz stresi ve SA altında 32 gün yetiştirilen soya yaprak dokularında belirlenen SA miktarları Çizelge 10'da verilmiştir. Soya yaprak dokularında belirlenen salisilik asit miktarları Çizelge 10'da verilmiştir. Salisilik asit miktarı ile ilgili analiz sonuçları incelendiğinde tuz stresi etkisinin istatistik olarak önemli olduğu görülmüştür ($p < 0.005$). Tuz stresi, salisilik asit miktarını kontrole kıyasladığımızda önemli miktarda artırmıştır. Aşağıdaki Çizelge 10' da görüleceği gibi salisilik asit oranında kontrolde 2.3 ile 4.2 arasında, tuz stresinde 8.4 ile 16.6 arası oranlar meydana gelmiştir.

Çizelge 10. Tuz stresi ve SA da 32 gün süreyle yetiştirilen soya bitkilerinde elde edilen salisilik asit miktarı ($\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A.)

Uygulamalar	50 mM	75 mM	100 mM	125 mM	150 mM
Kontrol	2.3±3	2.5±2	2.3±3	2.8±3	4.2±3
Tuz stresinde SA	8.4±2	9.7±3	10.2±3	13.6±3	16.6±3

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bitkilere uygulanan tuz çözeltisi genel olarak bitki büyümesini olumsuz yönde etkilerken, SA uygulamaları tuzun bu olumsuz etkilerinin açığa çıkmasını geciktirmiş ve bitkilerde tuz stresi belirtilerinin daha geç görülmesine, tuz stresinin olumsuz etkilerini onarıcı görevler yapmasına, farklı bitki türleri ile yapılan çalışmalarda SA'in tuzun olumsuz etkilerini azaltıcı yönlerinin olduğu tespit edilmiştir.

Soya bitkilerine tuz çözeltileri uygulanmaya başlamasında yaklaşık 32 gün sonra bitkilerde yaprak alanı ölçümleri yapılmıştır. Yapılan tuz ve SA uygulamalarının yaprak alanı üzerine önemli etkilerinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Bitkilere uygulanan tuz konsantrasyonunun yükselmesi yaprak alanında önemli azalışlara sebep olmuştur. Ayrıca, tuz x SA interaksyonu da önemli bulunmuştur ($P<0.001$). Tuz x SA interaksyonunun önemli oranda artmasının sebebi tuz ve SA uygulamalarının ters yönlü etki yapmaları olmuştur.

Yaş Kuru Yaprak Ağırlığı

Yapılan tuz ve SA uygulamaları yaş yaprak ağırlığı üzerine önemli etkiler sahip olmuştur (Çizelge 4). SA uygulamaları genel olarak taze yaprak ağırlığını kontrole göre artırmakla beraber yalnızca 150 mM SA uygulaması istatistiki olarak önemli derecede yaş yaprak ağırlığını artırmıştır ($P<0.01$). Tuz uygulamaları da yaş yaprak ağırlığını istatistiki olarak önemli derecede etkilemiştir ($P<0.001$). Uygulanan tuz konsantrasyonunun artması taze yaprak ağırlığını önemli derecede azaltmıştır. Uygulanan tuz ve SA dozlarının genel olarak birbirine zıt yönde etki yapmaları tuz x SA interaksyonunun önemli çıkmasına sebep olmuştur ($P<0.001$). Tuz ve SA uygulamalarının kuru yaprak ağırlığına etkileri incelendiğinde, her iki uygulamanın da önemli etkilerinin olduğu görülmektedir. Tuz konsantrasyonları içerisinde en

yüksek kuru yaprak ağırlığı 50 mM uygulamasında elde edilmiş bunu 75 mM ile kontrol uygulamaları takip etmiştir. Diğer uygulamadan istatistikî olarak önemli seviyede farklı bulunmuştur ($P < 0.001$). SA uygulamaları da genel olarak kuru yaprak ağırlığını artırmakla beraber, sadece 0.25 mM SA uygulaması kontrolden istatistiki olarak farklı bulunmuştur.

Yapılan çalışmada, tuz stresinin soya yapraklarının klorofil düzeyinde önemli sayılabilecek azalmalar sağlamıştır (Çizelge 6). Soya yapraklarında klorofil miktarının azalması, gözlemlere göre su yetersizliğinden kaynaklanan yaşlı yaprak dökülmeleri önemli ölçüde artırmıştır. Ülkemizde geliştirilen tuz stresi toleransına duyarlılık hakkında herhangi bir bilgi olmayan 5 fasulye (*Phaseolus vulgaris*) çeşidinde, tuz stresi sırasında stoma iletkenliği, su potansiyeli ve klorofil flüoresans parametreleri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Kullanılan çeşitlerin trifoliat ve unifoliat yaprakları üzerinde yapılan analizler sonucunda su potansiyeli ve stoma iletkenliği azalışının pigment sistemi PS II ışık verimliliği ile ilişkili olduğu, diğer klorofil floresans parametrelerindeki değişim ile fazlaca ilişkili olmadığı belirlenmiştir (Sağlam ve ark., 2008). Başka bir çalışmada tuz stresi altında *Ctenanthe setosa*'nın yaprak kıvrılma dereceleri boyunca su potansiyeli ile klorofil flüoresans parametreleri arasındaki ilişki araştırılmış. Yaprak su potansiyelindeki azalma ile kıvrılma boyunca klorofil flüoresans parametreleri arasında bir ilişkinin olduğu sonucuna varmışlardır (Nar ve ark., 2008). Klorofilin azaldığı veya arttığı yönünde bir çalışma yapılmıştır.

İki farklı domates türüyle yapılan bir çalışmada, tuz stresine toleranslı olan yabani *Lycopersicon hirsutum* bitkisinde stresle birlikte toplam klorofilde önemli artış olurken, tuz stresine hassas olan yerel türde (*Lycopersicon esculentum*) ise istatistiksel olarak önemli değişikliklerin olduğu bildirilmiştir (Walker ve ark., 1993; Katerji ve ark., 1998; Umezawa ve ark., 2000; Murillo ve ark., 2005; Walia ve ark., 2005; Chattopadhyay ve ark., 2002; Doğan, 2004; Murillo ve ark., 2005; İslam ve ark., 2007). Kontrolde klorofilin yüksek olması, ilerleyen günlerde ise konsantrasyonunun azalması fotosentez oranının azalmasıyla ilişkili olabilir (Çizelge 6). Doğan, (2004), Tuz stresinin farklı domates yaprakları üzerinde yaptığı 28 günlük denemede, klorofil yapraklarının 14 gün sonunda azalmaya başladığını, stresin

şiddetlendiği 28 günün sonunda klorofil miktarını çok daha azaldığını rapor etmiştir. Yukarıda bahsedilen klorofil ile ilgili çeşitli değerlendirmeler ışığında bizim yaptığımız çalışmada, klorofil miktarının azalması birçok parametre ile ifade edilebileceği gibi şu nokta tarafımızdan önemli sayılabilir. Tuz stresinden korunmak için içsel bazı mekanizmaların devreye sokulduğu, stres şok proteinleri gibi, bu mekanizmaların stresi engelleme şansı olmamasından, bitki dışsal bazı tedbirleri devreye sokarak stresten korunmaya çalışmıştır. Yaşlı yapraklarını dökerek, büyümeyi sınırlandırarak, transpirasyonu azaltarak, stomalarını kapalıya yakına getirerek, metabolizmasını minimum seviyeye düşürerek, sayabileceğimiz pek çok mekanizmayı devreye sokmuş olabileceğini ifade edebiliriz.

Yaprak dokularında MDA miktarı ile ilgili değişimler incelendiğinde tuz stresi soya yapraklarında kontrolle karşılaştırıldığında MDA miktarlarında artışa, klorofil miktarlarında ise azalmaya neden olmuştur (Çizelge 7). Tuz stresi toleransının arttığını lipid peroksidasyonu açısından inceleyen sınırlı sayıda çalışma vardır. Çalışmalar, tuz stresiyle lipid peroksidasyonunun arttığı yönündedir. Bu bağlamda, mısır ve hıyarda yürütülen denemelerde tuz stresinin neden olduğu en karakteristik değişikliğin lipid peroksidasyonundaki artış olduğu bulunmuştur (Chen ve ark. 2000; Shen ve ark, 1999a; Hodges ve ark., 1999; Shalata ve ark., 2001; Munne-Bosch, ve Penuelas, 2003; Ben-Amor ve ark., 2006). Kendall ve McKersie (1989)'nin bildirdiğine göre, stres koşullarında üretilen aktif O₂ radikalleri membranlarda lipid peroksidasyonuna neden olmakta ve bu durum da membranların zararlanmasıyla sonuçlanmaktadır. Doğan, (2004), Tuz stresinin farklı domates yaprakları üzerinde yaptığı 28 günlük denemede, MDA yapraklarının 14 gün sonunda artmaya başladığını, stresin şiddetlendiği 28 günün sonunda MDA miktarını çok daha arttığını rapor etmiştir.

Soya yapraklarında ortalama lipid peroksidasyon değerlerinin kontrollerden yüksek olması soyanın çevresel stres faktörlerinden daha fazla etkilenebileceği ve serbest radikal oluşumunun daha yüksek olabileceği sonucunu ortaya çıkartmaktadır. Artan tuz stresine bağlı olarak soya membranlarında oluşan MDA içeriğindeki artış oksidatif hasarın bir göstergesidir. Deneme, kontrol bitkilerine göre değerlendirildiğinde, tuz stresi ile MDA arasında pozitif bir ilişki belirlenmiştir

(Çizelge 7). Tuz stresi uygulamasıyla lipid peroksidasyonunda görülen artma, bir ya da daha fazla mekanizmayla membranların hasarına işaret etmektedir. Tuz stresi uygulamasına bağlı olarak bitkilerin su seviyelerini belirli düzeyde tutmak için osmotik potansiyellerini düşürdükleri, MDA değerleri tuz stresiyle değiştiği fark edilmiştir. Tuz stresinde klorofil seviyesi azalmış, MDA miktarı artmış, stresin ilerleyen günlerinde değişik oranlarda etkilendikleri ve strese karşı değişik tepkiler verdikleri belirlenmiştir. Tuz stresinin MDA üzerinde etkili olduğu, hücre hasarının artması sonucu MDA miktarının arttığını söyleyebiliriz. Daha önce yapılan çalışmalarda, soya yapraklarında optimum K^+ konsantrasyonunun % 2.2-3.0 arasında olması gerektiğini (Bergmann, 1993), Potasyum (K^+)' un bitkileri tuz stresinden korumada önemli rol aldığını bildirmişlerdir (Marschner, 1995). Bu durum Marschner (1995), Lahet ve ark., (2003) ve Walia ve ark., (2005) tarafından "büyümeyle- seyrelme" olarak açıklanmıştır. Ayrıca, K^+ miktarının artmasının K^+ un floemdeki hareketliliğinden dolayı yaprak yaşındaki ilerlemeyle birlikte arttığı bildirilmiştir (Sparks, 1977; Uriu ve Crane, 1977; Ghoulam ve ark., 2002; Chattopadhyay ve ark., 2002; Murillo-Amador ve ark., 2005). 75 mM ortamında K^+ azalmış, 150 mM ortamında en yüksek seviyelerde bulunmuştur. Potasyumun yapraklardan gövdeye ve meyveye hareketi söz konusudur. Buna bağlı olarak stres şartlarında yaprakların K^+ konsantrasyonunun düşmesi stres ortamında beklenen bir sonuç olarak görülebilir (Çizelge 8).

Sodyum (Na^+) bitkide hem floem, hem de ksilem içerisinde hareket edebilen bir element olarak bilinmektedir (Marschner, 1997). Son yıllarda yapılan çalışmalarda, tuzluluk artışıyla bitkilerin almış oldukları yüksek miktarlardaki Na^+ iyonunun bitki iyon dengesini olumsuz etkileyerek toksik etki yaptığı fikri kabul görmektedir (Botella et al., 1997). İyon dengesizliğinin bitkinin beslenme rejimini olumsuz etkileyerek, metabolik olaylarda kullanılan temel elementlerin alınımını önlediği, bunun da bazı fizyolojik sorunların ortaya çıkmasına neden olabileceği belirtilmiştir (Gorham et al., 1985b). Mutlu (2003), ayçiçeğinde, Doğan (2004) domateste tuz stresi altında yetiştirilen bitkilerinin kök, gövde ve yapraklarında stresin derecesi ve süresine göre Na^+ miktarlarının arttığını, meydana gelen artışın, doğrudan ya da dolaylı olarak bitki gelişimini etkilediğini saptamıştır. Sodyumun ilk

günlerde düşük, stresin ilerleyen günlerinde yüksek olması hücre zarı geçirgenliğinin azaldığı, iyon dengesinin bozulduğu izlenimini vermektedir. Çalışmamızda Na^+ miktarının artması yukarıdaki çalışmaların ışığında doğru sonuç aldığımızı kantlar niteliktedir.

Embleton ve ark. (1974) ve Chapman (1976), sebzeler için optimum kalsiyum (Ca^{++}) konsantrasyonunun % 3-6 arasında olması gerektiğini bildirmiştir. Buna göre yapraklarda ölçülen Ca^{++} konsantrasyonunun normal ve normalin biraz üzerinde olduğu belirlenmiştir. Kalsiyumun floemdeki hareketliliği minimum olduğundan (Marschner, 1995; Murillo ve ark., 2005) dolayı deneme boyunca yapraklardaki düzeyinin artan oranda değiştiği düşünülmektedir. Ancak, Ca^{++} düzeyinde görülen artmanın nedeni strese bağlı olarak hücre zarı geçirgenliğinin azaldığı olarak açıklanabilir (Çizelge 8). Hücre zarı geçirgenliğinin azalmasıyla beraber alınan Ca^{++} elementinin biriktirildiği yönündedir. Hücre zarını sağlamlaştırma özelliği olan kalsiyumun, strese karşı korunmak amacıyla hücrede tutulduğunu söyleyebiliriz.

Soya yapraklarında Mg^{++} ortalama değerlerinin kontrolden düşük olması soyanın çevresel stres faktörlerinden, çok fazla etkilendiği, Artan tuz stresine bağlı olarak soya yapraklarında oluşan Mg^{++} içeriğindeki azalma şüphesiz önemli bir gelişmedir. Mg^{++} görülen önemli değişiklik, Mg^{++} un bitkinin dayanıklılığına katkıda bulunamadığına işaret etmektedir.

Magnezyumun floemdeki hareketliliği minimum olduğundan (Marschner, 1995) dolayı mevsim boyunca yapraklardaki düzeyinin az değiştiği düşünülmektedir. Tuz stresinde Mg^{++} düzeyinde görülen artmanın nedeni ilk günlerde stresten etkilendiği, yapraklarının döküldüğü, klorofil miktarının azaldığı tespit edilmiştir. Stres süresinin arttığı günlerde bitkilerin kendilerini regüle edemediği anlaşılmaktadır.

Mikro elementlerden çinko (Zn) ve bakır (Cu)'ın da bitkilerin tuz stresinden daha az etkilenmesinde önemli olduğundan bahsedilmektedir (Marschner, 1995; Çakmak ve ark., 1995). Mg^{++} düzeyi deneme süresince azalan sabit bir seyir izlemiştir. Tuz stresi ile beraber soya yapraklarında ölçülen Mg^{++} konsantrasyonunun

Embleton ve ark. (1974) ve Chapman (1976)'nin verdiği 25 mg / kg KA sınır değerinin altında olması bitkilerde Mg^{++} noksanlığı olabileceği düşüncesine neden olmaktadır. Bu tez çalışması çerçevesinde denemelerde kullanılan soyanın iyon (Na^+ , K^+ , Ca^{++} ve Mg^{++}) dengesi genel olarak yeterli olduğunu ortaya koymaktadır. İyon miktarlarının stresten zamanla farklı şekilde etkilendikleri, klorofil ve MDA oranlarının bu etkilenmede rolü olabileceği fikrini vermektedir.

Soya dokularında bol miktarda bulunan aminoasitlerden biri olan prolinin, soya yapraklarında önemli bir çözünür azot deposu olduğu, aynı zamanda, bitkilerde serbest O_2 radikallerinin detoksifikasyonuna katıldığı (Bohnert ve Sheveleva, 1998) bildirilmektedir. Değişik bitkilerde tuz stresiyle birlikte prolin konsantrasyonunun artması, strese karşı toleransın göstergesi olarak kabul edilmektedir. Örneğin, yaprak prolin içeriği ile dona karşı tolerans arasında portakalda (Yelenosky ve Vu, 1992), yoncada (Paquin, 1977), halofitlerde (Popp ve Albert, 1981), kışlık kolza ve kışlık buğdayda (Stefl ve ark., 1978) pozitif ilişki bulunmuştur.

Kushad ve Yelenosky (1987)'nin bildirdiğine göre, bitkilerin düşük sıcaklıkta canlılığını devam ettirebilmesinde, prolin konsantrasyonundaki yüzde artışın daha çok, yapraklardaki mutlak prolin miktarı daha önemli olmaktadır. Bu bağlamda maksimum prolin konsantrasyonu, önemli ölçüde artmıştır (Çizelge 9). Prolin içeriğinin artmasıyla birlikte tuz stresine karşı toleransın arttığı (Yelenosky ve Vu, 1992) ve buna ek olarak, tuz stresinin ortadan kalkmasıyla prolin konsantrasyonunun azaldığı göz önüne alınırsa (Çizelge 9), su bitkilerin tuz stresine bağlı oksidatif strese dayanıklılığında önemli rol oynayabileceği söylenebilir. Prolin birikiminin fizyolojik önemi çok az anlaşılmaktadır. Prolin sitosol de depolanır, hücre yapılarını ve sitoplazmik enzimleri koruyucu bir ajan olarak görev yapabilir. Bazı araştırmacılar hücrelere zarar verici stresler sonucu prolin birikiminin ortaya çıktığını ileri sürmüşlerdir.

Sonuç olarak, prolin içeriğinin artmasıyla birlikte tuz stresine karşı toleransın arttığı ve buna ek olarak, su uygulamasıyla da prolin miktarının azaldığı göz önüne alınırsa su uygulaması, bitkilerin aynı zamanda yüksek sıcaklığa bağlı oksidatif strese dayanıklılığında önemli rol oynayabileceği söylenebilir. Nitekim Stefl et al.,

(1978), bitkilerin tuz stresine karşı artan toleransının, dokulardaki prolin düzeyinin artışına bağlı olarak prolin ve arginin veya tanımlanmamış başka bileşiklerin düzeylerinin artışlarıyla ilişkili olduğunu tahmin etmektedir (Çizelge 9).

Tuz stresine bağlı olarak bitkilerin stomalarını kapatarak fotosentez aktivitesini en düşük seviyeye indirdiği, prolinin strese karşı koruyucu bir mekanizma olduğu, stoma hareketlerinin yapraktaki birçok fizyolojik ve biyokimyasal olayla bağlantılı olduğu sonucuna varılmıştır. Tuz stresi uygulamasına bağlı olarak bitkilerin su seviyelerini belirli düzeyde tutmak için osmotik potansiyellerini düşürdükleri, prolin, klorofil ve MDA değerlerinin ise tuz stresine bağlı olarak değiştiği fark edilmiştir. Tuz stresinde klorofil seviyesi azalmış, prolin ve MDA miktarı artmış, her bir bitkinin değişik oranlarda etkilendikleri ve strese karşı değişik tepkiler verdikleri belirlenmiştir.

Salisilik asit (AS) bitkilerde fizyolojik olayların düzenlenmesinde görev yapan fenolik karakterli içsel bir büyüme düzenleyicisidir. Örneğin: *Arum lily* 'de termogenesisin tabii bir indikatörü olarak görev yapar. Bitkilerin birçoğunda çiçeklenmeyi teşvik eder ve kök ve stomlardan iyon alınımını kontrol eder (Raskin, 1992). Arabidopsis bitkisinde ise yaprak sensensi boyunca gen ifadesini düzenleyici sinyal olarak görev aldığı gösteren deneysel veriler mevcuttur (Morris et al., 2000). Bununla birlikte meyve olgunlaşmasını engelleyici (Srivastava and Dwivedi, 2000), yerçekiminin bir düzenleyicisi olarak (Medvedev and Markova, 1991) ve diğer metabolik yollarda görev yapabilir. Son 20 yıl boyunca SA farklı patojenlere karşı bitkilerde sistemik direncin (SAR) oluşmasında rol oynadığı araştırmacıların dikkatini çekmiştir. SA, patojenler ile ilgili proteinlerin (PR) şifrelediği genlerin okunmasında bir sinyal olarak görev almaktadır (Metraux, 2001).

Farklı doğal abiotic stres şartlarında bitkiler üzerinde koruyucu bir etkisi olan SA, araştırmacıların ilgisini çekerek harekete geçirmiştir. SA teşvikli buğday fidelerinin tuzluluğa (Shakirova and Bezrukova, 1997) ve su zararlarına karşı direncini (Bezrukova et al., 2001); fasulye tohumlarının düşük ve yüksek sıcaklıklarda direncini (Senaratna et al., 2000); bunun yanı sıra ağır metallerin neden olduğu yaralanma olaylarında pirinç bitkisinin direncini (Mishra and Choudhuri, 1999) artırdığına ilişkin veriler elde edilmiştir. Tütün bitkisinde SA teşvikli sıcaklık

çok proteinlerinin sentezlenmesine (Burkhanova et al., 1999), buğday lectinlerinin birikimine (Shakirova and Bezrukova, 1997), osmotik stres şartlarında tütün bitkisi hücre kültüründe 48-kD protein kinaz enziminin hızlı bir şekilde aktive olmasına (Mikolajczyk et al., 2000) neden olduğu hakkında veriler bulunmaktadır. Bu ise farklı antistres durumları ile SA'nın ilgisinin olduğu ileri sürülmesine neden olmuştur.

Bu çalışmada, bitkilerde prolin ve SA'in tuza tolerans mekanizmasında aldıkları rol aydınlatılmış. Ayrıca, diğer tuza dirençsiz bitkilerin tuza cevap mekanizmalarının aydınlatılmasına da katkı sağlanmıştır. Giderek çoraklaşan ülkemiz topraklarında tuza dayanıksız tahıllar çoğu zaman zarar görmüştür. Bitkilerde doğal olarak sentezlenen prolin ve SA'nın tarla şartlarında kullanımı getirebileceği faydaların yanında pahalı bir uygulama olmayışı nedeniyle kolayca kullanılabilirliği düşünülmektedir. Tuz zararının en aza indirilmesi, verim ve verim unsurları üzerinde olumlu etki meydana getirebileceğinden, yaşadıkları ürün kayıpları azaltılmış olacaktır. Dolayısıyla çiftçiler ürünlerini bu tür risk faktörlerini elemine ederek üretimlerini yapabilecekler ve bundan dolayı oluşacak maddi kayıplara maruz kalmayacaklardır. Ayrıca farklı tuzluluk oranına sahip topraklarda kısmi bir başarı elde edilmesi bile tarıma yeni alanların açılmasına neden olabilecektir.

Sonuç olarak, soya bitkilerine uygulanan tuzun, bitkinin fizyolojik özellikleri, beslenmesi ve gelişimi üzerine olumsuz etkiler yaptığı ve yapraktan uygulanan SA bu olumsuz etkileri belirli ölçülerde tölere edebildiği belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan SA dozları içerisinde fizyolojik özellikler, beslenme ve gelişme durumları dikkate alındığında en olumlu etkiyi yapan dozun 0.50-0.75 mM olduğu görülmektedir. Salisilik asidin 0.75 mM dozundan yüksek olan dozlar görülen olumlu etkilerin azalmasına yol açmıştır. Bu bağlamda, soya bitkisinin tuz dozu ve SA konsantrasyonlarına vereceği tepkiler farklı olmakla beraber genel olarak SA'in düşük dozlarının daha iyi etki yaptığı yüksek dozların ise SA'in olumlu etkisini azalttığı söylenebilir. Prolin ve salisilik asit tuz stresine karşı koruyucu özellik göstermiştir. Tuz stresine dayanacak bitki çeşidi ve seçimi, toprak yapısı gibi birçok faktör ile ilgili dikkatli seçimler yapılması birim alandan, en yüksek bitkisel verim

alınacağı sonucuna varılmıştır. Böylece, 0.50-0.75 mM SA dozu tuzlu alanlarda soya tarımının tuza toleransını artırmada kullanılabileceği önerilebilir.

KAYNAKLAR

- AKTAŞ, H., 2002, Biberde tuza dayanıklılığın fizyolojik karakterizasyonu ve kalıtımı, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi), Adana, 105 s.
- ASADA, K. 1992. Ascorbate peroksidase a hydrogen peroxide scavenging enzyme in plants. *Physiol. Plant.*, 85: 235-241.
- ASHRAF, M., 1989, The effects of NaCl on water relations chlorophyll and protein and proline contents of two cultivars of black gram (*Vigna mungo* L.), *Plant Soil*, 119, 205-210.
- ASHRAF, M., 1994. Breeding for salinity tolerance in plants, critical reviews in plant sciences, 13(1), 27-42.
- ASHRAF, M., MCNEILLY, T. and BRADSHAW, A. D., 1996, The potential for evaluation of salt (NaCl) tolerance of seven grass species, *New Phytol.*, 103, 299-309.
- BAKOĞLU, A., AYÇİÇEK, M., 2005. Elazığ şartlarında soya fasulyesinin *Glycine Max. (L.) Merr.* tarımsal özellikleri ve tohum verimi, Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi 17(1):52-58.
- BATES, L. S., WALDREN, R.P. and TEARE, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*, 39: 205-207.
- BATTAL, P., ERMAN, M., ÇELİK, İ., BERBER, İ., TÜRKER, M., EREZ, M. E., OĞUZ, F., 2008. Kuraklık stresi altında yetiştirilen bazı mercimek (*Lens culinaris* Medik.) çeşitlerinde pirolin, osmotik potansiyel ve şeker düzeylerindeki değişikliklerin belirlenmesi, 23-27 Haziran 19. Ulusal Biyoloji Kongresi-Trabzon.
- BELKHODJA, R. MORALES, F., ABADÍA, A., GOMEZ-APARISI, J., and ABADÍA, J., 1994, Chlorophyll fluorescence as a possible tool for salinity tolerance screening in barley (*Hordeum vulgare* L.), *Plant Physiol*, 104, 667-673.
- BEN-AMOR, N., JIMENEZ, A., MEGDICHE, W., LUNDQVIST, M., SEVILLA, F. and ABDELLY, C., 2006. Response of antioxidant systems to NaCl stress in the halophyte *Cakile maritima*, *Physiologia Plantarum*, 126: 446-457.
- BERGMANN, W., 1993. Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Gustav Fischer Verlag Jena. Stuttgart. S. 389.
- BEZRUKOVA, M. V., SAKHABUTDİNOVA, R., FATKHUTDİNOVA, R. A., KYLDİAROVA, I., SHAKİROVA, F., SAKHABUTDİNOVA, A. R., 2001. The role of hormonal changes in protective action of salicylic acid on growth of wheat seedlings under water deficit. *Agrochemiya* (Russ), 2, 51-54.
- BLUM, A., 1985, Breeding crop varieties for stress environments CRC critical reviews in Plant Sciences, 2, 199-238.
- BOHNERT, H.J. and SHEVELEVA, E. 1998. Plant stress adaptations making

- metabolism move. *Current Opinion in Plant Biol.*, 1: 267-274.
- BOTELLA M.A., MARTINEZ J., and CERDA, A., 1997 Salinity induces potassium deficiency in maize plants, *J. Plant Physiol*, 152, 299-303.
- BOUSLAMA, M., and SCHAPANAGH, W. T., 1984, Stress tolerance in soybeans, I. evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance, *Crop Sci.* 24, 933-937.
- BURKHANOVA, E. A., FEDINA, A. B., KULAEVA, O. N., 1999. Effect of salicylic acid and (2-5)-oligoadenylates on protein synthesis in tobacco leaves under heat shock conditions: A comparative study. *Russ. J. of Plant Physiol*, 46, 16–22.
- CAVALIERI, A.J. and HUANG, A.H.C. 1979. Evaluation of proline accumulation in the adaptation of diverse species of marsh halophytes to the saline environment. *Amer. J. Bot.*, 66; 307-312.
- CHAPMAN, H.D., 1976. The mineral nutrition of citrus. *Plant Physiol.* 17: 333-335.
- CHATTOPADHAYAY, M. K., TIWARI, B. S., CHATTOPADHAYAY, G., BOSE, A., SENGUPTA, D.N. and GHOSH, B., 2002. Protect role of exogenous polyamines on salinity stressed rice (*Oryza sativa*) plants. 116: 192-199.
- CHEN, W.P., LI, P.h. and CHEN, T.H.H., 2000. Glycinebetaine increases chilling tolerance and reduces chilling induced lipid peroxidation in *Zea mays* L. *Plant, Cell environ.* 23: 609-618.
- CUARTERO, J. and FERNANDEZ-MUNOZ, R., 1999, Tomato and salinity, *Sci. Hort.* 78, 83-125.
- ÇAKMAK, İ., ATLI, M., KAYA, R., EVLİYA, H., ve MARSCHNER, H., 1995. Association of high light and zinc deficiency in cold induced leaf chlorosis in grapefruit and mandarin trees. *J. Plant Physiol.*, 146: 355-360.
- DELAUNEY, A.J, VERMA, D.P.S., 1993. Proline biosynthesis and osmoregulation in plants. *Plant J*, 4, 215-223.
- DEMİREZEN, YILMAZ, D., 2008. Tuzluluk ve kuraklık stresinin *Groenlandia densa*'da büyüme etkisi, 23-27 Haziran 19. Ulusal Biyoloji Kongresi-Trabzon.
- DOĞAN, M., 2004, Domates (*Lycopersicon sp.*)'te tuz stresinin bazı fizyolojik parametreler ve antioksidant enzim aktiviteleri üzerindeki etkilerinin *in vivo* ve *in vitro* olarak incelenmesi., H. Ü. Fen Bil. Ens. Biyoloji Anabilim Dalı (Doktora Tezi), 105 s
- DOĞAN, M., TIPIRDAMAZ, R., DEMİR, Y., 2010. Effective salt criteria in callus cultured tomato genotypes, *A journal of biosciences*, Contens Vol. 65c, 613–618.
- EKMEKÇİ, Y., ÇİÇEK, N., EFEYOĞLU, B., 2008. Mısır çeşitlerinin fotokimyasal etkinliklerine göre kuraklığa toleranslarının belirlenmesinde kausky etkisi yaklaşımı, 23-27 Haziran 19. Ulusal Biyoloji Kongresi-Trabzon.
- ELLIS, R.H., ROBERTS, E.H., SUMMERFIELD, R.J. and COOPER, J.P., 1988, Environmental control of flowering in barley (*Hordeum vulgare* L.). II. Rate of development as a function of temperature and photoperiod and its modification by low temperature vernalization, *Ann. of Bot.*, 62, 145-158.
- EMBLETON, T.W. and JONES, W.W. 1974. Foliar Applied nitrogen for citrus fertilization. *J. Environ. Quality.* 3 (4): 388-391.

- EVANS, J.R. 1983. Nitrogen and photosynthesis in the flag leaf of wheat (*Triticum aestivum* L.) Plant physiol. 72: 297-302.
- FİDAN., 2007. Bazı pestisitlerin, turunçgillerin fizyolojik ve anatomik özellikleri üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- FOYER, C.H., DESCOURVIERES, P., KUNERT, K.J., 1994a. Protection against oxygen radicals an important defense mechanism study in transgenic plants, *Plant Cell Environ* 17, 507–523.
- FOYER, C.H., LELANDAIS, M., KUNERT, K.J., 1994b. Photooxidative stress in plants, *Physiol Plant*, 92, 696–717.
- GADALLAH, M.A. A. 1999. Effects of proline and glycinebetaine on *Vicia faba* responses to salt stress. *Biologia Plantarum*, 42(2); 249-257.
- GANIEVA, R., ALLAHVERDIEV, S., BAYRAMOVA, S. and NAFISI, S., 1997, Effect of polystimuline K on maize (*Zea may* L.) seedlings pigment apparatus formation on the sodium chloride salinity, *Tr. J. Botany*, 21, 253-257.
- GHOULAM, C., FOURSAY, A., FARES, K., 2002. Effect of salt stres on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environmental an Experimental Botany*, 47: 39-50.
- GORHAM, J., MCDONNELL, E. and WYN JONES, R.G. 1985b, Salt tolerance in the *Triticaceae*: growth and solute accumulation in leaves of *Thinopyrum bessa rabicum*, *J. Exp. Bot.*, 36, 1021-1031.
- GREENWAY, H. and MUNNS, R., 1980, Mechanisms of salt Tolerance in non-hallophytes, *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 31, 149-190.
- GRESSEL, J., GALUN, E., 1994. Genetic controls of photooxidant tolerance. In: C.H. FOYER and P.M. MULLINEAUX, Editors, *Causes of photooxidative stress and amelioration of defense systems in plant*, CRC Press, Boca Raton, pp. 237–274.
- GUY, C.L., NIEMI, K.J. and BRAMBL, R., 1985, Altered gene expression during cold acclimation of spinach, *Porc. Natl. Acad. Sci. USA*, 82, 3673-3677.
- GÜLLÜOĞLU, L., ARIOĞLU, H. H., 2005. Farklı yetiştirme koşullarında uygulanan bazı bitki büyüme düzenleyicilerinin soyada (*Glycinne Max. (L.) Merr.*) bakla çatlama oranı ve verim kaybı üzerine etkileri, *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi J. Agriculture Fac.* 9(1):37-42.
- GÜRBÜZ.,2008, 23-27 Haziran 19. Ulusal Biyoloji Kongresi-Trabzon.
- HAMADA, E.A.M., HAMOUD, M.A., EL-SAYED, M.A., KIRKWOOD, R.C. and EL-SAYED, H., 1992, Studies on the adaptation of selected species of the family *Gramineae* A. Juss. to salinization, *Feddes Repertorium*, 103,1-2 87-98.
- HANSON, A.D., RIVOAL, J., PAQUET, L., GAGE, D.A. 1994. Biosynthesis of 3-dimethylsulfoniopropionate in *Wollastonia biflora* (L.) DC. Evidence that S-methylmethionine is an intermediate. *Plant Physiol*,105,103–110.
- HOAGLAND, D.R. and ARNON, D.I., 1938, The water culture method for growing plants without Soil. *Circ. Calif. Agr. Exp. Sta.*, 347-461.
- HODGES, D.M., DELONG, J.M., FORNEY, C.F., PRANGE, R.K., 1999. Improving the thiobarbituric acid reactive substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. *Planta*, 207: 604-611.

- HOEKSTRA, F.A., GOLOVINA, E.A., BUINTINK, J., 2001. Mechanisms of plant desiccation tolerance. *Trends Plant Sci*, 6, 431-438.
- İSLAM, S., MALİK, A.İ., İSLAM, A.K.M.R. and COLMER, T.D., 2007. Salt tolerance in a *Hordeum marinum*- *Triticum aestivum* amphiploid and its parents, *Journal of Experimental Botany*, 58: 1219-1229.
- JONES, M.M. and TURNER, N.C., 1978, Osmotic adjustment in leaves of *Sorghum* in response to water deficits, *Plant Physiol.*, 61, 122-126.
- JOSHI, S.S., 1984, Effect of salinity stress on organic and mineral constituents in the leaves of Pigeonpea (*Cajanus cajan* L. var. C-11), *Plant and Soil*, 82, 69-76.
- KADIOĞLU, A., TERZİ, R., SARUHAN, N., SAĞLAM, A., KUTLU, N., NAR, H., 2008. Kuraklık stresi sırasındaki yaprak kıvrılması ile stoma davranışlarının değerlendirilmesi, 23-27 Haziran 19. Ulusal Biyoloji Kongresi-Trabzon.
- KALAYCI, M., TORUN, B., EKER, S., AYDIN, M., ÖZTÜRK, L., ve ÇAKMAK, I., 1999. Grain yield, zinc efficiency and zinc concentration of wheat cultivars grown in a zinc deficient calcareous soil in field and greenhouse. *Field Crops Res* 63: 87-98.
- KALEFETOĞLU, T., EKMEKÇİ, Y., 2008. Kuraklıkla indüklenen oksidatif stresin nohut çeşitlerinin fotokimyasal ve antioksidan aktiviteleri üzerine etkisi, 23-27 Haziran 19. Ulusal Biyoloji Kongresi-Trabzon.
- KAMELI, A., LOSEL, D. M., 1995. Contribution of carbohydrates and solutes to osmotic adjustment in wheat leaves under water stress. *J. Plant Physiol.*, 145, 363-366.
- KATERJI, N., VAN-HOORN, J.W., HAMDY, A., MASTRORILLI, M., 1998. Response of tomatoes a crop of indeterminate growth to soil salinity. *Agricultural water Management*, 38: 59-68.
- KENDALL, E.J. and MCKERSIE, B.D. 1989. free radical and freezing injury to cell membranes of winter what. *Physiol. Plant*. 76. 86-94.
- KRAMER, G.F. and WANG, C.Y., 1990, Effects of chilling and temperature preconditioning on the activity of polyamine biosynthetic enzymes in zucchini squash, *J. Of Plant Physiol.*, a36(1), 115-119.
- KUSHAD, M.M. and YELENKOSKY, G. 1987. Evaluation of polyamine and proline levels during low temperature acclimation of citrus. *Plant physiol*. 84: 692-695.
- KUTLU, N., TERZİ, R., TEKELİ, Ç., ŞENEL, G., KADIOĞLU, A., 2008. Kuraklık stresi altındaki *Ctenanthe setosa*'da yaprak kıvrılması esnasında meydana gelen anatomik değişikliklerin incelenmesi, 23-27 Haziran 19. Ulusal Biyoloji Kongresi-Trabzon.
- LAHET, J.J., LENFANT, F., COURDEROT-MASUYER, C., ECARNOT-LAUBRIET, E., VERGELY, C., DURNET-ARCHERAY, M.J., FREYSZ, M., ROCHETTE, L. 2003. In vivo and in vitro antioxidant properties of furosemide. 73: 1075-1082.
- LIN, C.C. and KAO, C.J. 1996. Proline accumulation is associated with inhibition of rice seedling root growth caused by NaCl. *Plant Science*, 114; 121-128.
- LUNA, C., SEFFINO, L.G., ARIAS, C. and TALEISNIK, E., 2000, Oxidative stress indicators as selection tools for salt tolerance in *Chloris gayana*, *Plant Breeding*, 119, 341-345.

- LUTTS, S., KINET, J.M. and BOUHARMONT, J., 1996, NaCl Induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance, *Ann. Bot.*, 78, 389-398.
- MARSCHNER, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. London, GB.
- MARSCHNER, H., 1997, Mineral nutrition of higher Plants, 2. nd. Edition Academic Press, London, p. 889.
- MCKIMMIE, T. and DOBRENZ, A.K., 1991, Ionic concentrations and water relations of alfalfa seedlings differing in salt tolerance, *Agronomy Journal*, 83, 363-367.
- MEDVEDEV, S.S., MARKOVA, I.V., 1991. Participation of salicylic acid in gravitropism in plants. *Dokl. Akad. Nauk SSSR (in Russian)*, 316, 1014–1016.
- MELONI, D.A., OLIVA, M.A., MARTINEZ, C.A., CAMBRAIA, J., 2003. Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress, *Environ Exp Bot*, 49, 69–76.
- METRAUX, J.P., 2001. Systemic acquired resistance and salicylic acid: current state of knowledge. *European Journal of Plant Pathology*, 13–18.
- MEZAWA, T., SHIMIZU, K., KATO, M. and UEDA, T., 2000. Enhancement of salt tolerance in soybean with NaCl pretreatment, *Physiologia Plantarum*, 110: 59-63.
- MIKOLAJCZYK, M., AWOTUNDE, O.S., MUSZYNSKA, G., KLESSIG, D.F., DOBROWOLSKA, G., 2000. Osmotic stress induces rapid activation of a salicylic acid induced protein kinase and a homolog of protein kinase ASK1 in tobacco cells. *Plant Cell*, 12, 165-178.
- MISHRA, A., CHOUDHURI, M. A., 1999. Effect of salicylic acid on heavy metal-induced membrane deterioration mediated by lipoxygenase in rice. *Biol. Plant*, 42, 409–415.
- MORRIS, K., MACKERNESS, S. A.H. PAGE T., 2000. Salicylic acid has a role in regulating gene expression during leaf senescence. *Plant J*, 23, 677–685.
- MUNNE-BOSCH, S. and PENUELAS, J., 2003. Photo-and antioxidative protection during summer leaf senescence in *Pistacia lentiscus* L. Grown under mediterranean field conditions. *Annals of Botany* 92: 385-391.
- MUNZUROĞLU, Ö. ve ZENGİN, F.K. 2004. Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Fidelerinin Total Protein ve Prolin Miktarları Üzerine Civanın Etkileri, V. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, Bolu.
- MURILLO-AMADOR, B., JONES, H.G., KAYA, C., AGUILAR, R.L., GARCIA-HERNANDEZ, J.L., TROYO-DIEGUEZ, E., AVILA-SERRANO, N.Y. RUEDA-PUENTE, E., 2005. Effects of foliar application of calcium nitrate on growth and physiological attributes of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) grown under salt stress. *Environmental and Experimental Botany*, 58: 188-196.
- MUTLU, F., 2003, Tuz stresinde büyütülen ayçiçeği bitkilerinde zamana bağlı olarak serbest ve bağlı poliamin düzeylerinin değişimi ve bunun bazı fizyolojik parametrelerle ilişkisi., H. Ü. Fen Bil. Ens. Biyoloji Anabilim Dalı (Doktora Tezi), 144 s.

- NAR, H., SAĞLAM, A., TERZİ, R., KADIOĞLU, A., 2008, *Ctenanthe setosa*'da flüoresans parametreleri ile su potansiyeli arasındaki ilişkinin araştırılması, 23-27 Haziran 19. Ulusal Biyoloji Kongresi-Trabzon.
- NAZLICAN, A.N., 2007. Çukurova Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Soya Yetiştiriciliği.
- ORTIZ, E.M., SANTAMARIA, V.M. and FRAGOSO, H. 1994. Resistencia en garrapatas *Boophilus microplus* a los ixodicidas en Mexico. In: Proceedings of the MV Panamerican Congress of Veterinary Sciences, P'erez Trujillo and Gonz'alez Padilla (eds). Acapulco, M'exico.
- PAN, C.L., HOWELL, J.E., CLARK, S.G., HILLIARD, M., CORDES, S., BARGMANN, C.I. and GARRIGA, G. 2006. Multiple Wnts and frizzled receptors regulate anteriorly directed cell and growth cone migrations in *Caenorhabditis elegans*. *Dev. Cell* 10: 367-377.
- PAQUIN, R., 1977. effect des basses temperatures sur la resistance au gel de la luzerne (*Medicago media Pers.*) et son contenu en prolinr libre. *Physiol. Veg.* 15: 657-665.
- PASTERNAK, D., 1987. Salt tolerance and crop production: a comprehensive approach. *Annu Rev Phytopathol*, 25, 271-291.
- PERAZ-AFLOCEA, F., ESTAN, M.T., CARO, M. and GUERRIER, G., 1996, Osmotic adjustment in *Lycopersicon esculentum* and *Lycopersicon Pennellii* under sodium chloride and polyethylene glycol 6000 iso-osmotic stress. *Physiol. Plant.* 87, 493-498.
- POPP, M. and ALBERT, R. 1981. Jahreszeitliche und altersbedingte varitionen im stickstoffhaushalt von halophyten. *Ber. Dtsch. Bot. Ges.* 94. 171-180.
- PRADO, F., GONZALEZ-BARRERA, S., AGUILERA, A., 2000. RAD52-dependent and -independent homologous recombination initiated by Flp recombinase at a single FRT site flanked by direct repeats. *Mol Gen Genet*, 263(1), 73-80.
- RASKIN, I, 1992. Role of salicylic acid in plants. *Annu. Rev. Plant Physiology Plant Mol. Biol*, 43, 439-463.
- ROUT NP and SHAW BP (2001) Salt tolerance in aquatic macrophytes: possible involvement of the antioxidative enzymes. *Plant Sci* 160:415-423
- SAĞLAM, A., TERZİ, R., NAR, H., KADIOĞLU, A., 2008. Fasulye (*Phaseolus vulgaris*) çeşitlerinde kuraklık stresi esnasında stoma iletkenliği, su potansiyeli ve klorofil flüoresansı arasındaki ilişkinin araştırılması, 23-27 Haziran 19. Ulusal Biyoloji Kongresi-Trabzon.
- SAIRAM, R.K., VEERABHADRA, RAO K., SRIVASTAVA, G.C., 2002. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration, *Plant Sci*, 163, 1037-1046.
- SALAMA, S., TRIVEDI, S., BUSHEVA, M., ARAFA, A.A., GARAB, G. and ERDEI, L., 1994, Effects of NaCl salinity on growth, cation accumulation, chloroplast structure and function in wheat cultivars differing in salt tolerance, *J. Plant Physiol.*, 144, 241-247.
- SENARATNA, T., TOUCHELL, D., BUNN, T., DIXON, K., 2000. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regul*, 30, 157-161.

- SHAKIROVA, F.M., BEZRUKOVA, M.V., 1997. Induction of wheat resistance against environmental salinization by salicylic acid. *Biology Bulletin*, 24, 109–112.
- SHALABY, E.E., EPSTEIN, E. and QUALSET, C.O., 1993, Variation in Salt tolerance among some wheat and *Triticale* genotypes, *J. Agronomy and Crop Science*. 171, 298-304.
- SHALATA, A., MITTOVA, V., VOLOKITA, GUY, M. and TAL, M., 2001. Response of the cultivated tomato and its wild salt tolerant relative *Lycopersicon pennelli* to salt dependent oxidative stres: The root antioxidative system, *Physiologia Plantarum*, 112: 487-494.
- SHANNON, M.C., GRONWALD, J. and TAL, M., 1987, Effects of salinity on growth and accumulation of organic and inorganic ions in cultivated and wild tomato species, *J. Ann. Soc. Hortic, Sci.*, 112, 416-423.
- SHARMA, P.K., and HALL, D.O., 1992, Changes in carotenoid composition and photosynthesis in sorgum under highlight and salt stresses, *J. Plant Physiol*, 140, 661-666.
- SHEN, W.Y., NADA, K. and TACHIBANA, S., 1999a. Oxygen radical generation in chilled of cucumber (*Cucumis sativus* L.) cultivars with different tolerances to chilling temperatures. *Journal of the Japanese society for Horticultural Science.*, 68(49): 780-787.
- SINGH, T.N., ASPINALL, D. and PALEG, L.G. 1972. Proline accumulation and varietal adaptability to drought in barley: A potential metabolic measure of drought resistance. *Nature (London)*, 236; 188-190.
- SİNCİK, M., ORAL, H. S., GÖKSOY, A. T., TURAN, Z. M., 2008. Farklı soya fasulyesi (*Glycinne Max. (L.) Merr.*) hatlarının Bursa ekolojik koşullarında bazı verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi J. Agriculture Fac. Of Uludağ University* 22(1):55-62.
- SMIRNOFF, N., 1993. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation, *New Phytol*, 125, 27–58.
- SPARKS, D., 1977. Effects of fruiting on scorch, premature defoliation & nutrient status of “Chickasaw” pecan leaves. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102: 669-673.
- SRIVASTAVA, M.K., DWIVEDI, U.N., 2000. Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. *Plant Science*, 158, 87–96
- STEFL, M. TRACKA, I. and VRATNY, P., 1978. Proline biosynthesis in winterplants due to exposure to low temperatures. *Biol. Plant.* 20: 119-128.
- TALEISNIK, E., PEYRANO, G, and ARIAS, C., 1997, Response of *Chloris gayana* cultivars to salinity, 1. Germination and early vegetative growth, *Trop. Grassl*, 31, 232-240.
- TERZİ, R., SAĞLAM, A., KUTLU, N., NAR, H., KADIOĞLU, A., 2008. Kuraklık koşulları altındaki *Phaseolus vulgaris* kültürlerinin antioksidan enzim aktivitelerindeki değişimlerin araştırılması, 23-27 Haziran 19. Ulusal Biyoloji Kongresi-Trabzon.
- TOHMA, Ö., 2007. Çilekte salisilik asit uygulamasının tuz stresine dayanıklılık üzerine etkisi Y. Lisans Tezi, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, S, 61.
- URIU, K. and CRANE, J.C., 1977. Mineral element changes pistachio leaves. *J.*

- Amer. Soc. Hort. Sci. 102: 155-158.
- VENEKAMP, J.H. 1989. Regulation of cytosol acidity in plants under conditions of drought. *Physiologia Plantarum*, 76; 112-117.
- WALIA, H., WILSON, C., CONDAMINE, P., LIU, X., ABDELBAGI, M.I., ZENG, L., STEVE, I.W., MANDAL, J., XU, J., CUI, X. and TIMOTHY, J.C., 2005. Comparative transcriptional profiling of two contrasting rice genotypes under salinity stress during the vegetative growth stage. 139: 833-835.
- WALKER, M.A. and MCKERSIE, B.D. 1993. Role of the ascorbate glutathione antioxidant system in chilling resistance of tomato. *J. Plant Physiol.*, vol. 14. Pp. 234-239.
- WEIMBERG, R., 1986, Growth and solute accumulation in 6 week old seedling of *Agropyron elongatum* stressed with sodium and potassium salts, *Plant Physiol*, 67, 229-135.
- WEIMBERG, R., 1987, Solute adjustments in leaves of two species of wheat at two different stages of growth in response to salinity, *Physiol. Plant.*, 70, 381-388.
- WILLEKENS H., CHAMNONGPOL S., DAVEY M., SCHRAUDNER M., LANGEBARTELS C., VAN MONTAGU M., INZE D. and VAN CAMP W., Catalase is a sink for H₂O₂ and is indispensable for stress defence in C3 plants, *EMBO J.* 16 (1997), pp. 4806–4816.
- WYN JONES, R.G and STOREY, R., 1978, Salt stress and comparative physiology in the gramineae, IV. Comparison of salt stress in *Spartina townsendii* and three barley cultivars, *Aust. J. Plant Physiol*, 5, 839-850.
- WYN JONES, R.G., 1981, Salt tolerance in C.B. Johanson (eds.), *Physiological processes limiting plant productivity, butter worths*, London, 271-292 pp.
- YAKIT, S., 2006 Tuz Stresi Altındaki Mısır Bitkisinde (*Zea mays*) Stres Parametreleri Üzerine Ca, Mg ve K'nın Etkileri, *M.Ü. Fen Bil. Ens. Biyoloji A.B.D.*, 19(1), 59-67.
- YEDİYILDIZ, A. G., TOPRAK, G., ÖZCAN, S., 2008. Kuraklık ve tuz stresi uygulanan buğday (*Triticum aestivum*) çeşitlerinde antioksidant enzim aktivitesindeki değişimlerin belirlenmesi, 23-27 Haziran 19. Ulusal Biyoloji Kongresi-Trabzon.
- YELENOSKY, G. and VU, J.C.V., 1992. Ağabeylity of valencia sweet orange to cold acclimate on cold sensitive citron rootstock. *Hortsci.* 27 (11): 1201-1203.
- YEO, A.R. and FLOWERS, T.J., 1983, Varietal differences in the toxicity of sodium ions in rice leaves, *Physiol, Plant*, 59, 189-195.
- YILMAZ, A., BEYYAVAŞ, V., CEVHERİ, İ., HALİLOĞLU, H., 2005. Harran ovası ekolojisinde ikinci ürün olarak yetiştirilebilecek bazı soya (*Glycinne Max. (L.) Merr.*) çeşit ve genotiplerinin belirlenmesi, *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi J. Agriculture Fac. HR. U*, 9(2):55-61.
- ZHU, J.K., 2000. Genetic analysis of plant salt tolerance using *Arabidopsis*, *Plant Physiol*, 124, 941–948.
- ZISKA, L.H., SEEMANN, J.R. and DEJONG, T.M., 1990, Salinity induced limitations on photosynthesis in *Prunus salinica*, a deciduous tree species, *Plant Physiol.*, 93, 864-870.

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Malatya ilinin Doğanşehir ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Şanlıurfa'da tamamladı. 2002 yılında Harran Üniversitesi Fen–Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümüne girdi. 2006 yılında aynı fakülteden Biyolog unvanı ile mezun oldu. Şubat 2009'da Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başladı.

ÖZET

Bitki büyümesini engelleyen her faktör stres olarak tanımlanır. Dünyanın birçok yerinde kuraklık, tuzluluk, aşırı sulama, yüksek ve düşük sıcaklık, pH ve ağır metallerin neden olduğu stresler yaygındır.

Bu çalışma, tuz stresinin soya bitkisinde prolin ve salisilik asit birikimi üzerindeki etkilerinin araştırılması, diğer büyüme parametreleri yönünden karşılaştırılması, tuz stresine karşı prolin ve salisilik asitin koruyucu etkisinin araştırılması amacıyla yapılmıştır.

Kontrollü şartlarda iklim kabininde soya tohumu çimlendirildi. Çimlenen tohumlar saksılarda perlit ortamına alındı. İlk gerçek yapraklar oluşunca tuz stresi uygulanarak esas denemeye başlandı. Denemede hoagland besin çözeltisi kullanıldı. Işık şiddeti bitki yaprak yüzeyinden 14500 lüks olarak ayarlanmıştır.

Deneme; çimlenme aşamasında 6 gün, ilk gerçek yaprakların oluşum aşamasında 14 gün, SA ve tuz stresi aşamasında 12 gün olmak üzere toplam 32 günü bulmuştur. Kontrol grubundan, tuz stresi ve SA uygulanmış ortamlarda yetişen bitkiler 32. günün sonunda hasat edilmiştir.

Klorofil, MDA, prolin spektrofotometrede; iyon analizleri ICP cihazı ile ve salisilik asit yüksek performans sıvı kromatografisi ile analiz edilmiştir.

Tuz stresi yaprakların klorofil miktarında önemli sayılabilecek azalmaya neden oldu. Klorofil miktarındaki azalma tuz stresinden kaynaklanan yaşlanma, yaprak dökülmeleri ve klorozun neden olduğunu söyleyebiliriz.

Tuz stresin sonucunda soya yapraklarında MDA düzeyinin kontrole göre önemli bir oranda değiştiği tespit edildi. MDA düzeyinin artması tuz stresi sonucu meydana gelen hücre hasarının olduğu, izlenimini vermektedir.

Tuz stresi yaprakların Na^+ miktarında denemenin ilk günlerinde normal seyrederken ilerleyen günlerde önemli miktarda arttı. Potasyum (K^+) miktarında bir miktar azalış olmuşsa da pek önemli olarak değerlendirilmedi.

Kalsiyum (Ca^{++}) miktarında ise kontrole göre arttı. Magnezyum (Mg^{++}) miktarı ile ilgili analiz sonuçları incelendiğinde tuz stresinin (Mg^{++}) miktarı üzerinde azaltıcı etkisi olduğu gözlemlendi.

Tuz stresi yaprakların prolin miktarında önemli sayılabilecek artışlara neden oldu. Prolin miktarındaki artış tuz stresine karşı şok proteinlerinin salgılanması, böylece bitkinin savunma sisteminin aktive edilmesi olarak açıklanabilir.

Salisilik asit, tuz stresinden kaynaklanan birçok olumsuz gelişmeyi, düzenlemeye çalışarak iyileştirici etki yaptığı görülmektedir.

Salisilik asit; MDA oranını ve prolin miktarını arttırırken klorofil oranını azaltmaktadır. İyon dengesini uygun bir oranda tutarak bitkinin strese karşı cevap olarak algılanan parametrelerinde olumlu gelişme sağlamıştır.

SUMMARY

Any factor which prevents the growth of plants is defined as stress. In many parts of the world, the stresses caused by drought, salinity, excessive irrigation, high and low temperature, pH and heavy metals are common.

This study has been performed so as to research the effects of salt stress on proline and salicylic acid accumulation in soybean plant, compare it in terms of other growth parameters, and investigate the protective effect of proline and salicylic acid against salt stress.

The soybean seeds in the climate box in controlled conditions were germinated. The germinated seeds were taken to a perlite environment in pots. When the first real leaves came out, the main test started applying salt stress. Hougland nutrient solution was used in the test. The light intensity on the surface of the leaf has been set to 14500 lux.

The test took a total of 32 days; 6 days for the germination stage, 14 days for the formation of the real laeves, 12 days for the stage of salicylic acid and salt stress. Plants grown in the envirotnment of applied salicylic acid and salt stress from the control group were harvested at the end of the 32nd day.

Chlorophyll, MDA, proline have been analized in spectrophometer; ion analyses have been analized with ICP device and salicylic acid have been performed with high performance liquid cromotography.

Salt stress resulted in a significant decrease in the amount of chlorophyll of the leaves. We can conclude that the aging caused by salt stress, defoliation and chlorosis caused the decrease in the amount of chlorophyll.

While salt stress was running its course in the amount of Na⁺ of the leaves in the early days of the test, it increased substantially in the forthcoming days. Although there was a slight decrease in the amount of potassium (K⁺), this was not assessed as significant.

The amount of calcium (Ca^{++}) increased compared to control. When the results of the analysis related to the amount of magnesium (Mg^{++}) were checked, it was seen that salt stress had a reducing effect on the amount of Mg^{++} .

As a result of salt stress, a significant variation was found in the MDA level on the soybean leaves compared to control. Increase in the MDA level consider that there is the cells damage as a result of salt stress. Increase in the amount of proline can be explained as the segretion of shock protein against salt stress so as to activate the defense system of the plant.

It's seen that the salicylic acid has a healing effect by trying to regulate many negative developments arising from the salt stres.

Salicylic acid decreases the rate of chlorophyll while increasing the amount of proline and the rate of MDA. It has provided a positive development in the parameters which ara perceived as response of the plant towards stres holding the ion balance in an appropriate promortion.