

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

**TUZ STRESİNE MARUZ BIRAKILAN İKİ KABAK ÇEŞİDİNDE
(*Cucurbita pepo* L.) SALİSİLİK ASİT UYGULAMASIYLA GELİŞEN
FİZYOLOJİK ve BİYOKİMYASAL DEĞİŞİMLER**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Zehra Duygu BAK

**TEMMUZ 2009
TRABZON**

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

**TUZ STRESİNE MARUZ BIRAKILAN İKİ KABAK ÇEŞİDİNDE (*Cucurbita pepo* L.)
SALİSİLİK ASİT UYGULAMASIYLA GELİŞEN FİZYOLOJİK ve BİYOKİMYASAL
DEĞİŞİMLER**

Zehra Duygu BAK

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nce
“Yüksek Lisans (Biyoloji)”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 15.06.2009

Tezin Savunma Tarihi : 13.07.2009

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Faik Ahmet AYAZ

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Atalay SÖKMEN

Jüri Üyesi : Doç. Dr. İbrahim TURNA

Enstitü Müdürü: Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU

Trabzon 2009

ÖNSÖZ

‘Tuz Stresine Maruz Bırakılan İki Kabak Çeşidinde (*Cucurbita pepo* L.) Salisilik Asit Uygulamasıyla Gelişen Fizyolojik ve Biyokimyasal Değişimler’ adlı bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı’nda “yüksek lisans” tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez süresince yüksek lisans tez danışmanlığımı üstlenerek çalışmanın planlanmasından sonuçlandırılmasına kadar yardımlarını ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Faik Ahmet AYZAZ’a, tezin yürütülmesinde yardımcı olan Arş. Gör. Hülya TORUN’a ve Arş. Gör. Aykut SAĞLAM’a, arkadaşlarım Murat BAL ve Emine DEMİR’e, kardeşim Pelin BAK’a ve tez süresince bana her konuda destek veren aileme teşekkür ederim.

Zehra Duygu BAK
Trabzon 2009

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	VI
SUMMARY	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	IX
SEMBOLLER DİZİNİ.....	X
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Tuz Stresinin Fotosentez Üzerine Etkisi.....	6
1.3. Tuz Stresinin Çözünebilir Şeker Miktarlarına Etkisi	7
1.4. Tuz Stresi Cevaplarında Bitki Hormonları.....	8
1.5. ABA'nın Biyosentezi	8
1.6. ABA'nın Stresteki Fizyolojik Rolü.....	9
1.7. ABA'nın Tuz Stresindeki Rolü.....	10
1.8. ABA'nın Tuzluluğa Eşlik Eden Diğer Stres Faktörlerindeki Rolü.....	12
1.8.1. Azot Eksikliği.....	12
1.8.2. Alkali pH.....	12
1.8.3. Fosfat Eksikliği	12
1.8.4. Toprak Yapısı.....	13
1.9. Salisilik Asidin Biyosentezi.....	14
1.10. Salisilik Asidin Metabolizması	14
1.11. Salisilik Asidin Fizyolojik Rolü.....	16
1.11.1. SA'nın Bitki Büyümesine Etkisi.....	16
1.11.2. SA Etkisinin Fotosentezle İlişkisi	16
1.11.3. SA'nın Nitrat Metabolizmasına Etkisi.....	18
1.11.4. SA'nın Etilen Üretimine Etkisi	18

1.11.5.	SA'nın Mineral Maddeler Üzerine Etkisi.....	18
1.11.6.	SA'nın Isı Üretimine Etkisi.....	19
1.11.7.	SA'nın Çiçeklenmeye Etkisi.....	19
1.12.	Tuzluluğa Eşlik Eden Stresler	20
1.12.1.	Oksidatif Stres.....	20
1.12.1.1.	Serbest Radikaller ve Reaktif Oksijen Türleri (ROS).....	20
1.12.1.2.	Antioksidant Enzim Sistemleri	22
1.12.2.	Osmotik Stres.....	23
1.12.3.	İyon Stresi.....	24
1.13.	Cucurbita Familyasının Özellikleri	25
1.14.	Çalışmanın Amacı	26
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	27
2.1.	Bitkilerin Yetiştirilmesi	27
2.2.	Klorofil Tayini	27
2.3.	Su Potansiyeli Ölçümü	27
2.4.	ABA Miktarının Belirlenmesi.....	28
2.5.	Enzim Özütünün Hazırlanması	28
2.6.	Enzim Aktivitelerinin Belirlenmesi.....	28
2.6.1.	Peroksidaz (POX) Aktivitesinin Tayini.....	28
2.6.2.	Süperoksit Dismutaz (SOD) Aktivitesinin Tayini	29
2.6.3.	Katalaz (CAT) Aktivitesinin Tayini.....	29
2.7.	Lipid Peroksidasyonu Tayini	29
2.8.	Protein Miktarının Belirlenmesi.....	30
2.8.1.	Protein Özütünün Hazırlanması	30
2.8.2.	Çözünabilir Protein Tayini.....	30
2.9.	Şeker Miktarının Belirlenmesi.....	31
2.10.	İstatistik Analizler	31
3.	BULGULAR.....	32
3.1.	Tuz Stresinin ve SA Uygulamasının Morfolojik Etkileri.....	32
3.2.	Tuz Stresi ve SA Uygulamasının Fotosentetik Pigment Üzerine Etkisi	35
3.3.	Tuz Stresi ve SA Uygulamasının Su Potansiyeli Üzerine Etkisi	37
3.4.	Tuz Stresi ve SA Uygulamasının ABA Miktarı Üzerine Etkisi.....	40

3.5.	Tuz Stresi ve Salisilik Asit Uygulamasının Katalaz (CAT) Aktivitesi Üzerine Etkisi.....	43
3.6.	Tuz Stresi ve Salisilik Asit Uygulamasının Süperoksit Dismutaz (SOD) Aktivitesi Üzerine Etkisi.....	44
3.7.	Tuz Stresi ve Salisilik Asit Uygulamasının Peroksidaz (POX) Aktivitesi Üzerine Etkisi.....	46
3.8.	Tuz Stresi ve Salisilik Asit Uygulamasının Lipid Peroksidasyonu Üzerine Etkisi.....	48
3.9.	Tuz Stresi ve Salisilik Asit Uygulamasının Çözünebilir Şeker Miktarı Üzerine Etkisi.....	50
4.	TARTIŞMA	54
5.	SONUÇLAR	62
6.	ÖNERİLER.....	64
7	KAYNAKLAR	65
ÖZGEÇMİŞ		

ÖZET

Cucurbita pepo L. bitkisi ülkemizde yetiştirilen önemli bir kabak çeşididir. Bu çalışmada, Hoaglandda yetiştirilen iki haftalık kabak fidelerinde, pigment, ABA ve şeker miktarları, antioksidant enzim aktiviteleri ve su potansiyeli üzerine 0,5 mM salisilik asit (SA) ile 25, 50, 100 mM NaCl' nin karşılıklı etkileri araştırılmıştır.

Bu tez kapsamında yapılan çalışmaların sonunda tuz stresine maruz bırakılan *C. pepo* L. bitkisinin kök uzunluğunda, yaş yaprak ağırlığında ve hoagland kullanımında kontrol bitkisine göre bir azalma olduğu görülmüştür. Salisilik asit uygulaması tüm tuz konsantrasyonlarında bitki yapraklarının sararmasına neden olmuştur. Kök uzunluğu ve yaş yaprak ağırlığında salisilik asit uygulamasının sadece 100 mM tuz konsantrasyonunda etkili olduğu tespit edilmiştir. Salisilik asidin Hoagland kullanımını da sınırladığı görülmüştür. Toplam klorofil miktarlarının ve klorofil a/b oranlarının bazı tuz konsantrasyonlarında arttığı tespit edilmiştir. Toplam klorofillerin artış gösterdiği konsantrasyonlarda salisilik asit uygulamasıyla bu miktarları azalttığı, diğer konsantrasyonlarda da arttırdığı görülmüştür.

Ek olarak, ABA ve şeker miktarlarında, enzim aktivitelerinde, su potansiyeli değerlerinde ve toplam klorofil miktarlarında, tuz konsantrasyonu ve SA uygulamasının ters etkileri gözlenmiş ve kültivar, tuz konsantrasyonları ve bitki organlarına göre bu etkilerin değiştiği kaydedilmiştir.

Elde edilen tüm sonuçlar, SA'nın bitkinin tolerans göstermediği tuz konsantrasyonlarında etkili olduğunu ve bitkideki tolerans mekanizmasını olumsuz etkilediğini ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Tuz stresi, Absisik asit, Salisilik asit, Süperoksit dismutaz, Peroksidaz, Katalaz, Lipid peroksidasyonu, Çözünebilir şekerler

SUMMARY

Physiological and Biochemical Changes In Two Squash Species (*Cucurbita Pepo* L.) Which Were Exposed to Salt Stress After Treatment of Salicylic Acid

Cucurbita pepo L. is an economically important species of squash in Turkey. In this study, by adding different concentration (25-100mM) of NaCl into hoagland solution, water potential, antioxidant enzyme activities, pigments, ABA and sugar content of *Cucurbita pepo* L. seedlings which were pretreated with 0,5mM salicylic acid were comparatively investigated.

As a result, the root length, wet leaf weight and using hoagland of *C. pepo* L. which were exposed to salt stress decreased compared to the control seedlings. In the all salt concentration, pretreatment of salicylic acid caused to yellow leaf of seedlings. Only in 100mM salt concentration, increasing of root length and wet leaf weight were determined. Also, pretreatment of SA showed to limit using of hoagland. In some salt concentration, increasing of total chlorophyll content and chl a/b rate were determined. In the concentrations which cause to increase total chlorophyll content, pretreatment of SA decreased them, but SA increased them in the other concentration.

Additionally, treatment of SA and salt showed reverse effect on total chlorophyll content, water potential, enzymes activity, ABA and sugar content.

Consequently, SA is effective in salt concentration which is not tolerated of seedlings.

Key Words: Salt stress, Salicylic Acid, Abscisic Acid, Süperoxide Dismutase, Peroxidase, Lipid Peroxidation, Catalase, Soluble Sugar

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	ABA'nın biyosentezi ve metabolizması.....	11
Şekil 2.	Salisilik asidin kimyasal yapısı.....	14
Şekil 3.	Salisilik asit biyosentezi.....	15
Şekil 4.	Comet F1 çeşitinde tuz stresine maruz kalmış (a) tuz stresine maruz kalmamış ve SA uygulanmış (b) bitkilerin görünümü.....	32
Şekil 5.	Comet F1 çeşitinde tuz stresine maruz kalmış (a) ve kalmamış (b) bitkilerin görünümü.....	33
Şekil 6.	Comet F1 çeşitinde tuz stresine maruz kalmış (a) tuz stresine maruz kalmış ve SA uygulanmış (b) bitkilerin görünümü.....	33
Şekil 7.	Focus F1 çeşidinde tuz stresine maruz bırakılmamış (a) ve tuz stresine (100 mM NaCl) maruz bırakılmış (b) bitkilerin görünümü	34
Şekil 8.	<i>C. pepo</i> L. bitkisinin Comet F1 ve Focus F1 çeşitlerine tuz ve salisilik asit uygulamaları sonucunda kotiledonlarda (A,C) ve yapraklarda (B,D) su potansiyeli değerleri.....	39
Şekil 9.	<i>C. pepo</i> L. bitkisinin Comet F1 ve Focus F1 çeşitlerine tuz ve salisilik asit uygulamaları sonucunda ABA değerleri.....	41
Şekil 10.	Comet F1 çeşitinde tuz ve SA uygulaması sonucunda CAT aktivitesi değişimleri.....	43
Şekil 11.	Focus F1 çeşitinde tuz ve SA uygulaması sonucunda CAT aktivitesi değişimleri	44
Şekil 12.	Comet F1 çeşitinde tuz ve SA uygulaması sonucunda SOD aktivitesi değişimleri	45
Şekil 13.	Focus F1 çeşitinde tuz ve SA uygulaması sonucunda SOD aktivitesi değişimleri	46
Şekil 14.	Comet F1 çeşitinde tuz ve SA uygulaması sonucunda POX aktivitesi değişimleri	47
Şekil 15.	Focus F1 çeşitinde tuz ve SA uygulaması sonucunda POX aktivitesi değişimleri	48
Şekil 16.	Comet F1 çeşitinde tuz ve SA uygulaması sonucunda MDA miktarı değişimleri	49
Şekil 17.	Focus F1 çeşitinde tuz ve SA uygulaması sonucunda MDA miktarı değişimleri	49

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Sulama sularının içerdikleri tuz yoğunluğuna göre sınıflandırılması.....	2
Tablo 2. Oksijenin indirgenmesi	20
Tablo 3. <i>Cucurbita pepo</i> çeşitlerinin yapraklarında tuz ve SA uygulaması sonucunda toplam klorofil miktarları ve kla/b oranları.....	36
Tablo 4. <i>Cucurbita pepo</i> çeşitlerinin kotiledonlarında tuz ve SA uygulaması sonucunda toplam klorofil miktarları ve kla/b oranları	37
Tablo 5. <i>Cucurbita pepo</i> çeşitlerinin kotiledon ve yapraklarında tuz ve SA uygulaması sonucunda su potansiyeli değerleri.....	38
Tablo 6. <i>Cucurbita pepo</i> çeşitlerinin kotiledon ve yapraklarında tuz ve SA uygulaması sonucunda ABA miktarları.....	42
Tablo 7. <i>Cucurbita pepo</i> çeşitlerinin köklerinde tuz ve SA uygulaması sonucunda karbohidrat değerleri.....	51
Tablo 8. <i>Cucurbita pepo</i> çeşitlerinin kotiledonlarında tuz ve SA uygulaması sonucunda karbohidrat değerleri	52
Tablo 9. <i>Cucurbita pepo</i> çeşitlerinin yapraklarında tuz ve SA uygulaması sonucunda karbohidrat değerleri.....	5

SEMBOLLER DİZİNİ

ABA	: Absisik asit
APX	: Askorbat peroksidaz
ASA	: Asetil salisilik asit
BHT	: Butil hidroksi tolüen
BSA	: Bovin serum albumin
CAT	: Katalaz
EDTA	: Etilendiamin tetraasetik asit
GA	: Giberellik asit
GR	: Glutasyon redüktaz
GTA	: Gentisik asit
GPX	: Glutasyon peroksidaz
H ₂ O ₂	: Hidrojen peroksit
HPLC	: Yüksek performans sıvı kromatografisi
IAA	: İndol asetik asit
MDA	: Malondialdehit
NBT	: Nitroblue tetrazolium
PVPP	: Polivinil polipirrolidin
POX	: Peroksidaz
ROS	: Reaktif oksijen türleri
SA	: Salisilik asit
SOS	: Tuza yüksek duyarlılık sinyal yolu
SOD	: Süperoksit dismutaz
TBA	: Tiobarbitürik asit
TCA	: Trikloro asetik asit
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı

1.GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Bitkisel üretimde stres, bitkinin yaşadığı ortamda bir veya birden fazla etkenin, büyüme ve gelişmeyi olumsuz yönde etkileyerek, verim düşüklüğü ile sonuçlanan bir dizi gerilemeye neden olması olarak algılanmaktadır. Bitkide strese neden olan etmenler; hastalık oluşturanlar ve zararlılar gibi biyotik kökenli olabilmesinin yanında; tuzluluk, kuraklık, düşük ve yüksek sıcaklıklar, besin elementlerinin eksik veya fazlalıkları gibi abiyotik kökenli de olabilmektedir. Tarımsal üretim alanlarında tuzluluk, toprakların verimliliğini olumsuz yönde etkileyen, ürün verimini sınırlandıran en önemli faktörlerden birisidir. UNEP, dünyadaki tarımsal alanların %20' sinin ve ekili alanların %50' sinin tuz stresi altında olduğunu belirtmektedir (Flower ve Yeo, 1995). Toprak tuzluluğu çoğunlukla yağış miktarının az olduğu, yüksek sıcaklık derecelerine sahip olan kurak ve yarı kurak bölgelerde ortaya çıkmaktadır. Böyle bir ekolojide sulama yapılması halinde tuzlanma hızlı bir şekilde ortaya çıkabilmektedir (Epstein vd., 1980).

Tuzlu toprakların sorunu, düşük kalitedeki sulama suları ve yetersiz kanalizasyon sistemi yüzünden giderek artmaktadır. Killi (balçıklı) topraklarda, sodyumun negatif yüklü kile bağlanarak kil kümelerini oluşturması, ürünün yetişmesinde toprağı verimsiz kılmakta ve toprağın sodisitikliğine (yüksek sodyum konsantrasyonu) neden olmaktadır.

Topraktaki tuzluluk sorununun ortadan kaldırılmasına yönelik olarak kullanılacak yöntemlerin güçlü ve masraflı olması nedeni ile son yıllarda da tuza dayanıklı bitki türleri ile bunlara ait tuza toleransı yüksek genotiplerin seçilmesi çok sayıda araştırmacının ilgi odağı olmuştur. Tuzluluğun sorun olduğu bölgelerde tuzluluk yavaş seyretse de kaçınılmaz olacağından, genetik dayanıma yönelmek en kalıcı çözüm olarak görülmektedir. Bitkilerin tuza karşı gösterdiği tepkiler, bitkinin içinde bulunduğu gelişme dönemine, stres faktörü olan tuzun konsantrasyonuna, tuzun bitkiye etki ettiği süreye göre değişebilmekte, ayrıca iklim ve toprak özelliğine bağlı olarak da farklılık gösterebilmektedir (Greenway ve Munns, 1980). Çevresel faktörler ve fizyolojik etkilerin eşlik ettiği tuza tolerans özelliğinin esas kaynağı kalıtsal unsurlardır. Tuza tolerans bakımından bitkiler arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Familya, cins ve türler

arasında farklılıklar bulunduğu gibi, aynı türe ait çeşitler arasında da tuza tolerans bakımından farklılıkların bulunduğu bilinmektedir.

Tuzluluk sorunu, bazen toprak kökenli olmayıp sulama suyundan kaynaklanabilmektedir. Özellikle kurak ve yarı kurak ekolojilerde gerçekleştirilen tarımsal üretimde, çoğu zaman sadece yağışlarla karşılanamayan su gereksinimi, sulama yapılarak karşılanmaktadır. Sulama suyu olarak kullanılabilen tüm yüzey ve yeraltı sularında az veya çok miktarda çözünmüş tuzlar bulunmaktadır. Sulama sularının içerdikleri tuz miktarlarına göre yapılan sınıflandırmada altı ayrı su tipi tanımlanmıştır (Tablo 1).

Tablo1. Sulama sularının içerdikleri tuz yoğunluğuna göre sınıflandırılması (Anonim, 2000)

Suyun sınıfı	EC (dS/m)	Tuz yoğunluğu(mg/l)	Suyun tipi
Tuzsuz su	<0.7	<500	İçilebilir ve sulamada kullanılır
Az tuzlu su	0.7-2	500-1500	Sulama suyu
Orta tuzlu su	2-10	1500-7000	Birinciderecede drenaj ve yer altı suyu
Yüksek tuzlu su	10-25	7000-15000	İkinci derecede drenaj ve yer altı suyu
Çok yüksek tuzlu su	25 - 45	15000-35000	Çok tuzlu yer altı suyu
Tuzlu su	>45	>45000	Deniz suyu

Doğada bitkiler tuza tolerans bakımından iki grupta toplanmaktadır: Halofitler (tuzcul bitkiler) ve glikofitler (yüksek tuz yoğunluklarından etkilenen ve zarar gören bitkiler). Halofitler; tuz bitkileridir ve tuzun yüksek konsantrasyonlarında gelişebilmektedir. Yeryüzünde sadece az sayıda bitki türü tuzlu koşullarda yaşayabildiği halde tuz seviyesinin düşük olduğu koşullarda yaşayamamaktadır. Hatta bazı halofitler deniz suyu konsantrasyonunun 2 katından daha fazla tuz konsantrasyonuna dayanabilirler. Yüksek bitkilerin hemen hemen tamamı glikofit bitkiler kapsamında yer almaktadır ve yüksek tuz konsantrasyonlarında yaşayamamaktadır (Levitt,1980) Tarım için önemli olan

çoğu bitki glikofittir ve yüksek tuz konsantrasyonuna toleranslı değildir. Tuzluluk, glikofitlerde iyonik, osmotik ve oksidatif stres gibi sekonder streslere yol açmaktadır (Zhu, 2001a). Sodyum toksikliği, yüksek tuzluluk ile iyonik stres arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Ek olarak bazı bitki türleri, tuzlu topraklarda bulunan klorid anyonuna duyarlıdır. Tuzlu topraklarda iyon toksikliği alkalın pH ile daha da artmaktadır. Tuz solüsyonlarının düşük osmotik potansiyeli bitkilerin su almasını engellemekte ve bunun sonucunda fizyolojik kuraklık meydana gelmektedir. Sodyum toksikliğine toleranslı olan halofitler için osmotik stres, büyüme inhibisyonunun önemli bir nedeni olabilir. Bitkilerin tuz tolerans mekanizmalarını anlamak büyümedeki etkilere ya da genetik mühendislikteki gelişmelere yol gösterebilir. Tuz toleransı araştırmaları temel bitki fizyolojisinin önemli bir kısmını ifade etmektedir. Bu araştırmalar; gen düzenlenmesini, iyon taşınmasını, osmoregülasyonunu ve mineral madde kullanımını anlamamızı sağlar. Ek olarak, tuzluluk stresi cevaplarının bazı durumları kuraklık ve üşüme stresi cevaplarıyla ilişkilidir (Zhu, 2001b). Bitki tuz toleransı çalışmaları abiyotik stres toleransı mekanizmalarını anlamamıza yardımcı olur.

Temel olarak, tarımsal ürünler tuz stresinden ya sakınırlar ya da tolerans gösterirler. Yani bu bitkiler ya tuzluluğa dayanıklı ya da tolerasyon için hücresel düzenlemelere sahiptirler. Tolerans mekanizmaları, iyon dengesizliğini ve osmotik stresi ya da bu stres tarafından meydana gelen sekonder etkileri hafifletmesiyle şekillenmektedir. Tuz çözeltisindeki kimyasal potansiyel, turgor azalmasını sürdürmek için apoplast ve simplast arasındaki dengesiz bir su potansiyelini oluşturmaktadır. Bu durum büyümenin azalmasına neden olmaktadır (Bohnert vd., 1995). Büyümenin durması, turgorun başlangıçtaki hücre duvarı veriminin daha altında olmasıyla meydana gelmektedir. Su potansiyeli kaybı, turgor kaybına karşılık daha fazla olduğundan bitkide hücresel dehidrasyona neden olmaktadır (Taiz ve Zeiger, 1998). NaCl en önemli toprak tuzluluk nedeni olduğundan beri, bir osmotik eriyik olan Na^+ 'nın kullanımını içeren transport sistemleri, araştırmaların odağı olmuştur (Hasegawa vd., 2000b). 30 yıldan daha uzun süren araştırmalara göre hücre içi Na^+ dengesi ve tuz toleransı, Ca^{+2} ve K^+ kazanımını negatif etkileyen yüksek $[\text{Na}^+]_{\text{ext}}$ tarafından ayarlanmaktadır (Rains ve Epstein, 1967). Na^+ ve K^+ taşıma sistemlerinde yükselmek için birbirleriyle yarışır. Fakat, tuzlu ortamlarda $[\text{Na}^+]_{\text{ext}} > [\text{K}^+]_{\text{ext}}$ 'den daha çok taşınır. Ca^{+2} , K^+ / Na^+ intraselüler birikimini artırır (Rains ve Epstein, 1967). Son 10 yılda yapılan araştırmalara göre, Na^+ ve K^+ dengesi ile varlığını sürdüren ve bu transport sistemlerinin regülasyonunda Ca^{+2} ile birlikte görev alan bir çok molekül tanımlandı. Son

zamanlarda (SOS) stres-sinyal yolunun tuz toleransı ve iyon dengesinin düzenlenmesinde önemli rol oynadığı bulunmuştur (Hasegawa vd., 2000b; Sanders, 2000). Bu sinyal yolu plazma membranından Na^+ giriş çıkışını kontrol etmektedir.

Turgor azalmasına hücrel cevap osmotik düzenlemedir. Glikofit ve halofitlerin sitoplazma ve organel sistemlerindeki Na^+ ve Cl^- duyarlılığı eşittir. Böylece osmotik düzenleme uygun osmolit ve osmoprotektantların birikimiyle gerçekleşmektedir (Bohnert, 1995; Bohnert ve Jensen, 1996). Na^+ ve Cl^- osmotik düzenleme için en verimli osmolitlerdir ve sitotoksikliği hafifletmek için vakuollerde biriktirilmektedirler (Niu vd., 1995). Bitki hücrelerinin gelişimi vakuol hacminin artmasıyla primer olarak gelişir. Na^+ ve Cl^- nin vakuolde birikmesiyle osmotik düzenlemeyi kolaylaştırması hücrel gelişim için oldukça önemlidir. Vakuol içindeki iyonların hareketi vakuoldeki apoplastan membran vesiküllerine ya da plasmamembrandan tonoplasta doğru gerçekleşmektedir (Hasegawa, 2001). Vakuoldeki iyon birikimi, toksik iyonlarına maruz bırakılmama ya da minimal seviyeye indirmeyle gerçekleştirilebilir. Fakat bu iyon birikimine katkıda bulunan mekanizmaların varlığı yeterince açık değildir. Plasma membranı ve tonoplastta lokalize olmuş iyon transport sisteminde olduğu gibi, Na^+ ve Cl^- nin önemli bir kısmı, apoplastan vakuole hareket eder. Muhtemelen bu iyon taşıma sisteminin düzenlenmesi, vakuol birikiminin ve plasma membran geçişlerinin kontrolü için gereklidir. Bir çok bitkide iyon homeostasisi için anahtar taşıma sistemi olan SOS (Salt-Overly Sensitive) sinyal yolu oldukça önemlidir (Hasegawa vd., 2000a; Sanders, 2000).

Tuzlulukla birlikte; besinsel eksiklik, iyon toksikliği, osmotik stres tarafından meydana gelen metabolik dengesizlik oksidatif strese neden olmaktadır (Zhu, 2002). İyon sitotoksikliği, biyokimyasal reaksiyonlarda ve konformasyonel değişikliklerde K^+ ile Na^+ nın yer değiştirmesinden, aminoasitler arasındaki kovalent olmayan etkileşimin engellenmesinden dolayı proteinlerin fonksiyonlarını kaybetmesinden kaynaklanmaktadır. Levitt (1980) ise, tuz stresinden kaynaklanan iyon toksisitesini birincil derecede etkili stres faktörü, bunun ardından oluşan su alımının azalması yani su stresi ve mineral maddedeki dengesizlikler ve beslenmedeki bozulmayı ikincil stres faktörleri olarak yorumlamaktadır. Tuzluluk, bir stres hormonu olan ABA'nın biyosentezine ve reaktif oksijen türlerinin (ROS) birikmesine neden olmaktadır (Jia vd., 2002, Xiong ve Zhu, 2003).

ABA ve ROS, stres yıkımının kontrolünün ve tamir mekanizmasının yanı sıra iyonik ve osmotik homeostasiyi de düzenlemektedir. Hücre hacmi, tuz stresi altında turgorun kaybıyla azalmaktadır. Bu plazma membranının hücre duvarından geriye çekilmesiyle gerçekleşmektedir (Kreps, 2002; Seki, 2002).

Tuz stresi altında klorofil miktarlarında genel metabolik süreçteki aksamaya bağlı olarak azalma birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir. Çiçek ve Çakırlar (2002) mısırdaki, Gadallah (1999) ise bakla bitkisinde tuz stresi altında yaprakların klorofil içeriğinde azalmalar görüldüğünü bildirmişlerdir. Stresten etkilenen diğer parametreler de kök ve sürgün kuru ağırlıkları ile bitki boyu ve gövde çapıdır. Tuz stresi altındaki bitkilerde köklerin su alma yeteneklerinde önemli azalmalar meydana geldiğinden, kök gelişimi ve gövde uzaması gibi faaliyetlerde gerileme görülür. Stres altındaki bitkilerin gövde çapları azaldığı gibi boyları da kontrole göre küçük kalmaktadır. Aynı şekilde yaprak alanı ve generatif evreye geçişte çiçeklenme ve meyve verimi de olumsuz etkilenir. Stres altındaki bitkilerin sürgün ve köklerinde kuru madde ve yağ ağırlıklarında önemli ölçüde azalmalar olduğu bir çok bitkide başka araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir (Irshad vd.,2002; Daşgan vd., 2002).

Tuz stres çalışmaları birbirini takip eden 4 kategoriden oluşmaktadır. 1)Tuz toksikliğinin fizyolojisi ve tuz toleransı: Bu tuzluluğa karşı hüresel ve metabolik cevapların (Bohnert ve Sheveleva 1998; Hasegawa, 2000) yanı sıra tüm bitki cevaplarını içerir (Flowers vd., 1997; Greenway ve Munns, 1980;). 2) Bitkilerdeki hüresel membranlarda ve daha uzun mesafelerde tuzun taşınım mekanizması: Bu mekanizma, tuz alınımını içeren çeşitli iyon taşıyıcılarının moleküler karakterizasyonunu ve fizyolojisini ve uzun mesafedeki taşınımının kontrolünü içerir (Blumwold vd., 2000;). 3) Tuz stresi

tarafından ekspres edilen genlerin düzenlenmesi (Zhu vd., 1997; Xiong ve Zhu, 2001; Bray, 1997; Bohnert vd., 1995). 4) Tuz stresi sinyallerin ve tuz tolerans belirleyicilerin mutasyonel analizleri.

Arabidopsis (Kaz yemi) tuz stresi yıkımlarına ve büyüme inhibisyonuna oldukça duyarlı olan bir glikofit bitkisidir. *Arabidopsis* ekotipleri arasında tuz duyarlılığı olmasına rağmen, sistematik karşılaştırmada farklı ekotipler arasında böyle bir bilgi mevcut değildir.

Arabidopsis (Kaz yemi) tuz toleransı çalışmaları için yeni bir modeldir. Fakat, fizyolojik analizler ve tuz toleransı için yeterli bilgiye ulaşmak *Arabidopsis*' le sınırlıdır. Araştırmalara göre yüksek tuz stresine maruz bırakılan glikofitlerde stres periyodu uzun tutulursa, büyüme oranında azalma, senesens ve bitki ölümlerinde artış gözlenmektedir. Diğer glikofitler (*Arabidopsis* gibi duyarlı) kısa bir süre (8 saat) 150 mM NaCl ile muamele edildiğinde ovül ve embriyo yapısında anormal değişiklikler ve hücrelölümler gerçekleşmektedir. *Arabidopsis*' teki tohum gelişimi 75 mM üstündeki konsantrasyonlarda azalmaktadır.

Tuz duyarlılığındaki farklılık, düzenleme döngülerinin farklılığından ya da allel genlerin farklı tuz efektörleri kodlamasından kaynaklanmaktadır.

Strese maruz kalmış bitkilerde bazı moleküllerin sentezlenme miktarlarında gerçekleşen artışlar bu maddelerin bitkilerin strese karşı dayanıklılıklarının veya toleranslarının artmasında etken rol oynadığını göstermiştir. Ca, jasmonik asit, absisik asit, etilen, poliaminler ve salisilik asit (SA) gibi birçok molekül, bitkilerde haberci ve/veya sinyal aktarıcı (signal transducer) olarak görev yapmaktadır (Klessig ve Malamy 1994). Yapılan çalışmalar sonucunda stres faktörlerini tolere edebilen bitkilerde ya bu maddelerin sentezlenme miktarlarında bir artışa rastlanmıştır ya da dışarıdan bitkiye yapılan uygulamalarla bu maddelerin bitki içerisinde konsantrasyonunun artırılması sayesinde strese karşı tolerans mekanizmalarının faaliyete geçtiği saptanmıştır. Örneğin, tohumlarının ekim öncesi SA solusyonunda tutulması domates, fasulye (Senaratna vd., 2003) ve biber (Korkmaz, 2005) fidelerinin düşük sıcaklık stresine karşı toleransını arttırmış ve bitkilerin hayatta kalma oranları yükselmiştir.

1.2. Tuz Stresinin Fotosentez Üzerine Etkisi

Tuzluluk, diğer abiyotik stres faktörlerinden olan yüksek ve düşük sıcaklık, kuraklık ve mineral element eksikliğinden kaynaklanan stres faktörlerinde olduğu gibi

bitkilerde karbon metabolizmasını ve elektron taşınım aktivitesini engellemektedir (Gueta Dahan vd., 1997). Tuz stresi altındaki bitkiler su kaybını azaltmak için stomalarını kapatmakta, böylece CO₂ gazının girişi engellenmektedir. Bunun sonucu olarak CO₂ fiksasyonu azalmaktadır (Brugnoli ve Lauteri, 1991; Makela vd., 1999). Karbondioksit fiksasyonunda kullanılmayan elektronlar ile absorbe edilen ısı enerjisi O₂' nin aktivasyonunda, yani radikallerin sentezlenmesinde kullanılmaktadır (Hallewel ve Gutteridge, 1985). Karanlık (2001) tarafından da açıklandığı gibi, stres altındaki bitkilerde artan düzeylerde sentezlenen serbest radikaller hücelere zarar vermekte özellikle yavaşlama sürecine giren membran lipitleri ve nükleik asitler ile klorofil gibi hücre komponentlerini de bozmaktadır (Fridovich, 1986; Davies, 1987). Klorofil içeriği de, tuz stresi altındaki bitkilerde olumsuz etkilenmektedir. Tuz stresi altında genel metabolik faaliyetlerin aksaması, başta Ca ve K olmak üzere N, P ve Mg gibi makro besin elementlerinin alınımında kısıtlanma gibi faktörler klorofil aktivasyonunu olumsuz etkiler.

1.3. Tuz Stresinin Çözünebilir Şeker Miktarlarına Etkisi

Eriyik şekerler, özellikle sukroz, glukoz ve fruktoz bitkilerin yapısında ve hücrelerin metabolizmasında önemli rol oynamaktadır (Hirabayashi, 1996). Glukoz ve fruktoz ökaryotik hücrelerde enerji ve karbon kaynağı olarak görev yapmaktadır. Özellikle bitkiler gibi fotosentetik organizmalarda sukroz, enzim ve proteinler fotosentez, taşınım ve heterotrofik kullanımda anahtar bir rol üstlenirler (Salerno ve Curatti, 2003).

Tuz stresiyile birlikte gelişen oksidatif stres şekerlerin birikimiyle doğrudan ilişkilidir. Eriyik şekerler oksidatif pentoz fosfat yolunu başlatarak ROS' ların temizlenmesine katkıda bulunurlar (Russell vd., 2002). Osmotik düzenlemede iyonların kullanımı, osmotik stres altında organik osmolitlerin biyosentezinde daha tercih edilebilir bir durum olmasına rağmen, bazı bitkiler osmotik stres toleransı olarak bünyelerinde organik osmolitleri biriktirmektedir. Bu osmolitler arasında prolin, betain, polioliol, şeker alkoller ve çözünebilir şekerler bulunmaktadır. Glisin betain ve treholoz proteinlerin kuarter yapılarının kararlılığıyla bir osmoprotektant gibi hareket etmektedirler. Mannitol, serbest radikalleri temizlerken, prolin; karbon ve nitrojen için bir depo kaynağı ve serbest radikal temizleyicisi gibi davranmaktadır. Bütün bu organik osmolitler birer osmoprotektant olarak bilinirler (Bohnert ve Jensen, 1996; Chen ve Murata, 2000).

Transgenik tütün bitkilerinin tuzluluğa tolerans olarak mannitol biriktirdikleri ilk kez Tarczynski vd., 1993 tarafından kanıtlanmıştır. ABA da tuz stresi altında bitkilerde osmolit biyosentezini düzenleyebilmektedir (Xiong vd., 2001a).

Kuraklık ve tuz stresiyle meydana gelen suyun kullanılamaması şeker miktarlarını arttırdığı gibi organik asit miktarlarında da değişikliğe neden olmaktadır (Ehret ve Ho 1986). Tuz stresi altındaki bitkide katyon/anyon oranı değiştiği için organik asit birikimi de değişmektedir. Davies (1964) organik asitlerin birikim mekanizmasının biriken katyonların (K^+) dengesini sağlayabilmek için geliştiğini ileri sürmüştür. Eğer K^+ engellenirse onun yerine Na^+ aynı görevi üstlenir ve organik asit için yine aynı mekanizma gelişir.

1.4.Tuz Stresi Cevaplarında Bitki Hormonları

Bitki gelişiminde tuz stresinin inhibitör etkisi birkaç seviyede görülür ve hücrel işlemlerin düzenlenmesini içerir. Tuz stresi, genlerin gelişimindeki hücrel döngünün ekspresyonunu etkiler ve hücre gelişimi dolaylı yoldan etkilenmiş olur (Bursens vd., 2000). Kaygılandırıcı bir turgor, hücre genişlemesini ve büyümenin engellenmesini etkileyebilir. Tüm bu hücrel işlemler, tuz stresi altında değişen homeostasisi tarafından düzenlenir. Birçok makalede tuz stresiyle birlikte ABA miktarının arttığı gözlemlenmiştir. ABA, hücre döngüsünün düzenlenmesiyle çalışmak zorundadır (Wang vd., 1998). Fakat ABA' nın en önemli fizyolojik etkisi, stoma kapanmasını uyarmasıdır (Kawasaki, 2001). Bunun sonucunda fotosentez azalır, fotoinhibisyon ve oksidatif stres meydana gelir. Fotosentezin azalmasına neden olan diğer bir faktör, fotosentez asimilasyon ve translokasyon verimliliğinde tuz stresinin inhibitör etkisidir. Bu iki işlem bitki hormonları tarafından düzenlenmektedir. Böylece kaygılandırıcı büyüme, tuz stresi altında hücre genişlemesinin inhibisyonunu kanıtlar. Bu durum hormon homeostasisi tarafından kontrol edilir. Bir çok çalışmada, giberellik asit ve sitokinin gibi büyüme regülatörlerinin uygulanmasının tuz stresi etkilerinin tersi davranışları arttırdığı gösterilmiştir.

Olumsuz çevre faktörleri, fitohormonların miktarlarında önemli değişikliklere neden olmaktadır. Bu değişiklikler yalnızca ABA birikimiyle sınırlı değildir. Aynı zamanda bitki büyüme hormonları IAA ve sitokinin miktarlarında azalmaya neden olmaktadır (Zhalkevich ve Pustovaytova 1993). Tuz stresi ya da kuraklık stresinden önce SA muamelesi IAA ve sitokinin konsantrasyonlarının azalmasını önlerken ABA miktarını azaltmaktadır. Birçok veri, SA ile ön muamele edilen buğday tohumlarının çevresel stres

faktörlerine karşı dirençlik kazandığı tespit edilmiştir ve ABA' nın SA' nın bu koruma görevine karşı bir kanıt olduğu ileri sürülmektedir.

1.5. ABA'nın Biyosentezi

Bitkilerde ABA'nın biyosentetik yolu geniş olarak açıklanmıştır (Nambara ve Marion-Poll,2005). Araştırmacılar bu yolun aydınlatılması ve katobolik yollardaki enzimlerin tanımlanması için iyi model bitki olan *Arabidopsis*' i tercih etmişlerdir. Mandel vd., (1996) *Arabidopsis* mutantlarında MEP yolunu tanımlamıştır. ABA' nın prekürsörü olan izopentil difosfat plastidlerde metileritritol fosfat yolu (MEP) ile pirüvat ve gliseraldehit 3-fosfattan sentezlenir. Bu sentez fitoen ve likopen gibi ara ürünlerin üretimine öncülük etmektedir. İlk olarak karotenoid oksitlenir, daha sonra kapalı zincir reaksiyonu ve hidrosilasyonla zeaksantin oluşur. Zeaksantin violaksantin ya da neoksantine dönüşümü plastidlerde gerçekleşir. *Arabidopsis*' lerde violaksantin ve neoksantin 9-cis epoksikarotenoid dioksigenaz (NCED) ile ABA'ya katalitik dönüşüm için ilk prokürsör olan ksantoksin üretilir.

ABA glukoz ester (GE) gibi bağlarla inaktif form oluşturabildiği gibi ABA, oksidasyonla kararsız bir ürün olan faseik asit (PA) ve dihidrofaseik asite (DPA) dönüşebilir (Şekil 1). ABA-GE formunun membrandaki geçirgenliği az olmasından dolayı ksantoksindeki taşınım için uygun bir formdur (Jang ve Hartung 2007). ABA endoplazmik retikulumda β -oksidasyonla tekrar aktif formuna dönüştürülür.

1.6. ABA'nın Stresteki Fizyolojik Rolü

Dokuların stres toleransı ve su ilişkileri ABA konsantrasyonunu arttıran önemli bir gelişmedir. Bu gibi durumlarda ABA stomaların kapanmasını ve köklerin su almasını uyarır. Aynı zamanda ABA kök gövde oranının artması, lateral kök gelişiminin uyarılması ve kök tüyü oluşumu gibi değişikliklere de neden olur (Trewavas ve Jones, 1991). Miktarı artan ABA yağların proteinlere transferini uyarır. Böylece ABA epikutikular mumun oluşmasında önemli rol oynar. Bu işlem yapraktaki suyun muhafazası için önemlidir (Hollenbach vd., 1997). Tüm bu gözlemler, ABA'nın gelişmiş bitkilerde bir stres hormonu olarak sentezlendiğinin göstergesidir.

Yapraklardaki su potansiyeli indirekt olarak stresten etkilendiği zaman ABA stomatal reaksiyonlara etki etmektedir. Mısır köklerinde yapılan çalışmada, köklerin strese bırakılmasıyla yapraklardaki yüksek su potansiyelinden dolayı stomalar kapanmıştır. (Blackman ve Davies, 1985). ABA'nın sentez yerinden ksileme taşınması ve yapraklardaki stomalara etki etmesi birçok çalışmaya konu olmuştur. Yapılan deneyler sonucunda ABA'nın ksilemlere apoplastik veya simplastik yolla salınarak taşındığını göstermiştir. (Davies ve Zhang, 1991., Harthung ve Davies, 1993). Slavik (1995) apoplastik ABA'nın endodermise geçerek taşındığını kabul etmiştir.

1.7. ABA'nın Tuz Stresindeki Rolü

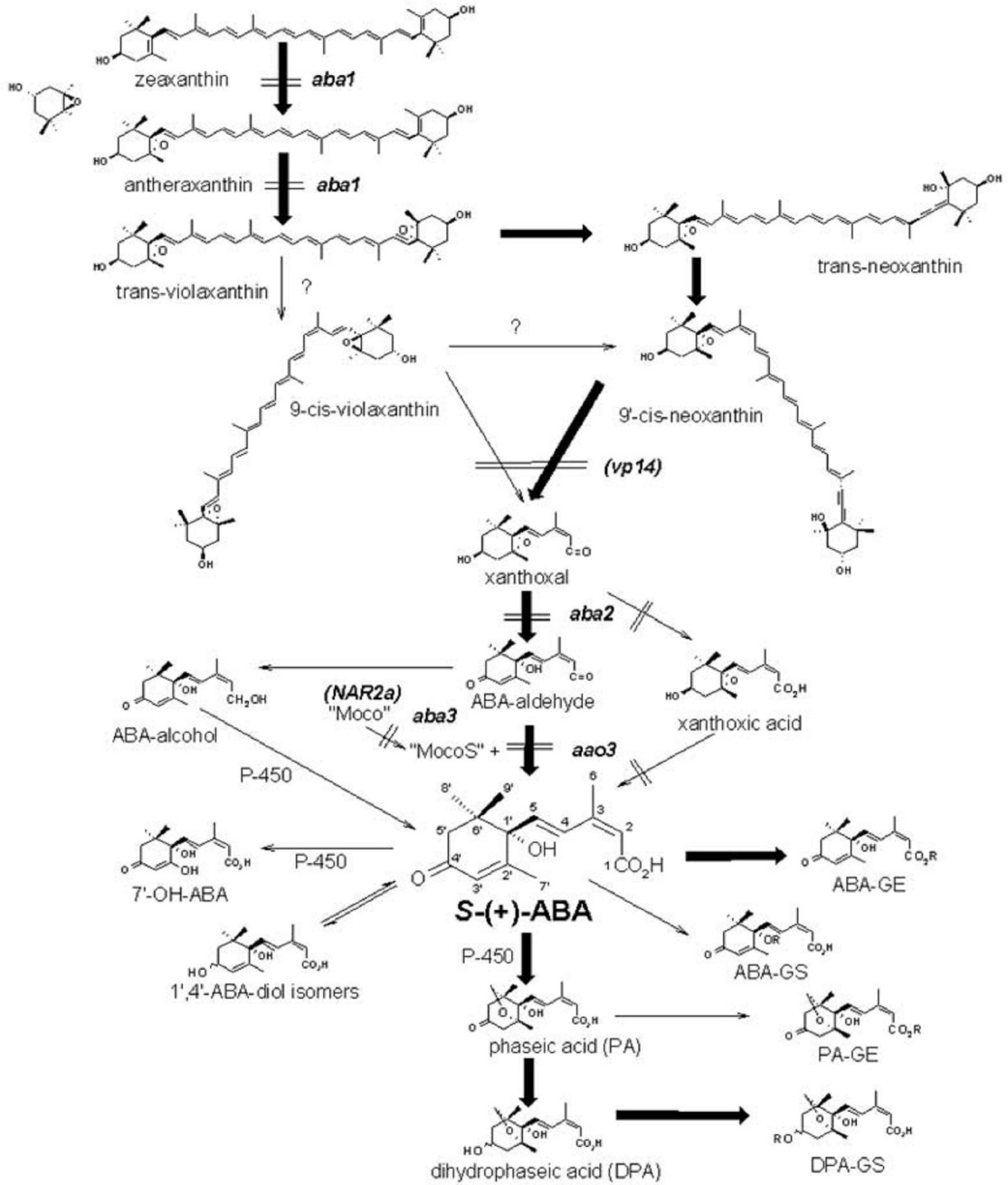
Tuz stresi tütün yapraklarında (Mizrahi vd., 1971) ve mısır köklerinde (Lachno ve Baker 1986) ABA miktarını üç ile altı kat birikimine neden olmaktadır. Downton ve Loveys (1978) tuz stresindeki ABA miktarını üzümde meyve gelişimi boyunca incelemişlerdir. Meyve gelişiminin en son safhasında salgılanması gereken ABA, tuz stresinde bir hafta önce pig noktasına ulaştığı gözlemlenmiştir. Walker ve Dumbroff (1981) tuz stresine maruz bırakılan domates yapraklarında ABA konsantrasyonunun iki gün sonra pig noktasına ulaştığını belirlemişlerdir. Çeltik yapraklarında ise sadece yarı toleranslı olan IR20 kültür bitkisinde uyarılan ABA miktarının çok az olduğu gözlemlenmiştir

ABA'nın tuz stresinde bir stres sinyali olarak uzun mesafeli taşınımı hakkında yalnızca birkaç veri bulunmaktadır. Wolf vd., (1990) acı baklada yüksek tuz stresi boyunca ABA'nın uzun mesafeli taşınımını çalışmıştır. Yapılan çalışma, yapraklarda sentezlenen ABA'nın floemle köklere taşındığı ve oradan da tekrar yaprağa taşındığını göstermektedir. Bu sirkülasyon tuz stresi ile uyarılmaktadır. Lachno ve Baker (1986) mısır ve Asch (1995) ise pirinç bitkilerinde tuz stresi boyunca ABA'nın ksilemde, kökten gövdeye stres sinyali olarak hareket ettiğini kanıtlamışlardır.

Peuke vd., (1994) ve Jeschke vd., (1997) orta tuz stresinde *Ricinus communis* bitkisinde ABA'nın taşınımını çalışmışlardır. Yapılan deneylerde olgunlaşmış yapraklarda floem taşınımının ve ABA birikiminin daha baskın olduğu gözlemlenmiştir.

Kefu vd., (1991) tuz stresine bağlı olarak pamuk, arpa ve *Atriplex spongiosa* bitkilerinin ksilem, kök ve yapraklarında ABA konsantrasyonunun arttığını bulmuştur. Köklerin tuz stresine maruz kalmasıyla yapraklardaki su potansiyeli artar ve buna bağlı

olarak da ABA seviyesi yükselir. Bilim adamları, buradaki ABA seviyesinin artışı yapraktaki su eksikliğinin tetiklemediğini, kökün tuzluluğa bir cevabı olduğu kanısına varmışlardır.



Şekil 1. ABA'nın biyosentezi ve metabolizması (Ruth vd., 2002)

1.8.ABA' nın Tuzluluğa Eşlik Eden Diğer Stres Faktörlerindeki Rolü

1.8.1. Azot Eksikliği

Tuzluluğa maruz kalmış *Ricinus*'larda, ABA' nın kökten ksileme salınması için bazı besin maddelerinin gerekli olduğu gözlemlenmiştir. Bitkiler nitrojen kaynağı olarak yalnızca nitratı (1 mM) kullandığı zaman, ksilemdeki ABA konsantrasyonunun uyarıldığı belirlenmiştir. Tuz stresindeki *Ricinus* bitkisi nitrojen kaynağı olarak amonyum kullandığı zaman ABA' nın akış miktarında artış gözlenmektedir. Bu deney orta tuz stresinde uygulandığında ABA akışında bir azalma meydana gelmektedir (Peuke vd., 1994).

1.8.2. Alkali pH

Yüksek tuz konsantrasyonundaki topraklar genellikle baziktir (Wild, 1988). Tang ve arkadaşları bazik ortama duyarlı lupin yapraklarında (*Lupinus angustifolius*) alkali stresinin etkilerini çalışmışlardır. Alkali şartlarda kök yüzeyinin azalmasından dolayı, suyla ilişki ve yaprak iletimi ciddi bir biçimde etkilenir (Tang vd., 1993). Alkali stres durumunda, stres sinyalleri hakkında kesin bir bilgi henüz mevcut değil. Slavik (1995) bitki dokularındaki ABA döngüsüne anyon tuzağı uygulayarak, alkaline toprak koşullarında rizosfere doğru ABA kaybının olabileceğini düşünmüştür. Eğer ABA sentezi, rizosferdeki asidifikasyondan ya da sızıntıdan daha fazla olmazsa, ABA seviyesi ve tüm bitkinin strese karşı olan toleransı azalır. *L. angustifolius* (alkaline duyarlı) ve *Cicer arietinum* (toleranslı) ile yapılan çalışmalarda, ABA biyosentezinin köklerde arttığını ve bunun da ksilemdeki ABA konsantrasyon artışına neden olduğu gözlemlenmiştir.

1.8.3. Fosfat Eksikliği

Bitkiler için gerekli olan fosfat, tuzlu ya da bazik topraklarda çok nadir bulunur. Radin (1984) pamukta ABA ile fosfat eksikliğini incelemiştir. Foliar ABA seviyesi, su potansiyeli -1,5 MPa altında olduğu zaman artmaktadır. *Ricinus* bitkisinde, bitki gençken ABA biyosentezi kökte olurken, olgunlaşan yapraklarda bu sentez altı katına kadar çıkmaktadır. Artan bu ABA akışına azalan transpirasyon eşlik etmektedir (Jeschke

vd.,1997). Fosfat eksikliğinin etkisi zarar görmemiş bitkilerde, karbon ve nitrojen akışını etkilediği düşünülürse, tuz stresıyla benzerlik gösterir (Jeschke vd.,1996a). Aynı görüşler kısmen ABA için de geçerlidir. Tek fark, tuz stresine maruz kalmış *Ricinus* yapraklarında taşınan ABA miktarı azalırken, ksilemdeki ABA miktarına rağmen fosfat eksikliğinin bulunduğu yapraklarda ABA birikiminin azalmasıdır. Bu sonuç Radin (1984)' in pamuk bitkisindeki fosfat eksikliği sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir.

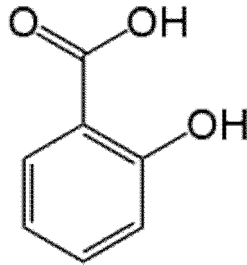
1.8.4.Toprak Yapısı

Toprak yapısı bitki büyüme ve gelişimini inhibe etmektedir. Masle ve Passioura (1987) toprak yapısının yaprak gelişimine etkisini çalışmışlardır. Tardiev vd.,(1991) sık toprakta yetişen mısırın ksilemindeki ABA konsantrasyonunun arttığını ve böylece yaprak iletiminin azaldığını gözlemlədiler. Bu durumda görülen ABA'nın artışı toprak sıklığından ziyade, topraktaki suyun azlığından kaynaklanmaktadır. Ternes, (1994) ve Liu ve Latimer (1995) stresin olmadığı, sadece kökün sınırlandırıldığı durumlarda bitkilerin ksilemlerindeki ABA sinyalinin var olduğunu ve mekanik stres durumunda da kök dokularında ABA sentezinin arttığını kanıtlamışlardır. Hartung (1994) mekanik direncin, ksilemdeki ABA taşınımını 10 kat arttırdığını ve buna bağlı olarak yaprak büyüme ve iletiminde azalmalar olduğunu bulmuşlardır. Sıkı topraklara yayılan köklerin anatomik yapılarında bazı karakteristik değişiklikler gözlenmiştir. Örneğin kök tüyü sayısında ve radyal büyümede artış, kök şapkasının kalınlaşması gibi. Benzer değişimler dışarıdan ABA uygulandığı zaman da gözlemlenmektedir. Böylece ABA artışının toprağa yayılmaya yardımcı olduğunu ve gövde fizyolojisinde sekonder etkiyi içerdiğini kanıtlamışlardır.

Mulholland ve arkadaşları (1996a,b) benzer çalışmayı arpalara uygulamıştır. Yapılan çalışmalarda, toprak yapısının bir sonucu olarak ABA taşınımının arttığını gözlemlədiler. Mısırdan farklı olarak (Hartung vd., 1994) arpa yapraklarının gelişimi inhibe olmadı. Bilim adamları, deneylerine ek olarak ABA-eksik arpa mutantlarını çalıştılar ve mekanik dirence maruz bırakılan köklerde ABA taşınımını kanıtladılar. Saab ve arkadaşları (1990) ABA' nın toprak sıklığı stresi şartlarında, yaprak gelişiminin devamı için bir yaprak gelişimi promotörü gibi hareket ettiğini gözlemlemişlerdir. Mulholland (1996)'ın deneyi ABA' nın stres şartları altında bir büyüme hormonu olduğunu göstermiş oldu.

1.9. Salisilik Asidin Biyosentezi

Salisilik asit, fenolik bileşiklerin sentezinin gerçekleştiği şikimik asit yolunda bir ara ürün olan sinamik asidin doğal bir türevidir. Bu yönde iki muhtemel olasılık ileri sürülür: 1) Sinamik asidin zincir kısmındaki dekarboksilasyonla benzoik asit oluşur ve C2 pozisyonundaki hidroksilasyonla SA sentezlenir. Bu sentez şeması tütün bitkilerinde (Yalpani vd., 1993) ve çeltik fidelerinde (Silverman vd., 1995) rapor edilmiştir. *Quercus pedunculata*' da enzimlerin sinamik asidin β -oksidasyonu ile benzoik aside dönüşümünü katalizlediği belirlenmiştir (Alibert ve Ranjeva 1971, Alibert vd., 1972). Fakat benzoik asidin salisilik aside dönüşümünden sorumlu genler henüz karakterize edilmemiştir. 2) Sinamik asidin hidroksilasyonuyla *o*-kumarik asit ve dekarboksilasyonla da SA oluşur. Sinamik asidin *o*-kumarik asite dönüşümü ilk kez bezelye fidelerinde gözlemlenen (Russel ve Conn, 1967) trans-sinamat-4-karboksilaz enzimiyle katalizlendiğine inanılmaktadır (Alibert ve Ranjeva 1971). Fakat bu enzimin dönüşümdeki rolü şu an kesin değildir. Yapılan çalışmalar ışığında, SA sentezinde sinamik asidin önemli rol oynadığı ve yukarıdaki iki sistemi de kullandığına inanılmaktadır.

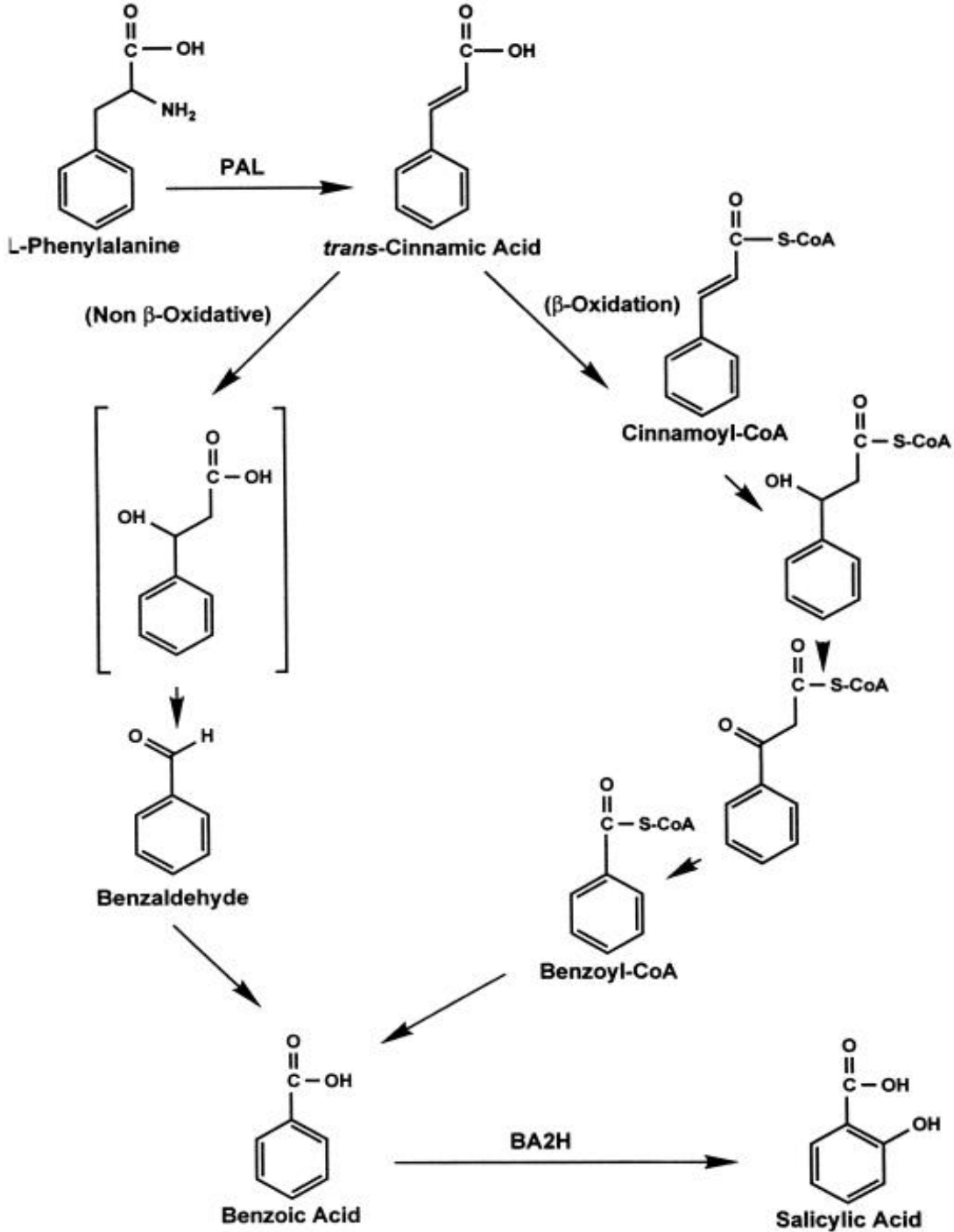


Şekil 2. Salisilik asidin kimyasal yapısı

1.10. Salisilik Asidin Metabolizması

Salisilik asidin glikolizasyonla ve esterifikasyonla oluşturulan bir çok birleşik formu bulunmaktadır (Lee vd., 1995). Soya fasulyesinin süspansiyon kültürlerinde ve ayçiçeği hipokotillerinde (Klambt, 1962) salisilik asidin glukoz esterlerinin varlığı tespit edilmiştir. Benzer olarak *Mallatus japonicus* (Tanaka vd., 1990) ve *Avena sativa* fidelerinin köklerinde β -glikozit salisilik asit gözlenmiştir (Balke ve Schulz, 1987). Yapılan

çalışmalarda, SA'yı β -glikozit SA'ya katalizleyen SA-glikosiltransferaz (Gtaz) enziminin varlığı tespit edilmiştir. Üzümde ve Fransız fasulyesinde SA'nın aminoasitlerle oluşturduğu bileşikler de (salisilik aspartik asit) tespit edilmiştir.



Şekil 3. Salisilik asit biyosentezi (David vd., 1998)

1.11. Salisilik Asidin Fizyolojik Rolü

1.11.1. SA'nın Bitki Büyümesine Etkisi

Salisilik asit, fotosentez, iyon alınımı, membran geçirgenliği, enzim aktivitesi, çiçeklenme, sıcaklık, bitki üretimi, gelişimi ve büyümesi gibi biyokimyasal ve fizyolojik süreçleri etkileyen fenolik birleşik olarak bilinmektedir. Doğal bir birleşik olan SA bir büyüme regülatörü gibi hareket edebilir (Anberg, 1981). SA, asetil salisilik asit (ASA), gentisik asit (GTA) ve diğer SA analogları soya fasulyesinde ve mısırdaki yaprak alanını ve kuru ağırlığı artırırken, bitki ağırlığında ve kök uzunluğunda bir değişikliğe sebep olmamıştır (Khan vd., 2003). Fariduddin vd., 2003 *B. juncea* bitkilerinin yapraklarına 10^{-5} M SA uyguladığında kuru ağırlığın maksimum olduğunu ve konsantrasyonun arttığı durumlarda ise inhibitör bir etki gösterdiğini gözlemlemiştir. Dahası, buğday fidelerine 10^{-5} M SA uyguladığında kontrole oranla yaş ve kuru ağırlığın arttığı gösterilmiştir (Hayat vd., 2005). Benzer olarak, Pancheva vd., (1996) 2 gün boyunca arpa fidelerini SA ile muamele etti ve büyümede ciddi oranda değişiklikler gözlemlerken yaprak gelişiminin ertelendiğini gözlemlemiştir. Gövdesi kesilen bazı süs bitkileri SA ile muamele edildiğinde kök farklılaşmasında bir artış gözlemlenmiştir (Singh vd., 1993). Bunlara zıt olarak (Pancheva vd., 1996) arpa fidelerinin kök ve yapraklarında SA muamelesi sonucu büyümede bir inhibisyon olduğu ve artan konsantrasyonda da inhibitör etkinin attığı gözlemlenmiştir.

1.11.2. SA Etkisinin Fotosentezle İlişkisi

SA ile muamele edilen bitkilerin metabolizmalarındaki değişimler bitkinin tipine ve uygulanan SA miktarına bağlıdır. *B. napus* bitkilerinin yapraklarına (20 mg ml^{-1}) uygulanan SA klorofil miktarlarını arttırmıştır (Ghai vd., 2002). Benzer olarak, 10^{-5} M SA uygulanan buğday bitkisinde pigment miktarının arttığı ve konsantrasyon arttıkça bu miktarın azaldığı belirtilmiştir (Hayat vd., 2005). 30 gün boyunca yetiştirilen *B. juncea* bitkisine 10^{-5} M konsantrasyonunda SA uyguladığında, uygulanmayan bitkiye oranla klorofil miktarının %20 oranında arttığını, 10^{-3} M konsantrasyonunda uyguladığında ise klorofil miktarının azaldığını tespit etmişlerdir (Fariduddin vd., 2003). Mısır ve soya

fasulyesine uygulanan ASA ve GTA, klorofil miktarında bir değişikliğe neden olmamıştır (Khan vd., 2003). 10- 150 μm SA ile ıslatılan *Vigna mungo* tohumları çimlendiklerinde bu bitkinin yapraklarında klorofil ve karotenoid miktarlarında azalmaya neden olmaktadır (Anandhi ve Ramanujam 1997). Benzer şekilde arpaya 100 μm -1mM kadar uygulanan SA, klorofil miktarında azalmaya neden olmaktadır (Pancheva vd., 1996). SA, karotenoid ve ksantofil sentezini artırırken, buğday bitkisinde klorofil miktarı ve klorofil a/b oranı azalmaktadır (Moharekar vd., 2003). Yapraklara uygulanan SA *Phaseolus vulgaris*' te stomaların kapanmasını (Larque-Saavedra, 1978) ve *P. vulgaris* ve *Commelina communis*' te de transpirasyonun azalmasını uyarılmaktadır. Fakat Khan vd., (2003) mısır ve soya fasulyesi yapraklarına GTA, ASA, SA uygulayarak, transpirasyonda ve stomatal iletimde artış gözlemlemiştir. Dahası, soya fasulyesinin yapraklarında SA uygulamasıyla, su kullanırlığı ve iç CO_2 konsantrasyonu artmaktadır (Kumar vd., 2000).

Herhangibir strese maruz kalmamış bitkilere SA uygulandığında enzim aktivitelerinde önemli değişiklikler meydana gelmektedir. Yapılan çalışmalarda hardal (Farriduddin vd., 2003) ve buğday (Hayat vd., 2005) bitkilerinin yapraklarında SA muamelesiyle karbonik anhidraz enziminin aktivitesinde artış gözlenmiştir. Bu iki çalışmada, bilim adamları 10^{-3} ve 10^{-4} M konsantrasyonlarında SA uygulamasıyla karbonik anhidraz aktivitesinin azaldığını tespit etmişlerdir. Arpa bitkilerinde 100 μm -1 mM konsantrasyonuna kadar olan 1 haftalık SA uygulamalarında ribuloz-1,5-bifosfat, karboksilaz/oksigenaz (RuBPCO) gibi enzimlerin aktivitelerinde de azalma gözlenmiştir (Pancheva ve Popova, 1997). Dahası bu bilim adamları, arpada PEPCaz aktivitesinin arttığını, fotosentetik oranın azaldığını tespit etmişlerdir. Yapılan bu çalışmalara zıt olarak stresli mısır bitkilerinde Rubisco' nun aktivitesinde (Khodary, 2004) ve hardal bitkisinde fotosentetik oranında (Farriduddin vd., 2003) SA muamelesiyle artış gözlenmiştir. Farriduddin vd., (2003), 10^{-4} ve 10^{-3} gibi SA' nın yüksek konsantrasyonların inhibe etkisini kanıtlamalarına rağmen hardal bitkisinde su kullanımının ve fotosentetik oranın attığını rapor etmişlerdir. Benzer şekilde arpa, mısır ve buğdayda SA' nın fotosentetik oranı uyardığı kanıtlanmıştır (Pancheva vd., 1996; Kumar vd., 2000; Khan vd., 2003; Khodary, 2004)

1.11.3. SA'nın Nitrat Metabolizmasına Etkisi

Ca(NO₃)₂' nin yüksek konsantrasyonu (5 mM) inhibitör etkisi yapmasına rağmen 0,01-10 mM SA konsantrasyonu ile birlikte mısır kök ve yapraklarında, nitrojen alınımını ve nitrat redüktazı (NR) aktive etmektedir (Jain ve Srivastova, 1981). Benzer şekilde salisilik asit, nitrat (NO₃) varlığında nitrat redüktazın aktivitesini arttırmaktadır (Rane vd., 1995). 10⁻⁵ M SA içeren solüsyonla ıslatılan buğday tohumlarında yüksek NR aktivitesi gözlenmiştir (Hayat vd., 2005). Araştırmacılar 10⁻⁵ M SA'nın enzim aktivitesinde kontrole oranla %36 daha sonra da %13 oranında bir artışı uyardığını kaydetmişlerdir. 10⁻³ M SA konsantrasyonunda ise buğday fidelerinde %14, hardal bitkisinde %10 NR'in aktivitesinde azalma bildirmişlerdir. SA etkisiyle artan NR aktivitesi *Glycine max*' ta protein artışa neden olurken (Kumar vd., 1999) arpada azalmaya neden olmaktadır (Pancheva vd., 1995). 10-50 µM SA muamelesi sonucu *Vigna mungo* çeşitlerinde şeker, nişasta ve fenollerde bir azalma gözlenmiştir (Anandhi ve Ranjeva 1997)

1.11.4. SA'nın Etilen Üretimine Etkisi

Romani vd., (1989)'nın yaptığı çalışmada, SA ve ASA' nın 3 saat boyunca etilen üretimini %90 oranında azalttıkları gözlemlenmiştir. SA'nın bu inhibitör etkisi etileni oluşturan enzimin inhibitörü olarak bilinen dinitrofenole benzemektedir.

1.11.5. SA'nın Mineral Maddeler Üzerine Etkisi

SA etkisi altındaki bitkilerin madde içeriğinde değişimler gözlenmektedir. Arpa köklerinde SA fosfat ve potasyum alınımını azaltmaktadır. Fakat, SA'nın köklerdeki potasyum alınımının inhibisyonunun, besiyerindeki elementlerin konsantrasyonuna ve pH'a bağlı olduğu tespit edilmiştir. Bu inhibisyon düşük pH' da daha fazla gözlenmektedir (Gordon vd., 2002)

1.11.6. SA' nın Isı Üretimine Etkisi

SA'nın ısı üretimiyle ilişkili olduğu iyi bilinmektedir (Raskin, 1992b). Araceae familyasına ait 5 türde ve Cycadaceae familyasına ait 4 termogenik türün dışı kozalaklarında ısı üretimi boyunca içsel SA miktarı 1 mg g⁻¹ kadar artmaktadır (Raskin vd., 1990). Bu önemli gözlemlerin yanı sıra modern analitik tekniklerle de (Raskin vd., 1989) SA' nın ısı üretimini uyardığı ve düzenlediği kanıtlanmıştır (Popova vd., 1996). Dışarıdan uygulanan SA (0,13 mg g⁻¹) olgunlaşmış zambakların kök saçaklarının ısını 12 °C'ye kadar arttırmıştır (Raskin vd., 1989). Termogenik türlerdeki SA mekanizması, tütün yapraklarında kanıtlandı. SA solunumu arttırarak yüzey sıcaklığının artmasına neden olmaktadır (Van-Stroten vd., 1995).

1.11.7. SA'nın Çiçeklenmeye Etkisi

SA'nın ilk fizyolojik cevabı tütün doku kültürlerinde kinetin ve indol asetik asitle birlikte çiçeklenmeyi uyarıcı etki göstermesi olarak bildirilmiştir (Eberhard, 1989). SA'nın bu etkisi birçok farklı familyaya ait türlerde kanıtlanmıştır. SA *Lemma* bitkisinde çiçeklerin sonradan gelişimini önemli derecede etkilememesine rağmen çiçeklenmenin başlangıç evresini hızlandırmaktadır (Cleland ve Ajami, 1974). Benzer olarak SA *Xanthium strumerium*'da çiçeklenmeyi uyarmaktadır. Dahası, SA'nın analogu olan aspirin, fotoperiyod süreci başlamamış *Spirodela polyrrhiza* (Khurana ve Maheshwari,1980), *Spirodela punctata* (Scharfetler vd., 1978) ve *Wolffia microscopica*'da (Khurana ve Maheshwari 1987) çiçeklenmeyi uyarmaktadır. Benzer şekilde, SA içeren kültür besiyerinde yetiştirilen Araceae familyasına ait *Pisita stratioes*'de de çiçeklenmenin arttığı tespit edilmiştir (Piterse, 1982). 2-5 gün boyunca soya fasulyesinin yapraklarına uygulanan SA çiçek tomurcuklanmasını hızlandırmıştır (Kumar vd., 1999). SA'nın çiçeklenmede bir düzenleyici olarak nasıl hareket ettiği konusunda bilim adamlarının tartışmaları devam etmektedir. Sood ve Nanda (1979) SA'nın GA ile sinerjik bir etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

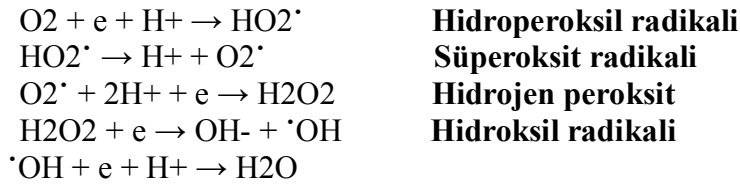
1.12. Tuzluluğa Eşlik Eden Stresler

1.12.1. Oksidatif Stres

1.12.1.1 Serbest Radikaller ve Reaktif Oksijen Türleri (ROS)

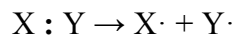
Normal şartlarda oksijen kararlı, kokusuz, tatsız, renksiz, sudaki çözünürlüğü sınırlı bir gazdır. İnsan hayatı için hem gerekli hem detoksik olan bir moleküldür. Oksijenin iki eşleşmemiş elektronlarının ayrı orbitallerde aynı yönde dönmesi sonucu oksijen, bir radikaldir. Moleküler oksijen elektron transferiyle suya kadar indirgenir. Bu yol 4 elektron gerektirir ve bu yolda reaktif ara moleküller oluşur ki bunlar süperoksit, hidrojen peroksit ve hidroksi radikalleridir. Bunlar önemli oksidatif stres ajanları olup reaktif oksijen türleri (ROS) olarak adlandırılır (Tablo 2)

Tablo 2. Oksijenin indirgenmesi

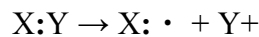


Serbest radikaller hücrede metabolik dengenin bir parçası olarak devamlı yapırlar Serbest radikaller 3 yolla meydana gelirler

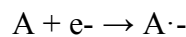
1. Kovalent bağlı normal bir molekülün, her bir parçasında ortak elektronlardan birisinin kalarak homolitik bölünmesi.



2. Normal bir molekülden tek bir elektronun kaybı veya bir molekülün heterolitik bölünmesi. Heterolitik bölünmede kovalent bağı oluşturan her iki elektron atomların birinde kalır. Böylece serbest radikaller değil, iyonlar meydana gelir.



3. Normal bir moleküle tek bir elektronun eklenmesi



Organizmada oksidatif strese neden olan radikal yapımı endojen ve çevresel faktörleri içeren çeşitli mekanizmalarla gerçekleşir.

Serbest radikaller, somatik hücelere ve bağışıklık sistemine saldıran moleküllerdir ve dış orbitallerinde bir veya daha fazla eşlenmemiş elektron ihtiva eden atom veya moleküller olup, bu elektronlarını paylaşabilmek için diğer moleküllerle hızla reaksiyona girerler (Hurst vd.,1997; Jornot vd.,1998; Mills vd.,1998). Serbest radikaller elektron transferi, enerji üretimi ve diğer metabolik işlevlerde temel oluştururlar. Ancak radikallerle reaksiyona giren moleküllerin bir elektronu azaldığı için onlar da reaktif bir hale gelir ve bu reaksiyon zincirleme olarak devam ederken kontrolsüz bir davranış gösterirse hücrede hasarlara neden olur. Serbest radikaller etkilediği atomun dolayısıyla o atomun bulunduğu maddenin görevini yapamamasına sebep olur. Sonuç olarak, etkilenen maddenin biyolojik önemine ve onun tamir edilip edilememesine bağlı olarak önemli veya önemsiz kalıcı veya geçici etkiler gösterir. Serbest radikaller hücrelerin lipid protein, DNA, karbonhidrat ve enzim gibi önemli birleşenlerine karşı zararlı etki gösterebilirler. Radikal metabolitler belli bir seviyenin üstüne çıktığında anti oksidantlar tarafından kontrol altına alınırlar. Radikalleri etkisiz hale getiren antioksidant birleşiklerin yetersiz kaldığı durumlarda organizmada büyük hasarlar meydana gelmektedir (Byung, 1994). Hidrojen peroksit serbest radikal olmamasına karşın biyolojik zarlara nüfuz edebilmesi ve daha reaktif oksijen türlerinin yapım aşamasında aldığı rolden dolayı önemlidir. Diğer bir önemli işlevi ise hücre içi sinyal molekülü olarak görev yapmasıdır (Nordberg ve Arner, 2001). Hidrojen peroksit süperoksit radikalının dismutasyon tepkimesi sonucu oluşur. Ürat oksidaz, glukoz oksidaz, d-aminoasit oksidaz gibi birçok enzim oksijene iki elektron transfer ederek direk hidrojen peroksit oluşturabilirler (Halliwell ve Gutteridge, 1984). Hidrojen peroksitin redoks özelliği ve geçiş metalleri varlığında yüksek reaktif serbest radikalleri oluşturmasına karşı vücut, savunma sistemi geliştirmiştir. İstenmeyen hidrojen peroksit katalaz, glutatyon peroksidaz ve diğer oksidazlar ile hücreden uzaklaştırılır (Gutteridge, 1995). Tuz stresini içine alan abiyotik stresler, yüksek konsantrasyonda hücreler için zararlı olan ROS birikimine neden olmaktadır. ROS membranlardaki lipid, protein ve nükleik asitleri oksidatif hasara uğrattır (Smirrof, 1993; Gomez vd., 1999; Hernandez vd., 2001).Lipid peroksidasyonu çok zararlı bir zincir reaksiyonudur. Peroksidasyonla oluşan MDA membran yapısını ve geçirgenliğini olumsuz etkilemektedir. (Halliwell ve Gutteridge, 1984). Bitkiler oksidatif stresle mücadele etmek için bazı antioksidantları (askorbat, glutatyon, karotenoidler) ve süperoksit dismutaz, katalaz gibi detoksifik enzimleri kullanmaktadır. Bu maddelerin biyosentezi ROS'un birikimiyle ilgili genlerin ekspresyonuyla gerçekleşmektedir.

Tuz stresi ve ABA H_2O_2 'nin üretimini artırmasına neden olmaktadır. Hidrojen peroksit, abiyotik stres altında antioksidantlardan sorumlu genlerin düzenlenmesinde ikinci masenger olarak görev yapmaktadır (Gomez, 1999; Hernandez, 2001)

1.12.1.2. Antioksidant Enzim Sistemleri

Stres altındaki bitkide artan düzeylerde sentezlenen serbest radikaller hücrelere zarar vermekte, özellikle yavaşlama sürecine giren fotosentezin etkinliği daha da sınırlanmaktadır. Sentezlenen serbest oksijen radikalleri, protein membran lipitleri ve nükleik asitler ile klorofil gibi hücre komponentlerini de bozmaktadır (Fridovich, 1986; Davies, 1987). Stres altındaki canlıların genelinde olduğu gibi bitkilerde de stres karşısında serbest oksijen radikallerini zararsız bileşiklere dönüştüren antioksidant miktarları ve antioksidant enzim aktiviteleri yüksek olduğunda, o bitkiler oksidatif zararlanmaya karşı daha dayanıklı olmaktadır. Bitkideki kloroplastlar, toksik oksijen türevlerine karşı antioksidatif savunma sistemlerine sahip olup, bu antioksidantların başında vitamin E, vitamin C, glutatyon ve karotenoidler (beta-karoten ve zeaxanthin) gelmektedir (Karanlık, 2001). Süperoksit dismutaz (SOD), askorbat peroksidaz (APX), glutatyon redüktaz (GR), katalaz (CAT) ve peroksidaz(POX) gibi enzimler serbest oksijen radikallerinin yok edilmesinde en etkin antioksidatif enzimler olarak bilinmektedirler (Çakmak ve Marschner, 1992; Cakmak, 1994; Gossett vd., 1994).

Fizyolojik şartlar altında, ROS kloroplast, mitekondri ve peroksizom gibi farklı komponentlerde üretilir (Mittler, 2002; Apel ve Hirt, 2004). Fotosentetik işlemlerle bağlantılı olarak ROS'leri kloroplastlarda O_2 'den iki mekanizmayla üretilirler: 1) PSI ile ilişkili elektron taşınım komponentleri tarafından süperoksit radikalini (O_2^-) oluşumu. 2) PSII tarafından singlet oksijen üretimi. Fotosentetik aktivitenin sonucu olarak Rubisco'nun oksijenaz aktivitesini içeren fotosolunum yoluyla peroksizomlarda H_2O_2 üretilmektedir. Aynı zamanda H_2O_2 peroksizomlarda yağasitlerinin β -oksidasyonu ile apoplastta, hücre duvarı ya da plazma membranındaki oksidaz ve peroksidazla üretilmektedir. Bitki hücreleri, ROS üreten hücresel komponentlerde bulunan 5 farklı ROS temizleme sistemine sahiptir (Mittler, 2002; Apel ve Hirt, 2004; Fayer ve Noctor, 2005). SOD ilk olarak apoplast ve intracelular kompartmanlarda bulunan süperoksit radikalini H_2O_2 'ye dönüştürür. Diğer 4 sistem H_2O_2 'nin temizlenmesinden sorumludur: Kloroplastta bulunan su-su döngüsü (ww döngüsü), kloroplast, mitekondri, peroksizom, sitosol ve

apoplastta bulunan askorbat-glutasyon döngüsü (A-G döngüsü), özellikle peroksizomda bulunan (CAT), sitosol ve peroksizomda bulunan glutasyon peroksidaz döngüsü (GPX döngüsü).

Su-su döngüsünde H_2O_2 askorbat ile H_2O ya dönüştürülür. Bu sistemde indirgenen askorbat PSI' deki elektronlarla yeniden yükseltgenir. A-G döngüsü hücresele seviyedeki H_2O_2 'nin azalmasını sağlayan en verimli temizleme mekanizmasıdır. Bu döngü APX ve askorbatı kullanarak H_2O_2 'yi indirger. Askorbat, glutasyonun ve NAD(P)H'in indirgeyici gücü ile yeniden oluşturulduktan sonra 3 enzim (monodehidro askorbat redüktaz, dehidro askorbat redüktaz ve glutasyon redüktaz) tarafından katalizlenir. CAT peroksizomda H_2O_2 'yi temizleyen bir enzimdir. H_2O_2 'nin suya ve O_2 'ye dönüşümünü katalizler. GPX glutasyonu kullanarak H_2O_2 'yi temizler. İndirgenen glutasyon GPX ve glutasyon redüktaz tarafından katalizlenir.

Bitki hücrelerinde ROS'un temizleme sistemleri sadece enzim aktiviteleri ile sınırlı değildir. Aynı zamanda antioksidant tampon gibi hareket eden glutasyon, askorbat ve NAD(P)H gibi enzimatik olmayan ürünlerde bu sistemlerin kontrolünde önemli rol oynarlar(Foyer ve Noctor, 2005)

Stres şartlarında kloroplast ve peroksizomlarda ROS seviyesinin arttığı bilinmektedir(Apel ve Hirt, 2004). Stres koşullarının çoğu (kuraklık ve sıcaklık stresi) CO_2 kullanımını sınırlar ve CO_2 asimilasyon kapasitesi ve indirgenen komponentlerin üretimi arasındaki dengeyi değiştirir. Bu dengesizlik, kloroplastlarda PSI, PSII ve peroksizomlardaki fotosolunuma bağlı olarak ROS üretimini arttırmaktadır. Mitokondriler de çevresel stres ve patojen saldırılarının bir savunma şekli olan PCD (Programlanmış hücre ölümü) boyunca bir ROS üretim yeri olarak tanımlanmaktadır.

1.12.2.Osmotik Stres

Tuzun ilavesiyle suyun ozmotik potansiyeli düştüğünden tuz stresi bitkiyi sekonder bir ozmotik strese (kuraklık stresine) maruz bırakmaktadır. Ozmotik stres hızla yaprak su potansiyeli ve ozmotik potansiyelini düşürerek ozmotik dehidrasyonu meydana getirmekte; stomaların kapanmasına, dolayısı ile transpirasyonun azalmasına neden olmaktadır. Terleme kabiliyetini yitiren yapraklarda sıcaklık da artmaktadır (Levitt vd., 1980). Nitekim, Walker vd., (1981) ile Downton vd., (1990) de sultani çekirdeksiz üzüm çeşidine ait çeliklerde tuz stresinin benzer ozmotik etkilerini saptamış ve stoma iletkenliğinin

azalması ile büyüme ve fotosentez azalışı arasında önemli ilişkiler olduğunu bildirmişlerdir. Tuzun etkisi ile bitki büyümesinin azalması, hasarlı ya da ölen yaprakların oranının, yeni gelişen yapraklardan fazla olması nedeniyle azalan fotosentez alanıyla da açıklanmaktadır (Munns vd., 1986; Neumann vd., 1988). Ancak yapılan araştırmalar asmalarda tuz uygulamalarının fotosentez oranını da azalttığını (Walker vd., 1981; Downton vd., 1990; Downton, 1977) ve fotosentez oranı ile klorofil kapsamı arasında bir korelasyon olduğunu ortaya koymuştur (Downton ve Millhouse, 1985). Fotosentezde meydana gelen inhibisyonun ise yapraklarda artan Cl kapsamı ve azalan stoma iletkenliği ile ilgili olduğu saptanmıştır (Walker vd., 1981; Downton, 1977; Downton ve Millhouse, 1985; Downton vd., 1990). Cl akümüasyonu NaCl'nin toksik etkilerine bağlıysa da, stoma iletkenliğinin azalması tuzun teşvik ettiği ozmotik strese bağlıdır. Ozmotik stresin telafisi, bitkinin dehidrasyondan sakınım kabiliyetiyle doğru orantılıdır. Dehidrasyondan sakınım yani ozmotik düzenleme, hücrede su alımının başlamasına ve turgorun yeniden kazanılarak hücre büyümesinin devam etmesine yardımcı olmaktadır (Levitt vd., 1980).

1.12. 3. İyon Stresi

Yüksek tuzluluk, sekonder etkileri üreten hiperosmotik stres ve iyon dengesizliğine neden olmaktadır (Hasegawa vd., 2000b; Zhu, 2001). Tuz stresinde bitkilerde aşırı miktarlarda biriken Na, potasyumun alınımını (Siegel vd., 1980), Cl ise özellikle NO₃ alınımını engelleyerek (Kirkby ve Knight, 1987) bitkilerin iyon dengesinde bozulmalara neden olabilmektedir (Lewitt, 1980). Tuzlu koşullarda yetiştirilen bitkilerin iyon dengesinin bozulmasına paralel olarak mineral madde konsantrasyonlarında önemli sayılabilecek oranlarda değişimler olmaktadır. Tuz stresinden etkilenen bitkilere göre tuz stresinden etkilenmeyen ya da göreceli olarak daha az etkilenen bitkilerin dokularında Na ve Cl iyonları daha az, prolin miktarı ise daha fazladır (Flowers vd., 1977; Van-Steveninck vd., 1982). Tuz stresinde yetiştirilen buğday (Güneş vd., 1997) ve mısır (Taban vd., 1999) çeşitlerinden tuza dayanıklı olan çeşitlerin sodyum ve klor konsantrasyonlarının düşük, potasyum ve prolin konsantrasyonlarının ise daha yüksek olduğunu saptanmıştır. NaCl uygulamasına bağlı olarak mısır bitkisinin Na ve Cl konsantrasyonları artarken, K konsantrasyonu azalmıştır (Katkat vd., 1999).

Tuz stresi altındaki bitkilerde tuzluluğun dolaylı bir etkisi olarak fazla miktarda serbest radikaller sentezlenmekte ve bu radikallerin yapabileceği dokusal hasarı önlemek

için bitkide antioksidatif savunma mekanizması uyarılmaktadır. K noksanlığı gösteren bitkilerde H₂O₂ yıkıcı enzimlerin miktarları da azalmaktadır. İyi bilinen diğer bir husus da kuraklık, tuzluluk ve yüksek ışık gibi çeşitli stres koşullarında fotooksidatif hasara karşı potasyumun koruyucu rolüdür. Çevresel stres koşulları altında, oksidatif zarara karşı kloroplastların korunmasında potasyum hayati öneme sahiptir. Oksidatif zarar, K noksanlığı gözlenen bitkilerde, kloroplast hasarı yanında kloroz ve nekrozdan sorumlu ana faktördür (Çakmak, 1997). Bitkilerde Na toksisitesi birçok olumsuzluklara sebep olmaktadır. Bunlar, hayati enzimlerin (özellikle antioksidant enzimlerin) azalmasına, osmotik stres dolayısıyla bitkide su alımının azalmasına (Tarczynski vd., 1993) ve genellikle sodyumun potasyumla olan rekabeti nedeniyle K noksanlığına neden olabilmektedir (Kaya vd., 2002).

1.13. Cucurbitaceae Familyasının Özellikleri

Kabakgiller botanik sınıflandırmada Dicotyledoneae sınıfı, Cucurbitales takımı, Cucurbitaceae familyası içerisinde yer almaktadır. Bu familya içerisinde yer alan türler “Cucurbit”ler olarak ifade edilen tropik kökenli sıcak iklim bitkileridir (Chada ve Lal, 1993). Cucurbitaceae familyası içerisinde yaklaşık 118 cins ve 825 kadar tür bulunmaktadır (Jeffery, 1990). Günümüzde yetiştiriciliği yapılan 5 önemli kabak türü *Cucurbita* cinsi içerisinde yer almaktadır. Bu türler *Cucurbita pepo*, *Cucurbita moschata*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita ficifolia* ve *Cucurbita argyrosperma* (*C. mixta*)’dır (Robinson ve Decker-Walters, 1997).

C. pepo L., otsu yapıda gövdeye, geniş yapraklara ve yüzeysel dağılan köklere sahip tek yıllık bitkilerdir. Çiçekler ana gövde üzerindeki yaprak koltuklarında meydana gelmektedir. Çiçeklerin monocious (tek evcikli) yapıda yani erkek ve dişi çiçeklerin aynı bitki üzerinde fakat ayrı yerlerde olması nedeniyle kabaklar yabancı dölleniirler. Yabancı döllenne sonucunda genetik yapıları büyük oranda heterozigoti göstermektedir. Bu nedenle de ıslah çalışmalarında saf hatların oluşturulması 8-10 yıl gibi oldukça uzun süreler almaktadır. Haploid ve dihaploid bitkilerin ıslah sürecine dahil edilmesi bu süreleri oldukça kısaltmaktadır.

Çoğu kabak türünün anavatanının Meksika, *C. maxima*’yı içine alan birkaç türün ise Güney Amerika olduğu bildirilmektedir (Whitaker ve Robinson 1986; Robinson ve

Decker-Walters, 1997). Bazı kaynaklar *Cucurbita maxima*'nın kökeninin Asya olabileceğini ifade etmektedir (Günay, 1984).

1.14. Çalışmanın Amacı

Bitkisel üretimde bitkilerin stres koşullarına karşı toleransını arttırmak çok önemli ve arzulanan bir olaydır. Fakat şu ana kadar yan etkisi olmadan birçok stres faktörüne karşı bitkilerin toleransının arttırılmasını sağlayacak basit bir yöntem bulunamamıştır. Tüm bu nedenlerden dolayı, bu çalışmada özellikle yaşam süreleri boyunca en hassas oldukları fide aşamasında bir veya birden fazla stres faktörüne maruz kalmaları ve ülkemizde serada ve tarlada yetiştiriciliği en fazla yapılan ürünlerden biri olan kabakta meydana gelen stres hasarlarına karşı salisilik asidin kullanılıp kullanılmayacağı hakkında bilgi edinmek ve salisilik asidin kabaktaki etki mekanizmasını araştırmak amaçlanmıştır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Bitkilerin Yetiştirilmesi

Comet F1 ve Focus F1 kabak çeşidi tohumları 3-6 saat akar suyun altında bekletilerek petri kaplarına aktarıldı. Radikulları belirginleşen tohumlar, Hoagland (Hoagland ve Arnon, 1950) solusyonu içeren 1 litrelik 8 ayrı plastik küvete strafor yardımıyla yerleştirilerek fidelerin orta ışık yoğunluğu (250 μmol (foton) $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ve laboratuvar şartlarında (22-25 $^{\circ}\text{C}$) kontrollü bir şekilde büyümeleri sağlandı. Bitkiler yaklaşık 10 cm büyüklüğüne geldiğinde, 8 kabın 4' ü 0,5 mM konsantrasyonunda salisilik asit ile 24 saat ön muamele edildi. 24 saatin sonunda tüm bitkiler 72 saat boyunca artan tuz konsantrasyonuna (0, 25, 50 ve 100 mM) maruz bırakıldı. Denemeler üç tekerrürlü olacak şekilde kuruldu.

2.2. Klorofil Tayini

Klorofil tayini için kotiledon ve yapraklardan yaklaşık 0,1 g ağırlığında diskler alındı. 1ml %80'lik asetonda +4 $^{\circ}\text{C}$ ' de 48 saat bekletildi. Elde edilen çözeltinin optik yoğunluğu spektrofotometre ile sırasıyla 663 ve 645 nm'lerdeki absorbans değerleri formüllerde yerine konularak toplam klorofil (Arnon, 1949) ve klorofil a/b oranları mg/g cinsinden belirlenmiş oldu.

2.3. Su Potansiyeli (Ψ) Ölçümü

Kabak çeşitlerinin kotiledon ve yapraklarından alınan diskler su potansiyeli cihazına konularak yaklaşık 1,5 saat sonraki değerleri okundu.

2.4. ABA Miktarının Belirlenmesi

Kabak çeşitlerinin kotiledon, yaprak ve köklerinden 2 g alınarak, 0,001 g BHT içeren %80'lik asetonda ışık görmeyen bir ortamda homojenize edildi. Elde edilen homojenat 7000 rpm'de +4 °C'de 15 dakika santrifüj edildi. Santrifüj sonunda oluşan süpernatant evaporatörde kuruyana kadar uçuruldu. Geriye kalan kuru madde 20 ml suda çözülerek 1 M HCl ile pH' ı 2.5' e ayarlandı. Hazırlanan solusyona 20ml etilasetat eklenerek ayırma hunisiyle etilasetat kısmı alındı. Etilasetatdaki suyu tamamen uzaklaştırmak için çözeltiye sodyum sulfat eklendi ve evaporatörde buharlaştırıldı. Elde edilen pellet %50 1 ml MeOH'da çözüldü. Absisik asitin izoktarik ayrımı (Metanol:H₂O, 50:50, h/h), HPLC-UV (kolon: ACE 5 C8, 25cm x 4,6 mm i.d.)'de 254 nm'de yapıldı. ABA miktarı mg/g taze ağırlık olarak ifade edildi.

2.5. Enzim Özütünün Hazırlanması

Comet F1 ve Focus F1 yapraklarından 0,5 g alınarak 5 ml soğuk ekstraksiyon tamponu (50 mM fosfat tamponu pH 7, 1 mM EDTA) ve %1 PVPP (Polivinil Polipirrolidon) ilavesi ile buz üzerinde homojenize edilir. Elde edilen homojenat iki katlı tülbentten süzüldükten sonra süzüntü 18.000 rpm'de, +4 °C'de 20 dakika santrifüj edildi. Santrifüj sonucu oluşan süpernatant enzim aktivitelerinin belirlenmesinde kullanıldı.

2.6. Enzim Aktivitelerinin Belirlenmesi

2.6.1. Peroksidaz (POX) Aktivitesinin Tayini

Peroksidaz aktivitesi spektrofotometrik olarak Polle (1994)'e göre ölçüldü. Substrat olarak 20 mM guaiacol ve 10 mM H₂O₂ kullanıldı.

Guaiacol ve H₂O₂ tampon içerisinde hazırlandıktan sonra aktivite tayini için tüplerin içersine 2ml guaiacol, 350µl 50 mM fosfat tamponu (pH 7) ve 50 µl özüt ilave edildi. Hazırlanan tüpler 25 °C'ye ayarlı su banyosunda 15 dakika bekletildi. Daha sonra reaksiyon karışımına 600µl H₂O₂ ilave edildi. 470 nm dalga boyunda meydana gelen absorbans

değişimi 3 dakika boyunca ölçüldü. Enzim aktivitesi 1mg protein başına ünite enzim olarak ifade edildi.

2.6.2. Süperoksit Dismutaz (SOD) Aktivitesinin Tayini

Süperoksit dismutaz aktivitesi Beauchamp ve Fridovich (1971) metodunun Dhindsa ve Matowe (1981) tarafından geliştirilen yöntemle belirlendi. Aktivite indikatör olarak kullanılan nitro blue tetrazolium (NBT)' un süperoksit radikalleri ile mavi renkli bir formazona indirgenmesi reaksiyonun SOD enzimi tarafından engellenmesinin ölçülmesiyle tayin edildi. Bu reaksiyonun %50'sinin inhibisyonuna uygun süpernatant hacmi 1 enzim ünitesi olarak kabul edildi.

Aktivite tayini için 50 mM fosfat tamponu (pH 7), 0,1 mM EDTA, 13mM metionin, 75 µM NBT ve 2 µM riboflavin içeren karışıma 50 µl enzim özütü 3ml'lik küvete ilave edildi. Riboflavin en son koyuldu ve küvet 16 W lamba altına yerleştirilerek reaksiyon başlatıldı. Işık kaynağı 15 dakika sonra uzaklaştırılarak reaksiyon sonlandırıldı. Oluşan reaksiyon ürünü 560 nm dalga boyunda spektrofotometrede ölçüldü. SOD aktivitesi enzim özütündeki 1mg protein başına ünite enzim olarak ifade edildi.

2.6.3. Katalaz Aktivitesinin Tayini

Kataz aktivitesinin tayini Aebi (1974) metoduyla yapıldı. Katalaz aktivitesi. 50 mM fosfat tamponu pH 7, 10 mM H₂O₂ ve 50 µl enzim enzim özütü 1 ml' lik küvete aktarıldı ve spektrofotometrik olarak 240 nm'de ölçüldü. Katalaz aktivitesi enzim özütündeki 1mg protein başına ünite enzim olarak ifade edildi.

2.7. Lipid Peroksidasyonu Tayini

Lipid peroksidasyonu seviyesi, lipid peroksidasyonunun bir ürünü olan malondialdehit içeriğine bakılarak içeriğine bakılarak Heath ve Packer (1968)' a göre yapıldı. Bitki örneklerinden 0,5 g alınarak 10 ml %0,1' lik trikloro asetik asit (TCA) içersinde homojenize edildi. Homojenat 15,000 g'de 5 dakika santrifuj edildi. Santrifuj sonunda elde edilen süpernatantın 1ml'sine 4 ml %20 TCA içersinde hazırlanmış %0,5' lik tiobarbütirik asit (TBA) ilave edildi. Böyle hazırlanan tüpler 95 °C 30 dakika

bekletildikten sonra hızlı bir şekilde buz içersinde soğutuldu. Soğutulan tüpler 10,000 g 'de 10 dakika santrifuj edildikten sonra süpernatantın absorbensı 532 nm'de okundu. Spesifik olmayan absorbsiyon için 600 nm'de okunan değeri 532 nm'de okunan değeri çıkarıldı ve aktivite hesabı yapıldı. Sonuçlar g taze ağırlık başına μmol olarak verildi.

2.8. Protein Miktarının Belirlenmesi

2.8.1. Protein Özütünün Hazırlanması

Tuz stresine maruz bırakılmış ve SA uygulanmış bitki yapraklarından 0,5 g alınarak 4 ml fosfat tamponu (pH 7) ile homojenize edildi. Süzöntü 4 °C 10000 rpm'de 15 dk. Santrifuj edildi. Bu işlemlerden sonra elde edilen süpernatant protein miktarı tayini için kullanıldı.

2.8.2. Çözünabilir Protein Tayini

Çözünabilir protein tayini Bradford (1976) metoduyla yapıldı. Protein tayini için 100 ml' sine 0,01 μg protein ihtiva eden standart BSA (Bovin Serum Albumin) çözeltisinden tüplere 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4 ve 1,6 ml alındı. 0,05 M fosfat tamponu ile tüm tüplerin hacmi 2ml'ye tamamlandı. Tüpler vorteksle karıştırıldı. Daha sonra 595 nm'de köre karşı absorbens değeri okundu. Kör olarak 2 ml tampon ve 1,5 ml boya çözeltisi kullanıldı. 595 nm'de okunan absorbenslara karşılık gelen μg protein değeri belirlendi.

Numunedeki çözünabilir protein miktarını belirlemek için hazırlanan protein özütünden 0,1 ml alınarak üzerine 0,05 M fosfat tamponu ilave edildi ve 1,5 ml Coomassie reaktifi kullanılarak vortekste karıştırıldı. Daha sonra 595 nm' de spektrofotometrede absorbensları ölçüldü. Numunedeki protein miktarları mg protein/g taze ağırlık olarak ifade edildi.

2.9. Şeker Miktarının Belirlenmesi

Lyoflizatörde kurutulan her iki kabak çeşidine ait yaprak, kök ve kotiledonlardan 0,08 g alınarak %80 lik etanolde homojenize edildi. 60-70 °C de 10 dakika ısıtılan numuneler 5000 g' de 10 dakika santrifuj edildikten sonra süpernatant evaporatörde uçuruldu. Numuneler dietil eterle 3 kez yıkandı. Kalan pellet 1ml asetonitril/su karışımında çözüldü ve HPLC-RI'de (Nucleosil C18, 25cm x 4,00mm i.d.,) analiz edilmek üzere viallere aktarıldı. Şeker miktarları mg/g kuru ağırlık olarak ifade edildi.

2.10. İstatistik Analizler

Bütün deneyler 3 defa tekrar edildi. Sonuçlar ortalamanın standart hatası alınarak ve varyans analizi yapılarak istatistik analize tabi tutuldu. Varyans analizi bilgisayarda SPSS 10.0 Windows programı kullanılarak çoklu karşılaştırma testi ile $p < 0.05$ ve $p < 0.01$ önem seviyelerinde yapıldı.

3. BULGULAR

3.1. Tuz Stresinin ve SA Uygulamasının Morfolojik Etkileri

Cucurbita pepo L. bitkisi herhangi bir strese maruz kalmadan kontrollü olarak salisilik asit (0,5 mM) ile muamele edildiğinde kök uzunluğunu, Hoagland kullanımı ve yaş yaprak ağırlığında azalma olduğu gözlemlendi. (Şekil 4).



Şekil 4. Comet F1 çeşidinde tuz stresine maruz bırakılmamış (a), tuz stresine maruz bırakılmamış ve SA uygulanmış (b) bitkilerin görünümü

C. pepo L. bitkisi kontrollü olarak tuz stresine maruz bırakıldığında kök uzunluğu, Hoagland kullanımı ve yaş yaprak ağırlığında azalma tespit edildi (Şekil 5). Kontrol bitkisinin yaprakları normal görünümdeyken, tuz stresine maruz kalmış Comet F1 bitkilerinin 25 ve 50 Mm hariç tuz uygulamalarında yaprak ve kotiledonlarda ve salisilik asitle muamele edilmiş bitkilerin yapraklarında klorozis meydana geldiği gözlemlendi (Şekil 4, 5, 6). Aynı durum Focus F1' de de gözlemlendi (Şekil 7).



Şekil 5. Comet F1 çeşidinde tuz stresine maruz bırakılmamış (a) ve tuz stresine (100 mM NaCl) maruz bırakılmış (b) bitkilerin görünümü



Şekil 6. Comet F1 çeşidinde tuz stresine (50 mM NaCl) maruz bırakılmış (a) tuz stresine (50 mM NaCl) maruz bırakılmış ve salisilik asit (0,5 mM) uygulanmış (b) bitkilerin görünümü



Şekil 7. Focus F1 çeşidinde tuz stresine maruz bırakılmamış (a) ve tuz stresine (100 mM NaCl) maruz bırakılmış (b) bitkilerin görünümü

Comet F1 çeşidinde kök uzunluğu ve yaş yaprak ağırlığı 25, 50 ve 100 mM tuz stresinde kontrole göre azalırken, 100 mM tuz ve salisilik asit uygulanmış bitkilerde kontrol ve sadece 100mM tuz uygulanmış bitkilere göre bu parametrelerde artış gözlenmiştir. Focus F1 çeşidinde ise 25, 50 ve 100 mM' da kök uzunluğu ve yaş yaprak ağırlığı kontrole kıyasla azalırken, 100 mM tuz ve salisilik asit uygulanmış bitkilerde sadece 100 mM tuz uygulanmış bitkilere göre bir artış; 25 mM tuz ve salisilik asit uygulanmış bitkilerde ise kontrol ve sadece 25 mM tuz uygulanmış bitkilere göre bu parametrelerde bir artış gözlemlendi. Hoagland kullanımı her iki çeşitte tuz ve salisilik asit uygulamasıyla azalış göstermiştir.

3.2. Tuz Stresi ve SA Uygulamasının Fotosentetik Pigment Üzerine Etkisi

Kabak (*C. pepo L.*) bitkisinin Comet F1 ve Focus F1 çeşitlerinin yaprak ve kotiledonlarında tuz ve salisilik asit uygulaması ile değişen toplam klorofil miktarları ve klorofila/b oranları Tablo 3 ve 4' te verilmiştir.

Tuz stresi uygulaması sonucunda Comet F1 çeşidinin yapraklarında 25 ve 50 mM tuz konsantrasyonlarında kontrole göre klorofil miktarlarının önemli ($P<0.05$) derecede

arttığı gözlenirken 100 mM NaCl'de azaldığı gözlenmiştir. Salisilik asit uygulaması kontrol, 25 ve 50 mM' da azalmaya neden olurken 100 mM' da artışa neden oldu (Tablo 3). Comet F1 çeşidinin kotiledonlarında ise tuz stresi klorofil miktarlarını azaltırken, salisilik asit uygulaması önemli derecede bir artışa neden olmadı (Tablo 4). Focus F1 çeşidinin yapraklarında 25 ve 50 mM tuz konsantrasyonlarında kontrole göre klorofil miktarlarında önemli ($P<0.05$) derecede bir azalış gözlemlendi. Salisilik asit uygulaması kontrol, 25 ve 50 mM' da önemli derecede artışa neden olurken 100 mM' da azalmaya neden olduğu görüldü (Tablo 3). Focus F1 çeşidinin kotiledonlarında 25 ve 50 mM tuz konsantrasyonlarında kontrole göre klorofil miktarlarının önemli ($P<0.05$) derecede azaldığı gözlenirken 100 mM 'daki azalışın kontrole göre önemli olmadığı görüldü. Salisilik asit uygulaması 25 ve 50 mM'da önemli derecede bir artışa neden olmazken 100 mM' da önemli ($P<0.05$) derecede azalmaya neden olduğu görüldü(Tablo 4).

Tablo 3. Salisilik asit ile ön muameleye alınan ve alınmayan, artan tuz konsantrasyonuna maruz bırakılan iki kabak (*C. pepo* L. " Comet F1" ve " Focus F1") kùltivarının yapraklarında toplam klorofil miktarları (mg/g taze ağırlık) ve Kla/b oranları*

Muamele	Comet F1		Focus F1	
	Top. Kl.	Kla/b	Top. Kl.	Kla/b
0 -SA ^x	2,13±0,04cd	3,33±0,06c	2,37±0,02d	3,84±0,16c
0 +SA ^y	2,02±0,07bc	3,40±0,02c	2,42±0,02de	3,76±0,14c
25 mM NaCl -SA ^x	3,83±0,04f	3,31±0,10c	2,21±0,03c	2,91±0,14a
25 mM NaCl +SA ^y	1,71±0,10a	3,33±0,10c	2,58±0,08f	2,83±0,12a
50 mM NaCl -SA ^x	2,54±0,05e	3,58±0,06d	2,10±0,03b	3,17±0,17b
50 mM NaCl +SA ^y	2,18±0,04d	3,12±0,11b	2,48±0,09e	3,02±0,10ab
100 mM NaCl -SA ^x	1,98±0,08b	2,87±0,06a	2,26±0,01c	3,05±0,05ab
100 mM NaCl +SA ^y	2,22±0,05d	4,15±0,13e	1,77±0,04a	3,20±0,12b

*Altı tekerrürün ortalaması (ortalama±standart sapma). Aynı harflerle gösterilen değerler önemli derecede farklı değildir (P<0.05). Ortalamalar satır olarak değil, her bir sütun kendi içinde karşılaştırılmıştır (Duncan'ın Çoklu Karşılaştırma Testi, SPSS version 10.0).

^xSalisilik asit (SA)'le ön muameleye alınmamış

^ySalisilik asit (SA)'le muameleye alınmış

Tablo 4. Salisilik asit ile ön muameleye alınan ve alınmayan, artan tuz konsantrasyonuna maruz bırakılan iki kabak (*C. pepo* L. " Comet F1" ve " Focus F1") kùltivarının kotiledonlarında toplam klorofil miktarları (mg/g taze ağırlık) ve Kla/b oranları*

Muamele	Comet F1		Focus F1	
	Top. Kl.	Kla/b	Top. Kl.	Kla/b
0 –SA ^x	1,14±0,09f	2,53±0,14a	0,80±0,09de	2,43±0,10ab
0 +SA ^y	0,81±0,03cd	2,59±0,08a	0,57±0,01a	2,42±0,05ab
25 mM NaCl –SA ^x	0,92±0,04e	2,53±0,06a	0,67±0,04bc	2,40±0,12a
25 mM NaCl +SA ^y	0,61±0,09a	2,50±0,06a	0,73±0,02cd	2,33±0,05a
50 mM NaCl –SA ^x	0,84±0,00de	2,56±0,07a	0,61±0,08ab	2,55±0,07b
50 mM NaCl +SA ^y	0,73±0,07bc	2,65±0,05a	0,84±0,05e	2,41±0,05ab
100 mM NaCl –SA ^x	0,69±0,00ab	3,63±0,12b	0,76±0,04cde	2,42±0,02ab
100 mM NaCl +SA ^y	0,75±0,00bcd	2,63±0,05a	0,56±0,01a	2,42±0,07ab

*Altı tekerrürün ortalaması (ortalama±standart sapma). Aynı harflerle gösterilen değerler önemli derecede farklı değildir (P<0.05). Ortalamalar satır olarak değil, her bir sütün kendi içinde karşılaştırılmıştır (Duncan'ın Çoklu Karşılaştırma Testi, SPSS version 10.0).

^xSalisilik asit (SA)'le ön muameleye alınmamış

^ySalisilik asit (SA)'le muameleye alınmış

3.3. Tuz Stresi ve SA Uygulamasının Su Potansiyeli (Ψ) Üzerine Etkisi

Tuz stresi ve SA uygulaması ile her iki çeşidin kotiledon ve yapraklarında su potansiyeli analizleri önemli derecede farklılıklar gösterirken, yaprak ve kotiledonların % su içeriğinde istatistiki açıdan önemli (P<0.05) farklılıklar olmamıştır.

Tablo 5. Salisilik asit ile ön muameleye alınan ve alınmayan, artan tuz konsantrasyonuna maruz bırakılan iki kabak (*C. pepo* L. " Comet F1" ve " Focus F1") kùltivarının kotiledon ve yapraklarında su potansiyeli (Ψ) değerleri

Muamele	Comet F1		Focus F1	
	Kotiledon	Yaprak	Kotiledon	Yaprak
0 -SA ^x	-0,06±0,09d	-0,24±0,04e	-0,04±0,01e	-0,25±0,02g
0 +SA ^y	-0,24±0,03bc	-0,63±0,13b	-0,26±0,03cd	-0,36±0,01cd
25 mM NaCl -SA ^x	-0,21±0,06c	-0,27±0,10e	-0,26±0,04cd	-0,35±0,03de
25 mM NaCl +SA ^y	-0,19±0,01c	-0,36±0,05de	-0,20±0,03d	-0,26±0,03fg
50 mM NaCl -SA ^x	-0,33±0,08b	-0,49±0,09bcd	-0,33±0,06bc	-0,42±0,03bc
50 mM NaCl +SA ^y	-0,20±0,04c	-0,46±0,05cd	-0,20±0,06d	-0,31±0,03ef
100 mM NaCl -SA ^x	-0,50±0,09a	-0,85±0,11a	-0,37±0,08b	-0,46±0,04b
100 mM NaCl +SA ^y	-0,25±0,02bc	-0,59±0,08bc	-0,52±0,02a	-0,61±0,02a

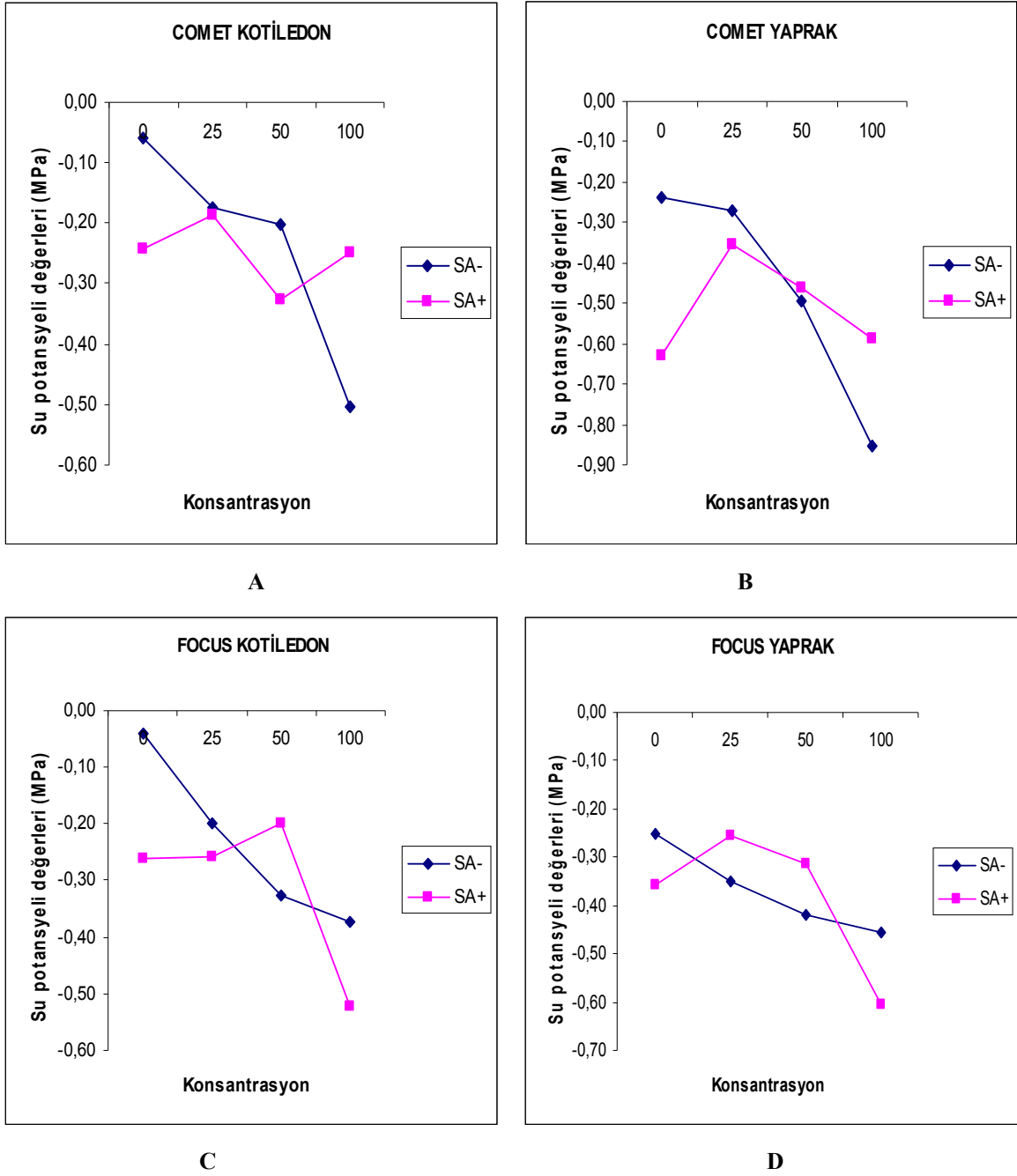
*Altı tekerrürün ortalaması (ortalama±standart sapma). Aynı harflerle gösterilen değerler önemli derecede farklı değildir ($P<0.05$). Ortalamalar satır olarak değil, her bir sütün kendi içinde karşılaştırılmıştır (Duncan'ın Çoklu Karşılaştırma Testi, SPSS version 10.0).

^xSalisilik asit (SA)'le ön muameleye alınmamış

^ySalisilik asit (SA)'le muameleye alınmış

Tuz stresi uygulaması sonucunda Comet F1 çeşidinin kotiledon ve yapraklarında tuz stresiyle birlikte su potansiyeli değerlerinde azalma tespit edildi. Kotiledonlarda kontrol dışındaki salisilik asit uygulanmasıyla artış gözlenirken yapraklarda sadece 100 mM'da önemli derecede artış belirlendi (Şekil 8).

Focus F1 çeşidinin kotiledon ve yapraklarında da tuz stresiyle birlikte su potansiyeli değerlerinde azalış belirlendi. Salisilik asit uygulanmasıyla su potansiyeli değerlerinde artış gözlenirken sadece 100 mM'da önemli derecede azalma tespit edildi (Tablo 5).

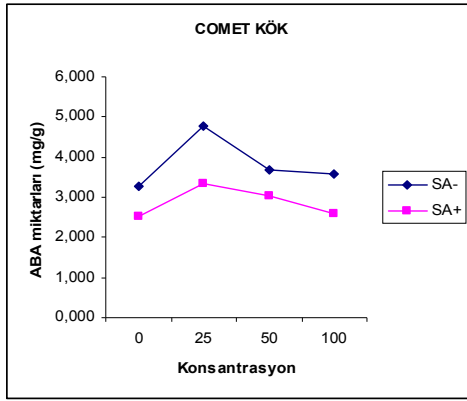


Şekil 8. *C. pepo* L. bitkisinin Comet F1 ve Focus F1 çeşitlerine tuz ve salisilik asit uygulamaları sonucunda kotiledonlarda (A,C) ve yapraklarda (B,D) su potansiyeli değerleri

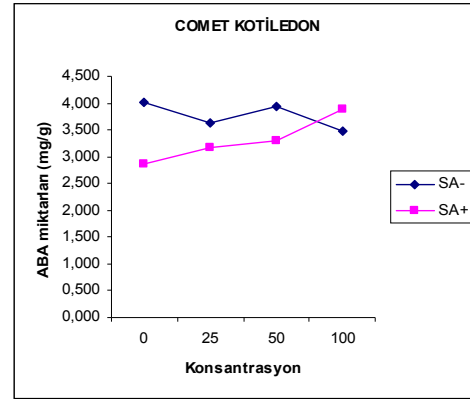
3.4. Tuz Stresi ve SA Uygulamasının ABA Miktarı Üzerine Etkisi

Kök, kotiledon ve yapraklardaki ABA miktarları, tuz stresi ve SA uygulaması ile istatistiki olarak önemli ($P<0.05$) derecede farklılıklar göstermiştir. Comet F1 çeşidinin köklerinde tuz stresiyle birlikte ABA miktarının önemli derecede arttığı gözlenirken, aksine salisilik asit uygulaması ile azaldığı belirlenmiştir. En önemli azalış 100mM'da görüldü. Kotiledonlarda ise tuz stresiyle birlikte ABA miktarının azaldığı gözlenirken, salisilik asit uygulaması ile kontrole göre önemli ($P<0.05$) derecede arttığı belirlendi. Yapraklarda tuz stresiyle birlikte ABA miktarının azaldığı gözlendi. En önemli azalış 100 mM'da görüldü. Salisilik asit uygulaması ile ABA miktarında azalma devam ederken sadece 100 mM'da önemli bir artış kaydedildi (Tablo 6 ve Şekil 9).

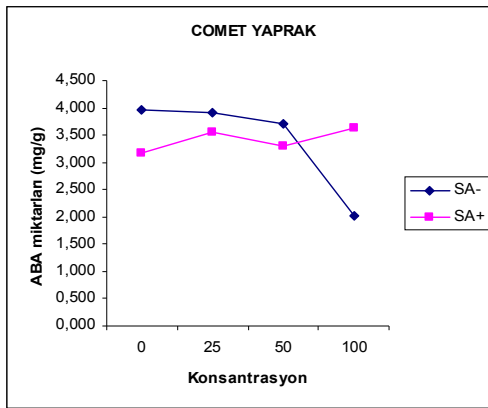
Focus F1 çeşidinin köklerinde tuz stresiyle birlikte ABA miktarının önemli derecede azaldığı gözlenirken, sadece 25 mM'da önemli bir artış kaydedildi. Salisilik asit uygulaması ile ABA miktarının önemli derecede azaldığı gözlendi. Kotiledonlarda ise tuz stresiyle birlikte ABA miktarının arttığı belirlendi. En önemli artış 100 mM'da kaydedildi. ABA miktarının salisilik asit uygulaması ile kontrole göre önemli ($P<0.05$) derecede arttığı gözlenirken sadece 100 mM'da azalma olduğu görüldü. Yapraklarda tuz stresiyle birlikte ABA miktarının azaldığı belirlendi Salisilik asit uygulaması ile ABA miktarında sadece kontrol ve 100mM'da önemli bir azalma kaydedildi (Tablo 6 ve Şekil 9).



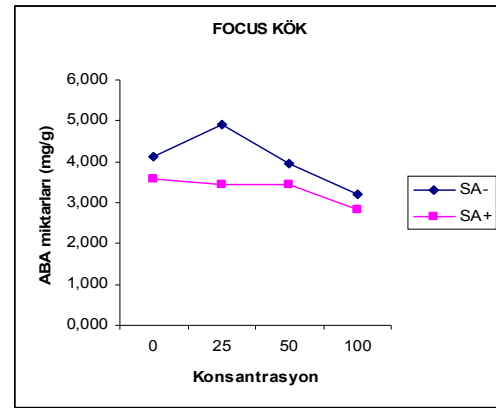
a



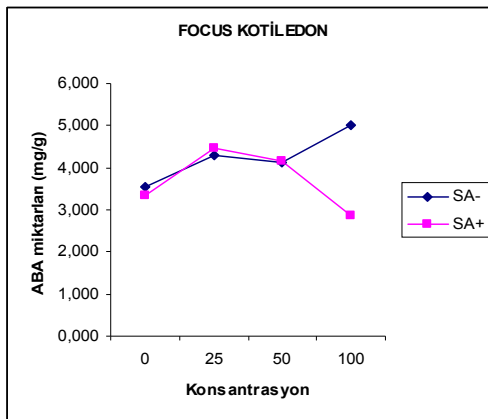
b



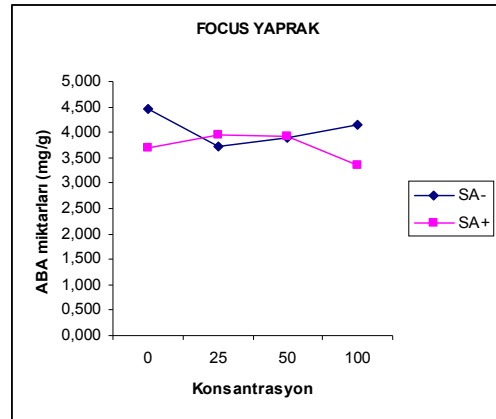
c



d



e



f

Şekil 9. *C. pepo* L. bitkisinin Comet F1 çeşidine tuz ve salisilik asit uygulamaları sonucunda kök, kotiledon ve yapraklarda ABA miktarları (a,b,c). Focus F1 çeşidine tuz ve salisilik asit uygulamaları sonucunda kök, kotiledon ve yapraklarda ABA miktarları (d,e,f).

Tablo 6. Salisilik asit ile ön muameleye alınan ve alınmayan, artan tuz konsantrasyonuna maruz bırakılan iki kabak (*C. pepo* L. " Comet F1" ve " Focus F1") kültürünün kök, kotiledon ve yapraklarında ABA (Absisik asit) değerleri (mg/g taze ağırlık)

Muamele	Comet F1			Focus F1		
	KÖK	KOTİ.	YAP.	KÖK	KOTİ.	YAP.
0 –SA ^x	3,28±0,06bc	4,02±0,15c	3,97±0,03c	4,11±0,17de	3,54±0,18b	4,47±0,04c
0 +SA ^y	2,51±0,03a	2,86±0,06a	3,16±0,03b	3,58±0,04bc	3,34±0,03b	3,70±0,05ab
25 mM NaCl –SA ^x	4,78±0,11d	3,62±0,09bc	3,91±0,03c	4,93±0,1f	4,30±0,13d	3,71±0,06ab
25 mM NaCl +SA ^y	3,34±0,07bc	3,18±0,05a	3,55±0,06bc	3,45±0,05bc	4,46±0,2d	3,96±0,04bc
50 mM NaCl –SA ^x	3,69±0,07c	3,93±0,06bc	3,71±0,1bc	3,94±0,11cd	4,12±0,07d	3,89±0,06bc
50 mM NaCl +SA ^y	3,04±0,03abc	3,30±0,06ab	3,29±0,05b	3,46±0,05bc	4,15±0,15d	3,91±0,12bc
100 mM NaCl –SA ^x	3,59±0,07c	3,47±0,09ab	2,01±0a	3,19±0,06ab	5,02±0,02e	4,15±0,01c
100 mM NaCl +SA ^y	2,60±0,06a	3,88±0,08bc	3,62±0,09bc	2,81±0,04a	2,86±0,28a	3,35±0,09a

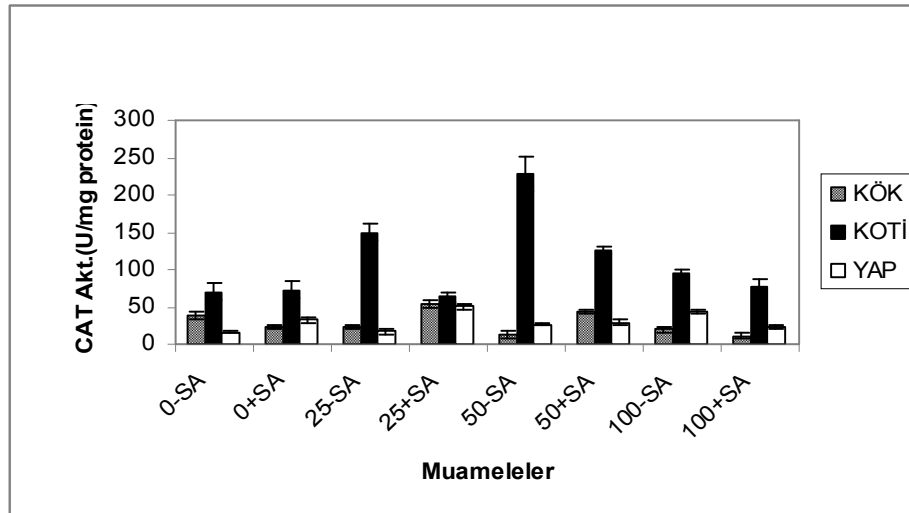
*Üç tekerrürün ortalaması (ortalama±standart sapma). Aynı harflerle gösterilen değerler önemli derecede farklı değildir (P<0.05). Ortalamalar satır olarak değil, her bir sütün kendi içinde karşılaştırılmıştır (Duncan'ın Çoklu Karşılaştırma Testi, SPSS version 10.0).

^xSalisilik asit (SA)'le ön muameleye alınmamış

^ySalisilik asit (SA)'le muameleye alınmış

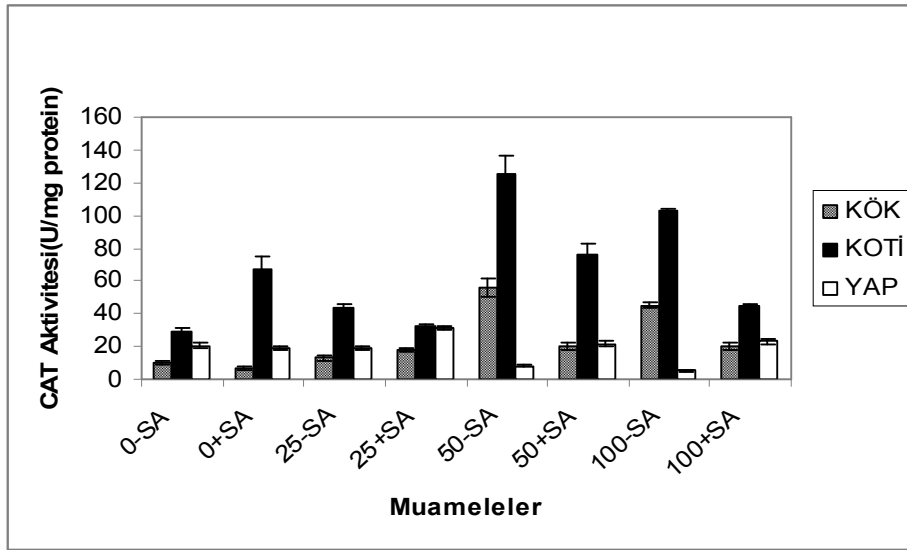
3.5. Tuz Stresi ve Salisilik Asit Uygulamasının Katalaz (CAT) Aktivitesi Üzerine Etkisi

CAT aktivitesi, tuz stresi ve SA uygulaması ile her iki çeşitte istatistiki olarak önemli ($P<0.05$) derecede farklılıklar göstermiştir. Comet F1 çeşitlerinin köklerinde katalaz aktivitesi tuz konsantrasyonlarında azalırken, salisilik asit uygulamasıyla 25 ve 50 mM konsantrasyonlarda artış göstermiştir. Kotiledonlarda tuz stresiyle birlikte katalaz aktivitesinde artış görülürken, en önemli artış 50 mM’da kaydedildi. Salisilik asit uygulamasıyla tüm muamelelerde azalma belirlendi. Yapraklarda tuz stresiyle birlikte katalaz aktivitesinde sadece 100 mM’da önemli bir artış kaydedildi. Salisilik asit katalaz aktivitesini arttırırken sadece 100 mM’da bir azalışa neden oldu (Şekil 10).



Şekil 10. *C. pepo* L. bitkisinin Comet F1 çeşidine tuz ve salisilik asit uygulamaları sonucunda CAT aktivitesindeki değişimler (Sütunlar 3 tekerrürlü olarak yapılan ölçümlerin ortalamalarını barlar ise standart sapmaları göstermektedir).

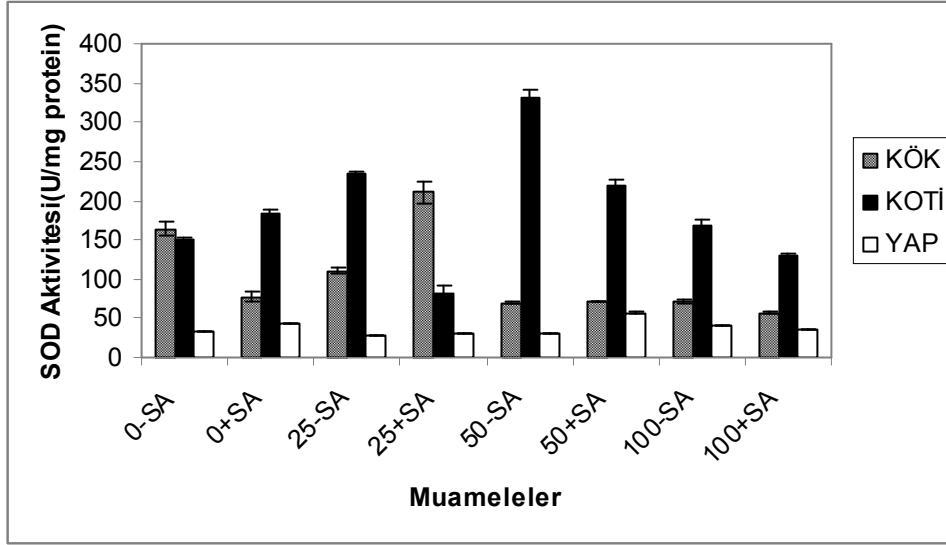
Focus F1 çeşitlerinin köklerinde katalaz aktivitesi tuz konsantrasyonlarında artarken, salisilik asit uygulamasıyla tüm konsantrasyonlarda azalma göstermiştir. Kotiledonlarda tuz stresiyle birlikte katalaz aktivitesinde artış görülürken, en önemli artış 50 mM’da kaydedildi. Salisilik asit uygulamasıyla kontrol dışında tüm muamelelerde azalma belirlendi. Yapraklarda tuz stresiyle birlikte katalaz aktivitesinde azalma gözlenirken, salisilik asit muamelesinin katalaz aktivitesini arttırdığı kaydedildi (Şekil 11).



Şekil 11. *C. pepo L.* bitkisinin Focus F1 çeşidinde tuz ve salisilik asit uygulamaları sonucunda CAT aktivitesindeki değişimler (Sütunlar 3 tekerrürlü olarak yapılan ölçümlerin ortalamalarını barlar ise standart sapmaları göstermektedir).

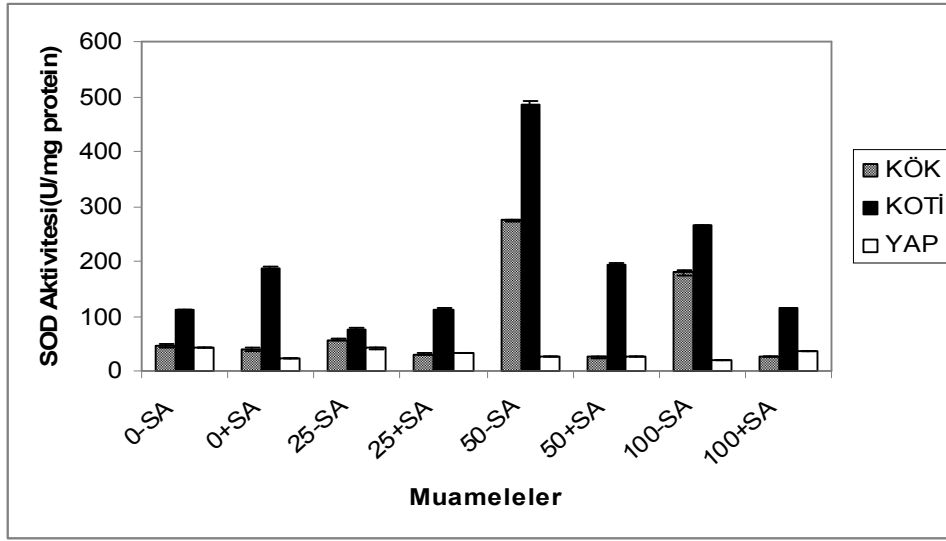
3.6. Tuz Stresi ve Salisilik Asit Uygulamasının Süperoksit Dismutaz (SOD) Aktivitesi Üzerine Etkisi

SOD aktivitesi, tuz stresi ve SA uygulaması ile her iki çeşitte istatistiki olarak önemli ($P < 0.05$) derecede farklılıklar göstermiştir. Comet F1 çeşitlerinin köklerinde SOD aktivitesi tuz konsantrasyonlarında azalırken, salisilik asit uygulamasıyla sadece 25 mM konsantrasyonunda artış gözlemlendi. Kotiledonlarda tuz stresiyle birlikte SOD aktivitesinde artış görülürken, en önemli artış 50 mM'da kaydedildi. Salisilik asit uygulamasıyla kontrol dışında ki muamelelerde azalma belirlendi. Yapraklarda tuz stresiyle birlikte SOD aktivitesinde önemli derecede bir değişiklik kaydedilmedi. Salisilik asitin SOD aktivitesini sadece kontrol ve 50 mM'da arttırdığı görüldü (Şekil 12).



Şekil 12. *C. pepo L.* bitkisinin Comet F1 çeşidine tuz ve salisilik asit uygulamaları sonucunda SOD aktivitesindeki değişimler (Sütunlar 3 tekerrürlü olarak yapılan ölçümlerin ortalamalarını barlar ise standart sapmaları göstermektedir).

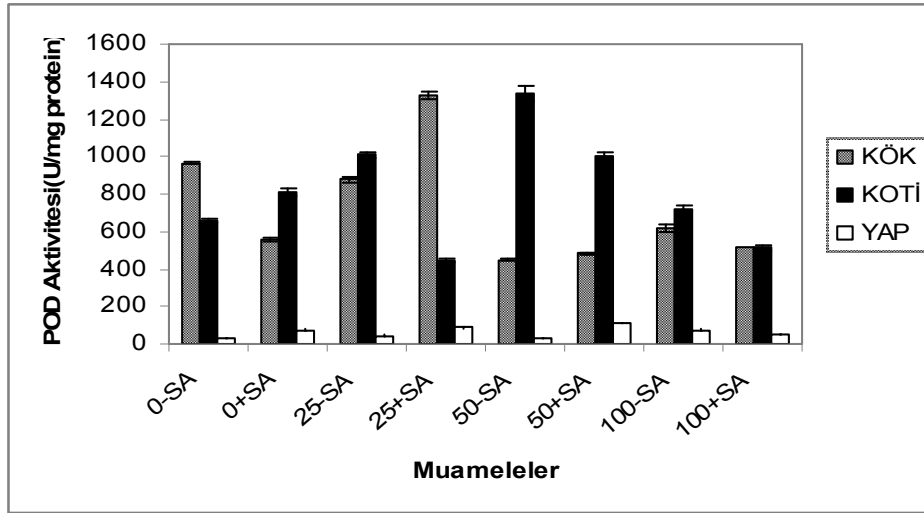
Focus F1 çeşitlerinin köklerinde SOD aktivitesi tuz konsantrasyonlarında artarken, salisilik asit uygulamasıyla tüm konsantrasyonlarda azalma göstermiştir. Kotiledonlarda tuz stresiyle birlikte SOD aktivitesinde 50 mM ve 100 mM'da artış kaydedildi. Salisilik asit uygulamasıyla kontrol ve 25 mM'da artış, 50 mM ve 100 mM'da azalma belirlendi. Yapraklarda tuz stresiyle birlikte SOD aktivitesinde önemli bir değişiklik gözlenmezken, salisilik asit muamelesinin SOD aktivitesini sadece 100 mM'da arttırdığı kaydedildi (Şekil 13).



Şekil 13. *C. pepo L.* bitkisinin Focus F1 çeşidine tuz ve salisilik asit uygulamaları sonucunda SOD aktivitesindeki değişimler (Sütunlar 3 tekerrürlü olarak yapılan ölçümlerin ortalamalarını barlar ise standart sapmaları göstermektedir).

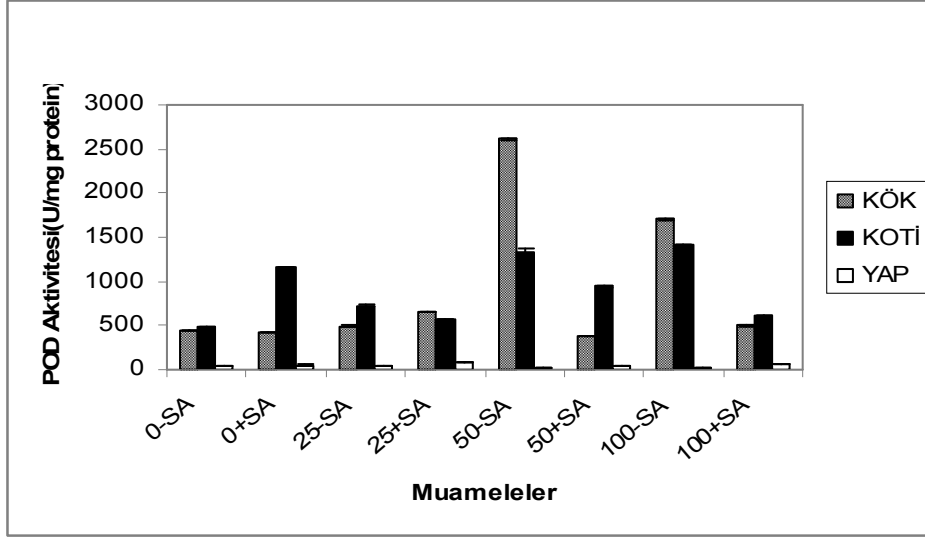
3.7. Tuz Stresi ve Salisilik Asit Uygulamasının Peroksidaz (POX) Aktivitesi Üzerine Etkisi

POX aktivitesi tuz stresi ve SA uygulaması ile her iki çeşitte istatistiki olarak önemli ($P < 0.05$) derecede farklılıklar göstermiştir. Comet F1 çeşitlerinin köklerinde POX aktivitesi tuz konsantrasyonlarında azalırken, salisilik asit uygulamasıyla sadece 25 mM konsantrasyonda artış göstermiştir. Kotiledonlarda tuz stresiyle birlikte POX aktivitesinde artış görülürken, en önemli artış 50 mM'da kaydedildi. Salisilik asit uygulamasıyla kontrol ve 50mM'da artış belirlendi. Fakat bu artışın salisilik asit uygulanmayan 50 mM'a göre daha az olduğu görüldü. Yapraklarda tuz stresiyle birlikte POX aktivitesinde önemli derecede bir değişiklik kaydedilmedi. Salisilik asitin POX aktivitesinde kontrol, 25 mM ve 50 mM'da bir artışa neden olduğu görüldü (Şekil 14).



Şekil 14. *C. pepo* L. bitkisinin Comet F1 çeşidinde tuz ve salisilik asit uygulamaları sonucunda POX aktivitesindeki değişimler (Sütunlar 3 tekerrürlü olarak yapılan ölçümlerin ortalamalarını barlar ise standart sapmaları göstermektedir).

Focus F1 çeşitlerinin köklerinde POX aktivitesi tuz konsantrasyonlarında artarken, salisilik asit uygulamasıyla 25 mM dışında tüm konsantrasyonlarda azalma gözlemlendi. Kotiledonlarda tuz stresiyle birlikte POX aktivitesinde artış kaydedildi. Salisilik asit uygulamasıyla kontrolde artış, 25 mM, 50mM ve 100 mM'da azalma belirlendi. Yapraklarda tuz stresiyle birlikte POX aktivitesinde önemli bir değişiklik gözlenmezken, salisilik asit muamelesinin POX aktivitesini sadece 25 mM ve 100 mM'da arttırdığı kaydedildi (Şekil 15).



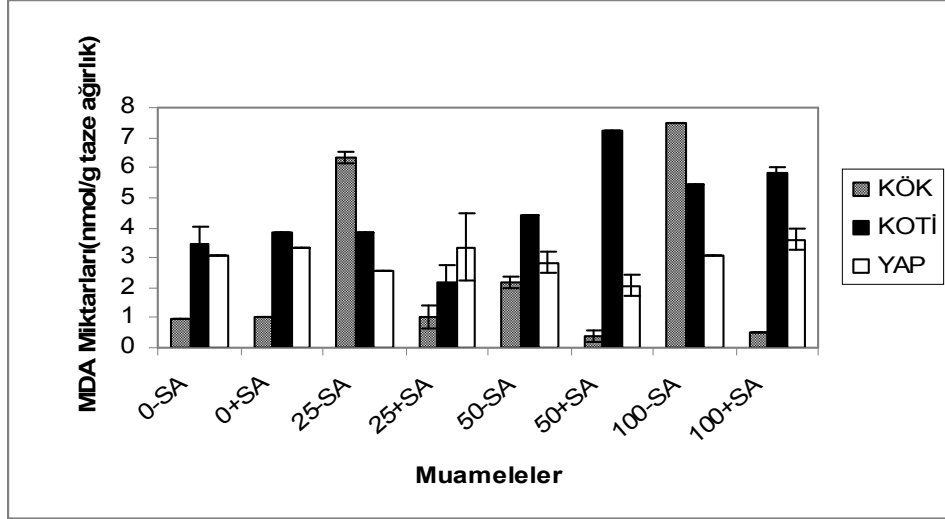
Şekil 15. *C. pepo L.* bitkisinin Focus F1 çeşidine tuz ve salisilik asit uygulamaları sonucunda POX aktivitesindeki değişimler (Sütunlar 3 tekerrürlü olarak yapılan ölçümlerin ortalamalarını barlar ise standart sapmaları göstermektedir).

3.8. Tuz Stresi ve Salisilik Asit Uygulamasının Lipid Peroksidasyonu Üzerine Etkisi

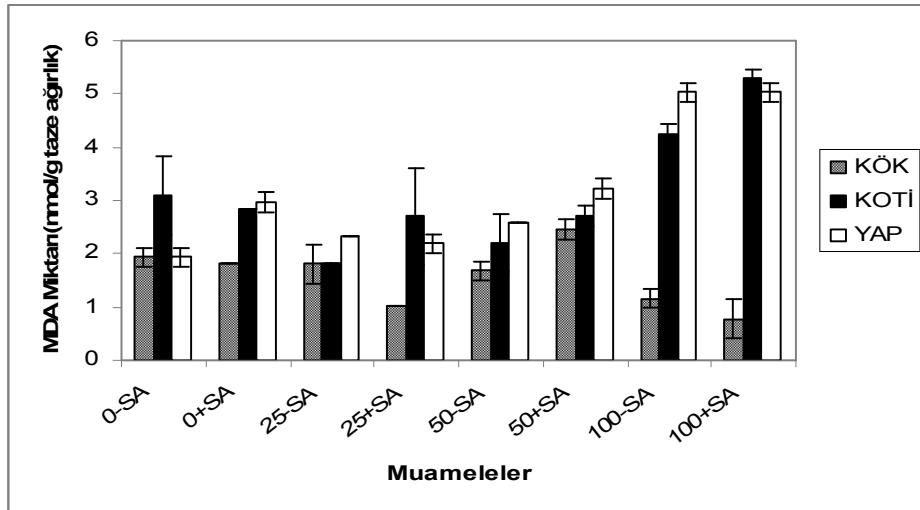
Lipid peroksidasyonunun bir sonucu olan malonaldehid miktarları tuz stresi ve SA uygulaması ile her iki çeşitte istatistiki olarak önemli ($P < 0.05$) derecede farklılıklar göstermiştir. Comet F1 çeşitlerinin köklerinde MDA miktarı tuz konsantrasyonlarında artarken, en önemli artış 25 mM ve 100mM'da görüldü. Salisilik asit uygulamasıyla tüm konsantrasyonlarda azalma gözlemlendi. Kotiledonlarda tuz stresiyle birlikte MDA miktarında artış görüldü. Salisilik asit uygulamasıyla 25 mM dışındaki konsantrasyonlarda artış belirlendi. Yapraklarda tuz stresiyle birlikte MDA miktarında önemli derecede bir değişiklik kaydedilmedi. Salisilik asitin MDA miktarında kontrol, 25mM ve 100mM'da bir artışa neden olduğu görüldü (Şekil 16).

Focus F1 çeşitlerinin köklerinde MDA miktarı tuz konsantrasyonlarında azalırken, salisilik asit uygulamasıyla sadece 25 mM'da azalma gözlemlendi. Kotiledonlarda tuz stresiyle birlikte MDA miktarında sadece 100 mM'da artış kaydedildi. Salisilik asit uygulamasıyla kontrol, 25 mM ve 50 mM'da azalma, 100 mM'da artış belirlendi. Yapraklarda tuz

stresiyle birlikte MDA miktarında önemli ($P < 0.05$) derecede artış gözlenirken, salisilik asit muamelesinin MDA miktarını sadece kontrol ve 50 mM'da arttırdığı kaydedildi (Şekil 17).



Şekil 16. *C. pepo L.* bitkisinin Comet F1 çeşidine tuz ve salisilik asit uygulamaları sonucunda MDA miktarındaki değişimler (Sütunlar 3 tekerrürlü olarak yapılan ölçümlerin ortalamalarını barlar ise standart sapmaları göstermektedir).



Şekil 17. *C. pepo L.* bitkisinin Focus F1 çeşidine tuz ve salisilik asit uygulamaları sonucunda MDA miktarındaki değişimler (Sütunlar 3 tekerrürlü olarak yapılan ölçümlerin ortalamalarını barlar ise standart sapmaları göstermektedir).

3.9. Tuz Stresi ve Salisilik Asit Uygulamasının Çözünabilir Şeker Miktarı Üzerine Etkisi

Karbonhidrat miktarları tuz stresi ve SA uygulaması ile her iki çeşitte istatistiki olarak önemli($P<0.05$) derecede farklılıklar göstermiştir. Comet F1 çeşitlerinin köklerinde glukoz ve fruktoz miktarları tuz konsantrasyonlarında artarken, sukroz miktarının azaldığı gözlemlendi. Salisilik asit uygulamasıyla çözünabilir şeker miktarları azalırken sadece 10mM'da sukroz miktarının arttığı kaydedildi. Focus F1 çeşitlerinin köklerinde çözünabilir şeker miktarları tuz konsantrasyonlarında artarken, salisilik asit uygulamasıyla sadece 25 mM'da fruktoz ve glukozda azalma gözlenirken diğer konsantrasyon ve çözünabilir şekerlerde artış kaydedildi(Tablo 7)

Comet F1 çeşitlerinin kotiledonlarında tuz stresiyle birlikte çözünabilir şeker miktarlarında artış görülürken, Salisilik asit uygulamasıyla tüm konsantrasyonlarda azalma belirlendi. Focus F1 çeşitlerinin kotiledonlarında çözünabilir şeker miktarları tuz konsantrasyonlarında azalırken, salisilik asit uygulamasıyla çözünabilir şekerlerde artış kaydedildi (Tablo 8).

Tablo 7. Salisilik asit ile ön muameleye alınan ve alınmayan, artan tuz konsantrasyonuna maruz bırakılan iki kabak (*C. pepo* L. " Comet F1" ve " Focus F1") kùltivarının köklerinde çözünebilir şeker değerleri (mg/g kuru ağırlık)

Muamele	Comet F1			Focus F1		
	KÖK			KÖK		
	Fruktoz	Glukoz	Sakkaroz	Fruktoz	Glukoz	Sakkaroz
0 –SA ^x	225,21±4,74d	373,21±6,60f	718,37±2,81h	14,04±0,27b	13,26±0,25c	2,08±0,16a
0 +SA ^y	102,4± 1,49b	94,65±0,53c	26,66±1,66b	7,31±0,1a	5,54±0,42a	2,53±0,14ab
25 mM NaCl –SA ^x	281,15±3,54e	309,05±1,82e	274,53±1,7e	24,14±0,19c	26,14±0,37d	14,61±0,59b
25 mM NaCl +SA ^y	99,29±1,34b	86,82±0,63b	11,76±0,7a	10±0,48a	9,99±1,07b	37,88±1,26e
50 mM NaCl –SA ^x	481,82±2,08f	437,78±2,53g	441,89±2,45g	55,1±0,52e	62,9±1,17f	19,15±0,2c
50 mM NaCl +SA ^y	76,57±1,73a	64,20±0,52a	260,99±0,04d	82,41±0,42f	107,37±0,8fg	85,95±1,29f
100 mM NaCl –SA ^x	681,64±0,85g	702,26±1,9h	196,86±1,41c	53,2±0,31d	53,4±0,26e	30,95±0,49d
100 mM NaCl +SA ^y	145,13±1,35c	114,71±0,92d	288,28±0,54f	197,94±1,35g	228,31±0,66h	234,82±0,71g

*İki tekerrürün ortalaması (ortalama±standart sapma). Aynı harflerle gösterilen değerler önemli derecede farklı değildir (P<0.05). Ortalamalar satır olarak değil, her bir sütün kendi içinde karşılaştırılmıştır (Duncan'ın Çoklu Karşılaştırma Testi, SPSS version 10.0).

^xSalisilik asit (SA)'le ön muameleye alınmamış

^ySalisilik asit (SA)'le muameleye alınmış

Tablo 8. Salisilik asit ile ön muameleye alınan ve alınmayan, artan tuz konsantrasyonuna maruz bırakılan iki kabak (*C. pepo* L. " Comet F1" ve " Focus F1") kùltivarının kotiledonlarında çözünebilir şeker değerleri (mg/g kuru ağırlık)

Muamele	Comet F1			Focus F1		
	KOTİLEDON			KOTİLEDON		
	Fruktoz	Glukoz	Sakkaroz	Fruktoz	Glukoz	Sakkaroz
0 –SA ^x	38,85±0,56b	69,71±1,63a	11,88±0,75d	35,69±0,68c	70,10±0,37e	7,27±0,39c
0 +SA ^y	26,91±0,24a	83,98±0,36b	3,74±0,37ab	20,49±0,07a	73,85±0e	3,42±0,21b
25 mM NaCl –SA ^x	509,74±0,83h	614,56±0,63h	210,81±0,49f	18,01±0,72a	36,22±0,18a	5,07±1,12b
25 mM NaCl +SA ^y	68,12±1,04e	189,07±1,42e	6,16±0,71c	18,21±1,09a	47,19±0,44b	5,15±0,16b
50 mM NaCl –SA ^x	319,07±2,36g	462,2±1,22g	246,41±0,91g	27,41±0,75b	49,9±0,8c	1,26±0,13a
50 mM NaCl +SA ^y	49,89±0,37d	150,89±0,53d	2,32±0,29a	112,03±0,65d	124,09±0,16f	4,04±0,35b
100 mM NaCl –SA ^x	261,17±1,15f	405,38±8,35f	124,08±0,86e	35,02±1,3c	57,95±1,25d	6,65±0,68c
100 mM NaCl +SA ^y	44,04±0,49c	103,23±0,34c	4,38±0,58b	43,56±0,4c	52,32±0,24cd	13,53±0,18d

*İki tekerrürün ortalaması (ortalama±standart sapma). Aynı harflerle gösterilen değerler önemli derecede farklı değildir (P<0.05). Ortalamalar satır olarak değil, her bir sütün kendi içinde karşılaştırılmıştır (Duncan'ın Çoklu Karşılaştırma Testi, SPSS version 10.0).

^xSalisilik asit (SA)'le ön muameleye alınmamış

^ySalisilik asit (SA)'le muameleye alınmış

Comet F1 çeşitlerinin yapraklarında tuz stresiyle birlikte fruktoz miktarlarında ve, 100 mM dışındaki glukoz miktarlarında artış görülürken, sukroz miktarlarında azalma kaydedildi. Salisilik asit uygulamasıyla tüm konsantrasyonlarda azalma belirlendi. Focus F1 çeşitlerinin yapraklarında çözünebilir şeker miktarları tuz konsantrasyonlarında azalırken, salisilik asit uygulamasıyla çözünebilir şekerlerde artış kaydedildi. (Tablo 9).

Tablo 9. Salisilik asit ile ön muameleye alınan ve alınmayan, artan tuz konsantrasyonuna maruz bırakılan iki kabak (*C. pepo* L. " Comet F1" ve " Focus F1") kültürünün yapraklarında çözünebilir şeker değerleri (mg/g kuru ağırlık)

Muamele	Comet F1			Focus F1		
	YAPRAK			YAPRAK		
	Fruktoz	Glukoz	Sakkaroz	Fruktoz	Glukoz	Sakkaroz
0 –SA ^x	153,35±0,91d	230,66±0,62f	124,13±0,69f	88,69±1,00f	71,38±1,16c	12,64±0,59d
0 +SA ^y	149,96±1,35c	185,89±1,13b	39,78±0,65a	34,15±0,39c	32,05±0,73b	4,98±0,83bc
25 mM NaCl –SA ^x	185,84±0,53f	236,19±0,29g	115,39±0,73e	41,20±0,83d	33,21±1,65b	7,19±0,92c
25 mM NaCl +SA ^y	125,19±0,29a	165,12±0,50a	43,39±1,52b	59,31±1,14e	65,14±0,87c	45,54±0,74e
50 mM NaCl –SA ^x	276,0,8±0,71g	323,98±0,70h	108,86±1,67d	17,12±0,51a	14,65±0,57a	1,92±1,32a
50 mM NaCl +SA ^y	125,29±0,23a	192,39±0,77c	43,52±0,73b	219,97±0,05g	298,96±2,01e	51,76±0,64f
100 mM NaCl –SA ^x	171,11±0,76e	211,85±1,59e	76,37±0,75c	30,31±0,79b	37,98±0,84b	3,82±1,05ab
100 mM NaCl +SA ^y	137,96±0,69b	202,87±1,41d	75,97±0,70c	223,46±1,42h	194,78±8,06d	152,46±1,72f

*İki tekerrürün ortalaması (ortalama±standart sapma). Aynı harflerle gösterilen değerler önemli derecede farklı değildir (P<0.05). Ortalamalar satır olarak değil, her bir sütün kendi içinde karşılaştırılmıştır (Duncan'ın Çoklu Karşılaştırma Testi, SPSS version 10.0).

^xSalisilik asit (SA)'le ön muameleye alınmamış

^ySalisilik asit (SA)'le muameleye alınmış

4.TARTIŞMA

Elverişli olmayan çevresel koşullara karşı dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesi amacıyla tuz stresinin bitkilerde ortaya çıkardığı metabolik değişimler çok sayıda çalışmaya konu olmuştur. Yine bu amaç doğrultusunda tuzluluk periyodunu geciktirmek ve tuzluluk koşullarına adaptasyon sağlamak için çeşitli büyüme düzenleyici maddeler de uygulanmaktadır. Çalışmamızda kullandığımız kabak bitkisi (*C. Pepo*) tuz stresine maruz bırakılmış ve bitki düzenleyici olarak kabul edilen salisilik asit ile ön muamele edilmiştir. Bu çalışmada tuz stresinin ve salisilik asitin karşılıklı etkileri ve bitkideki biyokimyasal etkileri incelenmiştir.

Tuz zararı, bitkilerde farklı belirtilerle kendini gösterebilmektedir. Tuzluluk, bitkinin morfolojisini ve anatomisini de kapsayan tüm metabolizmasını etkileyen bir faktördür (Levitt, 1980). Toprak çözeltisindeki tuz konsantrasyonu arttığında ve su potansiyeli azaldığında, bitki hücrelerinin ozmotik potansiyeli düşer ve bitki hücrelerinin bölünmesi ya da uzaması birden yavaşlar. Bu stres koşulları altında genellikle stomalar kapanır ve sonuç olarak fotosentez azalır. Stres koşullarının devam etmesi halinde bitki büyümesi tamamen durabilir (Ashraf, 1994). Bitki türü ve çeşitleri arasında tuzluluğa gösterilen tepki bakımından farklılıklar bulunmakla birlikte, glikofit bitkilerin kök bölgesinde tuzluluğun hafta veya ay düzeyindeki bir süreç boyunca artmasına karşı gösterilen ilk fenotip yanıt, sürgün büyümesindeki azalmadır. Bu bilgiye ek olarak, tuzluluğa en fazla duyarlılık gösteren organların yapraklar olduğunu bildiren Munns ve Termaat (1986)' in açıklamalarından sonraki yıllarda yapılan başka çalışmalar sonucunda mısır (Cramer vd., 1988) ve domates bitkilerinin kök büyümesi ve gelişmesinin de tuzluluktan benzer biçimde etkilendiğini ortaya konmuştur. Bizim kabak bitkisinde yaptığımız çalışmada da Comet F1 çeşidinde ve Focus F1 çeşidinde kök uzunluğunun ve yaş yaprak ağırlığının 25, 50 ve 100 mM NaCl stresinde kontrole kıyasla azaldığı tespit edilmiştir.

Tuz stresi, bitkinin ölümüne neden olabildiği gibi tolerans durumuna bağlı olarak büyümeyi engellemekte, klorozis, nekrotik lekelerin oluşumuna yol açabilmekte, verim ve kalitenin azalmasına da neden olmaktadır (Hasegawa vd., 1986). Mer vd.,(2000) tuzun toksit etkisinin ilk önce yaşlı yapraklarda görülmeye başladığını tespit etmiştir.

Tuzlu koşullarda büyüyen bitkilerin, büyüme hızı düşük olup bodur bir yapı sergilemektedirler, yaprakları ise çoğunlukla küçük ve rengi koyu yeşildir (Mangal ve Lal 1990). Kabak bitkisinin yapraklarında özellikle Comet F1 çeşidinin yapraklarında 50 mM tuz uygulaması, yapraklarda nekrotik oluşuma neden olmamıştır. Yaprakların kontrole göre daha yeşil renkte olduğu gözlenmiştir.

Salisilik asidin ilk olarak tütün bitkisinde çiçeklenmeyi uyarıcı ve sürgün oluşumunu teşvik edici etkisi bulunmuştur (Eberhard vd., 1989). Bunun dışında salisilik asit uygulamalarının arpa bitkisinin köklerinde fosfat, yulaf bitkisinin köklerinde ise potasyum alımını engellediği (Glass 1973, 1974) indol asetik asit ile birlikte köklenmeyi uyardığı, absisik asit uyarımlı yaprak dökülmesini engellediği, elmada etilen sentezini bloke ettiği (Romani vd., 1989), fasulyede dane verimini arttırdığı (Ramanujam, 1998) bulunmuştur. Mısır ve soyada yapraktan uygulanan salisilik asitin gözenek yoğunluğu ve transpirasyonu, ayrıca yaprak alanı ve bitki kuru ağırlığını arttırdığını, ancak bitki boyu ve kök uzunluğunu etkilemediğini Khan vd., (2003) bildirmişlerdir. Fasulyede yapraktan uygulanan salisilik asitin bitkinin büyüme (kök boyu, kök ve gövde yaş ve kuru ağırlık) ve azot metabolizması üzerinde uygulanan doza bağılı olarak olumlu etkisi olduğu bildirilmiştir (Türkyılmaz vd., 2005). Maş fasüyesinde yapraktan 7.2 ve 72 µM salisilik asit uygulamasının bitkide bakla sayısı ile dane verimini kontrole göre artan dozlara doğru orantılı olarak % 19 ve 46 oranında arttırdığı Singh ve Kaur (1980) tarafından bildirilmiştir. Kum darıda salisilik asit uygulamasının bitki boyu ve tane sayısını arttırdığı bildirilmiştir (Datta ve Nanda 1985). Jain ve Srivastava (1981), Ramanujam vd., (1998), salisilik asitin düşük konsantrasyonlarda özellikle baklagil bitkilerinde nodül oluşumunu arttırdığı, vejetatif gelişmeyi hızlandırması yanında, çiçeklenmeyi teşvik etmesi ve bakla sayısını arttırması nedeniyle tane verimini de olumlu yönde etkilediğini bildirmişlerdir.

Salisilik asit aynı zamanda, tuzluluk, yüksek ve düşük sıcaklık, su, ağır metal, don ve kuraklık stresi gibi abiyotik stres şartlarında bitkilerin toleransını artırmaktadır. Yapılan çalışmalar, buğdayda tuz (Shakirova ve Bezrukova, 1997), ve su stresine (Singh ve Usha 2003), çeltikte ağır metal stresi (Mishra ve Choudhur, 1999; Pal vd., 2002), fasulye ve domatesde kuraklık ve don (Senaratna vd., 2000) stresine salisilik asit uygulamalarının bitkilerde toleransı arttırdığı bildirilmiştir.

SA uyguladığımız iki kabak çeşidinde kök uzunluğu, yaş yaprak ağırlığı ve Hoagland kullanımı tuz stresi boyunca araştırılmıştır. Salisilik asitle muamele edilmiş bitkilerin yapraklarında sararmalar meydana geldiği gözlenmiştir. Comet F1 çeşidinde kök

uzunluğunun ve yaş yaprak ağırlığının, salisilik asit uygulanmış bitkilerin kontrol ve sadece 100 mM tuz uygulanmış bitkilere göre artış gösterdiği tespit edilmiştir. Focus F1 çeşidinde ise salisilik asit uygulanmış bitkilerde sadece 100 mM tuz uygulanmış bitkilere göre bir artış; 25 mM tuz ve salisilik asit uygulanmış bitkilerde kontrole ve sadece 25 mM tuz uygulanmış bitkilere göre bir artış gözlenmiştir.. Hoagland kullanımı her iki çeşitte tuz ve salisilik asit uygulamasıyla azalma göstermiştir.

Tuzluluk, bitkilerin klorofil içeriğinde ve fotosistem-II aktivitesinde azalmaya neden olmaktadır (Smillie vd.,1982) Tuz stresi altında büyütülen mısır fidelerinde toplam klorofil, klorofil a ve klorofil b içeriği önemli ölçüde azalmaktadır (Ganieva vd., 1997). Yapılan araştırmalarda yeşermenin ilk 12 saatinde artış gösteren klorofil a/b oranı 48 saat içinde önemli ölçüde düşüş göstermiştir. Ganieva vd., (1997) tuz stresi altında fotosistem-I in fotosistem II' ye göre daha stabil kaldığını göstermişlerdir. Araştırmacılar tuzun olası zararlarını ışık toplama kompleksinin ve tilakoid membranların azalmasına ve fotosistemler arasındaki koordinasyonun bozulmasına bağlamışlardır. Bu çalışmada tuz stresi uygulaması sonucunda Comet F1 çeşidinin yapraklarında 25 ve 50 mM tuz konsantrasyonlarının kontrole göre klorofil miktarlarında artış gözlenirken 100 mM da azalma gözlenmiştir. Comet F1 çeşidinin kotiledonlarında ise tuz stresi klorofil miktarlarını azaltmıştır. Focus F1 çeşidinin yapraklarında 25 ve 50mM tuz konsantrasyonlarının kontrole göre klorofil miktarlarında azalış gözlendi. Focus F1 çeşidinin kotiledonlarında ise 25 ve 50 mM tuz konsantrasyonlarının kontrole göre klorofil miktarlarında azalma gözlenirken 100 mM 'daki azalışın kontrole göre önemli olmadığı görüldü.

SA uygulanan bitkilerde fotosentezde ve strese karşı korunmada aktif rol oynayan başta ribuloz difosfat enzimi ve süperoksit dismutaz olmak üzere birçok enzimin sentezini olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir. El-Tayeb (2005), tohumla yapılan 1.0 mM SA uygulamalarının fide döneminde tuz stresine (150 mM NaCl) maruz bırakılan arpa fideleri üzerine etkilerini incelemiş ve SA ile muamele edilen bitkilerin daha fazla fide yaş ağırlığına, klorofil içeriğine, şeker ve prolin içeriğine buna bağlı olarak daha düşük göreceli elektriksel iletkenlik değerlerine sahip olduğunu bildirmiştir.

Çanakcı ve Munzuroğlu (2004) fasulye çeliklerinin 50 ppm ASA ile muamele etmişler ve daha sonra tuz stresine (%1'lik NaCl) maruz bırakmışlardır. ASA uygulanan çeliklerin uygulanmayan çeliklere oranla daha yüksek klorofil a ve b içerdiğinden ve protein içeriklerinin daha yüksek olduğundan dolayı tuz stresine daha yüksek tolerans

gösterdiklerini belirtmişlerdir. Tuz stresi uygulaması sonucunda salisilik asit ile ön muamele ettiğimiz Comet F1 çeşidinin yapraklarında toplam klorofil miktarı kontrol, 25 ve 50 mM' da azalırken 100 mM' da artışa neden olmuştur. Comet F1 çeşidinin kotiledonlarında ise salisilik asit uygulaması önemli derecede bir artışa neden olmadı. Focus F1 çeşidine salisilik asit uygulaması kontrol, 25 ve 50 mM 'da önemli derecede artışa neden olurken 100 mM' da azalmaya neden olduğu görüldü. Focus F1 çeşidinin kotiledonlarında salisilik asit uygulaması 25 ve 50 mM' da önemli derecede bir artışa neden olmazken 100 mM' da azalmaya neden olduğu görüldü.

Tuzlu topraklarda yetiştirilen bitkilerde, üründeki azalışa neden olarak topraktaki artan osmotik potansiyelden dolayı bitkinin suyu yeterince kullanamaması veya tuzlu topraklarda aşırı miktarda bulunan sodyum (Na) ve klor (Cl) gibi iyonların neden olduğu toksik etki ve iyon dengesindeki bozulmalar gösterilmektedir (Taban vd.,1999).

Yine Azevedo vd., (2004) tarafından mısır bitkisi kullanılarak yapılan bir çalışmada, tuz stresi ile ilişkili olarak yaprak ve köklerin Na içeriği arttıkça potasyum (K) içeriğinin düştüğü, yaprak su potansiyeli ve transpirasyon yeteneğinin özellikle tuza hassas çeşitte bozulduğu bildirilmiştir. Yaptığımız çalışmada tuz stresi uygulaması sonucunda Comet F1 ve Focus F1 çeşidinin kotiledon ve yapraklarında tuz stresiyle birlikte su potansiyeli değerlerinde azalma tespit edildi.

SA, mineral alınımı (Glass, 1973) zar fonksiyonları (Glass ve Dunlop, 1974) su ile ilişkileri (Barkosky ve Einhelling, 1993) stomatal fonksiyonları (Larque-Soovedro, 1979; Rai vd., 1986) etilen biyosentezinin inhibisyonu (Srivastova ve Dwivedi, 2000) ve büyüme artışı gibi bir çok bitki fonksiyonunu değiştirebilir. Salisilik asit uygulamasıyla Comet F1 çeşidinin kotiledonlarında su potansiyeli değerleri artış gösterirken yapraklarda sadece 100 mM' da önemli derecede artış gözlemlendi. Focus F1 çeşidinin kotiledon ve yapraklarında da salisilik asit uygulanmasıyla su potansiyeli değerlerinde artış gözlenirken sadece 100 mM' da önemli derecede azalma gözlemlendi.

ABA tuz stresi için bitki cevaplarının birçoğunu içermektedir. Ayrıca tuz cevap genlerinin ekspresyonunu uyarmaktadır. Dışarıdan uygulanan ABA'nın bazı çalışmalarda muamele edilen bitki veya bitki dokularında tuz toleransını arttırdığı gözlemlenmiştir. ABA tuzluluğa olan cevapları bir kaç seviyede düzenleyebilir. ABA, kuraklık ya da tuz stresinde su potansiyelinin azalmasıyla meydana gelen büyüme inhibisyonunu hafifletir. Bu şartlarda kök aktivitesi strese karşı tüm bitkiyle koordineli şekilde çalışması oldukça önemlidir. ABA seviyesinin artması düşük su potansiyelinde mısır bitkisinin primer kök

uzamasının devamı için önemlidir (Saab vd., 1990). Bu etki, etilen üretiminin ABA ile inhibisyonuyla olmak zorundadır (Sharp, 2002).. Benzer şekilde, ABA yaprak genişlemesini uyarır. Bu, yapraktaki su potansiyelinin kontrolüyle değil etilen üretiminin kontrolüyle ilgilidir. Bu durum ABA' nın yetersiz olduğu *flacca* mutantlarında kanıtlanmıştır (Sharp vd., 2000). Bu sonuçlar, düşük su potansiyelinde gövde ve kök gelişmesinde rol oynayan ABA'nın etilen üretimini sınırlandırdığını, yaprak genişlemesi ve kök uzamasındaki inhibitör etkisini azalttığını göstermektedir.

ABA miktarlarını belirlediğimiz bu çalışmada her iki çeşidin ABA değerlerinin tuz stresine cevabının farklı olduğu gözlenmiştir. Comet F1 çeşidinin köklerinde tuz stresiyyle birlikte ABA miktarının önemli derecede arttığı gözlenirken, kotiledonlarda tuz stresiyyle birlikte ABA miktarının azaldığı gözlemlendi. Yapraklarda ise tuz stresiyyle birlikte ABA miktarının azaldığı gözlemlendi. En önemli azalış 100 mM' da görüldü. Focus F1 çeşidinin köklerinde tuz stresiyyle birlikte ABA miktarının önemli derecede azaldığı gözlenirken, sadece 25 mM' da önemli bir artış kaydedildi. Kotiledonlarda ise tuz stresiyyle birlikte ABA miktarının arttığı belirlendi. En önemli artış 100 mM' da kaydedildi. Yapraklarda tuz stresiyyle birlikte ABA miktarının azaldığı belirlendi.

ABA stres şartlarında uyarılan ve stomatal fonksiyonları kontrol ederek su stresi durumunda yaprak transpirasyonunun azalmasına neden olan önemli bir bitki sinyal molekülüdür. SA, stomatal kapanmada ABA'nın gösterdiği etkinin tersine etki eder (Rai vd., 1986). Stres durumunda SA ile muamele edilen bitkilerdeki yüksek transpirasyon oranı SA etkisiyle ABA'nın stomatal fonksiyonlarını düzenlemesiyle ilişkilidir. Yaptığımız çalışmada Comet F1 çeşidinin köklerinde salisilik asit uygulaması ile ABA miktarının azaldığı gözlemlendi. En önemli azalış 100mM'da görüldü. Kotiledonlarda ise SA uygulaması ile kontrole göre arttığı belirlendi. Yapraklarda SA uygulaması ile ABA miktarında azalma devam ederken sadece 100 mM' da önemli bir artış kaydedildi.

Focus F1 çeşidinin köklerinde SA uygulaması ile ABA miktarının önemli derecede azaldığı gözlemlendi. Kotiledonlarda salisilik asit uygulaması ile kontrole göre arttığı gözlenirken sadece 100 mM' da azalma olduğu görüldü. Yapraklarda salisilik asit uygulaması ile ABA miktarında sadece kontrol ve 100 mM' da önemli bir azalma kaydedildi.

Stresle beraber değişiklik gösteren aktivitelerden biri de antioksidant enzimlerdeki aktivitelerdir. Bu enzim aktivitelerindeki değişimlerin, bitkilerde üretilen ROS'ların sitotoksik etkilerinden hücreleri koruduğu (Liebler vd.,1986), çevresel strese dayanıklılığı

sağladığı ileri sürülmüştür (Pastori ve Trippi, 1993). Oksidatif stres fotosentez mekanizmasının azalmasına dolayısıyla da bitkinin büyümesinde bir azalmaya sebep olur. Tuz stresinde reaktif osijen türleri kloroplastlarda artış göstermektedir (Gossett vd., 1994). SOD, CAT ve GR gibi antioksidant enzimler pamukta tuz stresiyile birlikte artış göstermektedir (Rojguru vd., 1999). Yaptığımız çalışmada Comet F1 çeşitlerinin köklerinde katalaz aktivitesi tuz konsantrasyonlarında azalırken, kotiledon ve 100 mM tuz uygulanmış yapraklarda arttığı bulunmuştur. Focus F1 çeşitlerinin köklerinde ve kotiledonlarında katalaz aktivitesi tuz konsantrasyonlarında artarken, yapraklarda tuz stresiyile birlikte katalaz aktivitesinde azalma gözlemlendi. Comet F1 çeşitlerinin köklerinde SOD aktivitesi tuz konsantrasyonlarında azalırken, kotiledonlarda tuz stresiyile birlikte SOD aktivitesinde artış görüldü. Yapraklarda tuz stresiyile birlikte SOD aktivitesinde önemli derecede bir değişiklik kaydedilmedi. Focus F1 çeşitlerinin köklerinde ve kotiledonlarda SOD aktivitesi tuz konsantrasyonlarında artarken, yapraklarda tuz stresiyile birlikte SOD aktivitesinde önemli bir değişiklik gözlenmedi. Comet F1 çeşitlerinin köklerinde POX aktivitesi tuz konsantrasyonlarında azalırken kotiledonlarda tuz stresiyile birlikte POX aktivitesinde artış görüldü. Yapraklarda tuz stresiyile birlikte POX aktivitesinde önemli derecede bir değişiklik kaydedilmedi. Focus F1 çeşitlerinin köklerinde POX aktivitesi tuz konsantrasyonlarında artarken kotiledonlarda tuz stresiyile birlikte POX aktivitesinde artış kaydedildi. Yapraklarda ise tuz stresiyile birlikte POX aktivitesinde önemli bir değişiklik gözlenmedi.

SA antioksidant savunmayı teşvik etmek için ve oksidatif strese karşı bitkinin korunması için önemlidir (Rao ve Davis, 1999). Aşırı SA birikimi programlanmış hücre ölümüne neden olmaktadır (Rao ve Davis, 1999). Domates ve fasulyede 1mM üzerindeki SA ters bir etki göstermektedir (Senaratna vd., 1998). Böylece yüksek SA konsantrasyonunda (>1 mM) domates bitkisinin transpirasyonunda yararlı bir etki gözlenmemiştir. Fakat bu kritik konsantrasyon türler arasında farklılık göstermektedir. SA muamelesiyle antioksidant enzimlerin aktivitelerinin daha da geliştiği rapore dilmiştir (Srivastova ve Dwivedi, 2000; Kang vd., 2003).

Comet F1 çeşitlerinin köklerinde POX aktivitesi salisilik asit uygulamasıyla sadece 25 mM konsantrasyonda artış göstermiştir. Kotiledonlarda salisilik asit uygulamasıyla kontrol ve 50 mM' da artış belirlenmiştir. Yapraklarda salisilik asitin POX aktivitesinde kontrol, 25 mM ve 50 mM'da bir artışa neden olduğu görüldü. Focus F1 çeşitlerinin köklerinde POX aktivitesi salisilik asit uygulamasıyla 25 mM dışında tüm

konsantrasyonlarda azalma göstermiştir.. Kotiledonlarda salisilik asit uygulamasıyla kontrolde artış, 25, 50 ve 100 mM' da azalma belirlenmiştir. Yapraklarda salisilik asit muamelesinin POX aktivitesini sadece 25 ve 100 mM' da arttırdığı kaydedildi. Comet F1 çeşitlerinin köklerinde salisilik asit uygulamasıyla SOD aktivitesi sadece 25 mM konsantrasyonda artış göstermiştir. Kotiledonlarda salisilik asit uygulamasıyla kontrol dışında ki muamelelerde azalma belirlenmiştir. Yapraklarda salisilik asitin SOD aktivitesini sadece kontrol ve 50mM'da arttırdığı görülmüştür. Focus F1 çeşitlerinin köklerinde SOD aktivitesinde salisilik asit uygulamasıyla tüm konsantrasyonlarda azalma gözlemlendi. Kotiledonlarda salisilik asit uygulamasıyla kontrol ve 25 mM'da artış, 50 mM ve 100 mM' da azalma belirlenmiştir. Yapraklarda salisilik asit muamelesinin SOD aktivitesini sadece 100 mM' da arttırdığı kaydedildi. Comet F1 çeşitlerinin köklerinde katalaz aktivitesi salisilik asit uygulamasıyla 25 ve 50 mM konsantrasyonlarda artış göstermiştir. Kotiledonlarda salisilik asit uygulamasıyla tüm muamelelerde azalma belirlenmiştir. Yapraklarda ise salisilik asit katalaz aktivitesini arttırırken sadece 100mM'da bir azalış görülmüştür. Focus F1 çeşitlerinin köklerinde ve kotiledonlarında katalaz aktivitesi azalırken yapraklarda arttığı tespit edilmiştir..

Lipid peroksidasyonu, kuraklık stresine karşı bitkinin toleransını gösteren başka bir parametredir. Bor vd., (2003) pancarda yaptığı çalışmada tuz stresiyile beraber lipid peroksidasyonunun arttığını göstermiştir. Yaptığımız çalışmada her iki çeşitde tuz stresiyile beraber MDA miktarında artış gözlenirken sadece Focus F1 çeşitlerinin köklerinde MDA miktarı tuz konsantrasyonlarında azalma göstermiştir.

Popova vd., (2003) arpalarda yaptığı çalışmalarda SA uygulamasının lipid peroksidasyonda azalmaya neden olduğunu bulmuşlardır. Fakat, bizim yaptığımız çalışmada bazı konsantrasyonlarda MDA miktarı salisilik asit uygulamasıyla azalma göstermiştir.

Tuz toleransı sitosolde ve organellerde uygun eriyiklerin biriktirilmesini gerektirmektedir (Rhodes ve Hanson, 1993). K^+ gibi önemli elementlerde tuz toleransı için biriktirmektedir. Fakat en önemlileri organik eriyiklerdir. Osmotik strese cevap olarak biriken bu eriyikler farklı organizmalarda her zaman mevcut olan bir prosedir. Ancak bu eriyiklerin birikimi organizma ve bitki türleri arasında değişir. En önemli organik osmotik eriyikler; basit şekerlerden(fruktoz, glukoz), şeker alkollerinden (gliserol,metilinositol) ve kompleks şekerlerden (trehaloz, rafinoz ve fruktant) oluşmaktadır (Bohnert ve Jensen, 1996). Diğerleri ise, kuarter yapıda aminoasit türevlerini (prolin, glisin betain) tersiyer

yapıdaki aminleri ve sülfat bileşiklerini içermektedir (Nuccio vd., 1999). Çoğu organik osmolitlerin birikimi osmotik düzenleme için yetersiz kaldığından bu organik eriyikler osmoprotektant olarak düşünülmektedir. Bitki sıcaklık veya tuz stresine maruz bırakıldığında tilakoid ya da plazma zarında glisin betain biriktirmektedir (Rhodes ve Hanson, 1993). Dahası, çoğu osmoprotektant transgenik ürün olarak bitkiye aktarıldığında stres toleransını arttırmaktadır (Bohnert ve Jensen, 1996; Zhu, 2001). Bir osmoprotektant zar uyumsuzluğuna ve hücre ölümüne yol açan reaktif oksijen türlerini temizlemektedir.

Uygun eriyik bileşikler, hücre içi biyokimyayı bozmadan yüksek seviyede biriktirilirlir. (Bohnert ve Jensen, 1996). Bu eriyik bileşikler, tuz solusyonunda enzimlerin aktivitelerini koruma kapasitesine sahiptirler. Bu bileşikler sitosol ve organellerin lümen kısmındaki enerji ve pH dengesini minimal seviyede etkiler. Uygun osmolitlerin sentezi önemli biyokimyasal reaksiyonlar içinde ara ürün olan metabolitlerin farklılaşmasıyla gerçekleşmektedir. Genellikle stres bu metabolik farklılaşmayı tetiklemektedir (Rhodes ve Hanson, 1993). Kabak çeşitleri üzerinde yaptığımız çalışmalarda glukoz ve fruktoz miktarının tuz stresıyla artıp SA uygulamasıyla azaldığı, sukroz miktarının ise kök ve yaprakta tuz stresıyla azalıp SA uygulamasıyla arttığı gözlenmiştir.

Sonuç olarak, elde edilen bulgulara göre çalıştığımız kabak çeşitlerinin farklı tuz konsantrasyonlarına tolerasyon gösterdiği ve SA ile ön muamele edilen bu iki çeşitde tuz stresi ve SA uygulamasının çalıştığımız parametreler üzerinde ters etkiler gösterdiği görülmektedir.

5.SONUÇLAR

1) Tuz stresine maruz bırakılan *C. pepo* L. bitkisinin iki çeşidinde kök uzunluğu, yaş yaprak ağırlığı ve Hoagland kullanımında kontrole göre bir azalmanın olduğu görülmüştür. Salisilik asit uygulaması bitkinin yapraklarında saramalara neden olurken, kök uzunluğu ve yaş yaprak ağırlığında sadece 100 mM tuz konsantrasyonunda etkili olduğu tespit edilmiştir. Salisilik asitin Hoagland kullanımını da sınırladığı görülmüştür.

2) Toplam klorofil miktarlarının ve k/a/b oranlarının bazı tuz konsantrasyonlarında arttığı tespit edilmiştir. Toplam klorofillerin artış gösterdiği konsantrasyonlarda salisilik asit uygulamasıyla bu miktarları azalttığı, diğer konsantrasyonlarda da arttırdığı görülmüştür.

3) Tuz stresiyile birlikte su potansiyeli değerlerinde azalma kaydedilmiştir. Salisilik asit uygulaması kontrol bitkilerinde olumsuz sonuç verirken, özellikle 100mM tuz muamelesinde yalnız Comet F1 çeşidinde iyileştirici sonuç vermiştir.

4) Tuz stresiyile birlikte ABA miktarları, Comet F1 çeşidinin köklerinde Focus F1 çeşidinin kotiledonlarında önemli bir artış göstermiştir.

5) Katalaz aktivitesi Comet F1 çeşitlerinin sadece yapraklarında artış gösterirken, Focus F1 çeşitlerinin köklerinde ve kotiledonlarında artış göstermektedir. Salisilik asit uygulaması artış gösterilen konsantrasyonlarda katalaz aktivitesini olumsuz etkilemektedir.

6) SOD ve POX aktivitesi Comet F1 çeşitlerinin sadece köklerinde, Focus F1 çeşitlerinin köklerinde ve kotiledonlarında artış göstermektedir. Yine katalazda olduğu gibi salisilik asit uygulaması, artış gösterilen konsantrasyonlarda bu enzim aktivitesini olumsuz etkilemektedir.

7) Lipid peroksidasyonunun göstergesi olan MDA miktarları Comet F1 çeşitlerinin kök ve kotiledonlarında, Focus F1 çeşitlerinin yapraklarında artış göstermiştir. Salisilik asit uygulaması bazı konsantrasyonlarda olumsuz sonuç vermiştir.

8) Comet F1 çeşitlerinde glukoz ve fruktoz miktarının tuz stresiyile artıp SA uygulamasıyla azaldığı tespit edilmiştir. Sukroz miktarının ise kök ve yaprakta tuz stresiyile azaldığı, SA uygulamasıyla arttığı gözlenmiştir. Focus F1 çeşidinde ise glukoz fruktoz ve sukroz miktarları tuz stresiyile azalırken, SA uygulamasıyla arttığı tespit edilmiştir.

9) Bu çalışmanın sonunda, stres durumunda kendi tolerans mekanizmasını çalıştıran kabak bitkisinde, salisilik asitin bitkideki iyon alınımı ve organik madde birikimiyle ilgili mekanizmaları olumsuz etkilediği görülmüştür.

6.ÖNERİLER

Tüm dünyada elverişsiz çevre şartlarından dolayı bitkiler olumsuz etkilenmektedir. Yapılan çalışmalarda amaç, bu çevre şartlarına karşı daha dayanıklı bitki yetiştirmektir. Bizim de 0,5 mM salisilik asit uygulayarak tuz stresinin olumsuz etkilerini ne derecede indirgediğini öğrenmeyi amaçladığımız bu çalışmada, salisilik asitin farklı konsantrasyonları ve analogları bitkiye uygulanarak, bu maddelerin etkileri üzerinde çalışılabilir. Çalışmamızda kullandığımız bitkinin tuz stresine karşı toleras mekanizmasının daha iyi aydınlatılması ve salisilk asitin bu mekanizmadaki olumsuz etkilerinin hangi aşamada gerçekleştiğini anlamak için daha yönlü bir araştırmaya gereksinim duyulmaktadır. Özellikle tuz stresine toleranslı olan türler için salisilik asit uygulamasının olumsuz etki gösterdiği çalışmamızda kanıtlanmış olup böylelikle salisilik asitin özellikle glikofit bitkilerinde kullanımının tuz stresinin etkilerini azaltabileceği ve ürün verimini arttırabileceği kanaatindeyiz.

7. KAYNAKLAR

- Aebi, H., Wyss, S.R., Scherz, B. ve Skvaril, F., 1974. Heterogeneity of Erythrocyte Catalase. II. Isolation and Characterization of Normal and Variant Erythrocyte Catalase and Their Subunits. Eur J. Biochem, 48,137-145.
- Alibert, G. veRanjeva, R., 1971. FEBS Lett., 19, 11-14
- Alibert, G. ve Ranjeva, R., 1972. Recherches Sur Les Enzymes Catalysant la Biosyntheses desAcid Phenoliques chez *Quarcus pedunculata* (Ehrn): II- Localization Intercellulaire de laPhenylalanin mmonique-lyase, de la Cinnamate 4-hydroxylase, et de la “benzoatesynthase” Biochem. Biophys. Acta, 279, 282-289
- Anandhi, S. ve Ramanujam, M. P., 1997. Effect of Salicylic Acid on Black Gram (*Vigna mungo*) Cultivars. Ind. J. Plant Physiol. 2, 138-141.
- Anonim, 2005. Van Meteoroloji Bölge Müdürlüğü Kayıtları. Van
- Apel, K. ve Hirt, H. 2004. Reactive Oxygen Species: Metabolism, Oxidative Stres, and Signal Transduction. Annu. Rev. Plany Biol., 55, 373-399
- Arberg, B., 1981. Plant Growth Regulators. Monosubstituted Benzoic Acid. Swed. Agric. Res., 11, 93-105.
- Asch, F., Dörffling, K. ve Dingkhun, M., 1995. Response of Rice Varieties to Soil Salinity: A possible Involvement of Root Borne ABA. Plant Soil, 177, 11-19
- Azevedo Neto, A.D., Prisco, J.T. ve Eneas-Filho, J., 2004. Effects of Salt Stress on Plant Growth, Stomatal Response and Solute Accumulation of Different Maize Genotypes. Braz. J. PlantPhysiol., 16, 1, 31-38.
- Balke, N. E. ve Schulz, M., 1987. Potential Impact of Enzymatic Glucosidation of Allelopathic Phenolic Compounds. In : Invited Lectures, Sec. 4: Industrial chemistry, 31st Int. Cong. Pure Appl. Chem. Sophia, Bulgaria : Bulg. Acad. Sci. 17-29
- Barkosky, R.R. ve Einhelling, F.A., 1993. Effect of Salicylic Acid on Plant-Water Relationships. J Chem Ecol ., 19, 237-247
- Blumwald ,E., Aharon, G. ve Apse, M.P., 2000. Sodium Transport in Plantcells. Biochim Biophys. Acta., 1465, 140-151.
- Bohnert , H.J. ve Jensen, R.G., 1996. Strategies for Engineering Water Stress Tolerance in Plants. Trends in Biotechnology., 14, 89-97

- Bohnert, H.J. ve Sheveleva, E., 1998. Plant Stress Adaptations, Making Metabolism Move. Curr. Opin Plant Biol., 1, 267-274
- Bor M., Ozdemir F. ve Turkan I., 2003. The Effect of Salt Stress on Lipid Peroxidation and Antioxidants in Leaves of Sugar Beet *Beta vulgaris* L. and wild Beet *Beta maritima* L. Plant Sci. 164, 77-84.
- Bradford, M.M., 1976. A Rapid and Sensitive Method For The Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein- Dye Binding. Anal Biochem., 72, 248-254
- Bray, E.A., 1997. Plant Responses to Water Deficit. Trends in Plant Sci., 2, 48-54
- Brugnoli, E. ve Lauteri, M., 1991. Effects of Salinity on Stomatal Conductance, Photosynthetic Capacity, and Carbon Isotope Discrimination of Salt Tolerant (*Gossypium hirsutum* L.) and Salt-sensitive (*Phaseolus vulgaris* L.) C Nonhalophytes. Plant physiol., 95, 628-635.
- Byung P.Y., 1994. Cellular Defenses Against Damage from Reactive Species. Physiological Review., 74, 1, 139-172
- Chen, Z., Silva, H. ve Klessig, D., 1993. Active Oxygen Species in the Induction of Plant Systemic Acquired Resistance by Salicylic Acid. Science, 262, 1883-1886.
- Chen, T.H.H. ve Murata, N., 2000. Enhancement of Tolerance of Abiotic Stress by Metabolic Engineering of Betaines and Other Compatible Solutes. Curr. Opin. Plant Biol., 5, 250-257
- Cleland, C. F. ve Ajami, A., 1974. Plant Physiol., 54, 904-906.
- Cramer, G.R., 2002. Calcium-sodium Interactions under Salinity Stress. In: Salinity. Environment- Plants-Molecules. Eds. A. Läuchli and U. Lüttge. Kluwer Acad. Publishers pp:205-228.
- Çakmak, I. ve Marschner, H., 1992. Magnesium Deficiency and High Light Intensity Enhance Activities of Superoxide Dismutase, Ascorbate Peroxidase and Glutathione Reductase in Bean Leaves. Plant Physiol. 98, 1222-1226
- Çiçek, N. ve Çakırlar, H., 2002. The Effect of Salinity on Some Physiol. Parameters in two Maize Cult.. Bulg. J. Plant Physiol., 28, 1-2, 66-74.
- Daşgan, H.Y., Aktas, H., Abak, K. ve Cakmak, I., 2002. Determination of Screening Techniques to Salinity Tolerance in Tomatoes and Investigation of Genotype Responses, Plant Science, 163, 695-703

- Datta, K. S. ve Nanda, K. K., 1985. Effect of some Phenolic Compounds and Gibberellic acid on Growth and Development of Cheena (*Panicum miliaceum* L.). Indian J. Plant Physiol., 28, 298-302.
- David, M., Ribnicky, Shulaev, V. ve Raskin I., 1998. Intermediates of Salicylic Acid Biosynthesis in Tobacco. Plant Physiol., 11, 82, 565-572.
- Davies, K.J.A., 1987. Protein Damage and Degradation by Oxygen Radicals 1. General Aspects. J. Biol. Chem., 262, 9895-9901
- Davies, W.J. ve Zhang, J., 1991. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. Ann. Rev. Plant Physiol., 42, 55-73
- Dhindsa, R.S. ve Mattowe, W., 1981. Drought Tolerance in Two Mosses: Correlated with Enzymatic Defence against Lipid Peroxidation. J. Exp. Bot., 32, 79-91
- Downton, W.J.S. ve Loveys, B.R., 1978. Compositional Changes During Grape Berry Development in Relation to Abscisic acid and Salinity. Aust. J. Plant Physiol., 5, 415-423.
- Eberhard .S., Doubrava. N., Marta. V., Mohnen. D. ve Southwick. A., 1989. pectic cell wall fragments regulate tobacco thin cell layer explant morphogenesis. Plant Cell, 1, 707-755.
- Ehret, D.L., Remann, R.E., Harvey, B.L. ve Cipywnyk, A., 1990. Salinity-induced Ca deficit. in Wheat and Barley. Plant Soil., 128, 143-151
- El-Tayeb, M. A., 2005. Response of Barley Grains to the Interactive Effect of Salinity and Salicylic acid. Plant Growth Regulation, 45, 215-224
- Epstein, E., Rains, D.W. ve Elzam, O.E., 1963. Resolution of dual Mechanisms of Potassium Absorption by Barley roots. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 49, 684-692
- Fariduddin, Q., Hayat, S. ve Ahmad, A., 2003. Salicylic Acid Influences Net Photosynthetic Rate, Carboxylation Efficiency, Nitrate Reductase Activity and Seed Yield in *Brassica juncea*. Photosynthetica, 41, 281-284
- Flowers, T.J., Troke, P.F. ve Yeo, A.R., 1977. The Mechanism of Salt Tolerance in Halophytes. Ann. Rev. Plant Physiol., 28, 89-121,
- Flowers, T. J. ve Yeo. A.R., 1995. Breeding for Salinity Resistance in Crop Plants. Aust. J. Plant Physiol., 22, 875-884
- Foyer, C. H. ve Noctor, G., 2005. Redox Homeostasis and Antioxidant Signaling: A Metabolic Interface between Stress Perception and Physiological Responses. Plant Cell, 17, 1866-1875.

- Fridovich, I., 1986. Biological Effects of the Superoxid radical. *Arch. Biochem. Biop.*, 274, 1-11.
- Ganieva, R., Allakhverdiev, S., Bayramova, S. ve Nafisi, S., 1997. *Tr. J. Botany*, 21, 253-257.
- Gadallah, M.A.A., 1999. Effect of Proline and Glycinebetaine on *Vicia faba* Responses to Salt stress. *Biologia Plantarum*. 42,2, 249-257.
- Ghai. N., Setia. R.C. ve Setia, N.,2002. Effects of Paclobutrazol and Salicylic Acid on chlorophyll Content, Activity and Yield Components in Brassica Napus L. *GSL-Phytomorphol.*,52,83-87
- Gomez , J.M., Hernandez, J.A., Jimenez, A. del Rio, L.A. ve Selvilla, F., 1999. Differential Response of Antioxidative Enzymes of Chloroplast and Mitochonria to Long Term NaCl Stres of Pea Plants. *Free Radic. Res.* 31,11-S18
- Gossett, D.R., Millhollon, E.P., Lucas, M.C., Banks, S.W. ve Marney, M.M, 1994 b. The Effects of NaCl on Antioxidant Activities in Callus Tissue of Salt-Sensitive Cotton Cultivars (*Gossipium hirsitum L.*). *Plant Cell Reports*, 13,498-503
- Greenway, J. ve Munns, R., 1980. Mechanisms of Salt Tolerance in Nonhalophytes. *Annu Rev Plant Physiol.*, 31,149-190
- Gueta-Dahan, Y., Yaniv, Z., Zilinskas, B.A. ve Benhayyim, G., 1997. Salt Oxidative Stres: Similar and Specific Responses and Their Relation to Salt Tolerance in Citrus. *Planta*, 203, 460-469.
- Gutteridge, J.M.C., 1995. Lipid Peroxidation and Antioxidants as Biomarkers of Tissue Damage. *Clin Chemistry*;41,1819-1828
- Günay, A., 1984. Özel Sebze Yetiştiriciliği. Cilt III. A.Ü. Ziraat Fakültesi. Çağ Matbaası. Ankara.
- Güneş, A., Alpaslan, M., Taban, S. ve Hatipoğlu, F., 1997. Değişik Buğday çeşitlerinin Tuz Stresine Dayanıklılıkları. *Tr. Journal of Agriculture and Forestry*, 21, 215-219,
- Halliwell, B. ve Gutteridge, J.M.C., 1984 Oxygen Toxicity, Oxygen Radicals, Transition Metals and Disease. *Biochem J.*, 219;1-14
- Hartung, W., Zhang, J. ve Davies, W.J., 1994. Does Abscisic Acid Play a Stres Physiological Role in Maize Plants Growing in Heavily Compacted Soil. *J. Exp. Bot.* , 45, 221-226
- Hasegawa , P.M., Bressan, R.A., Zhu, J.K. ve Bohnert, H.J.,2000. Plant Cellular and Molecular Responses to High Salinity. *Annu. Rev.PlantPhysiol. Plant Mol. Biol.*, 51,469-499

- Hayat, S., Fariduddin Q., Ali, B. ve Ahmad, A., 2005. Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. Acta Argon. Hung., 53, 339-342.
- Hernandez, J.A., Ferrer, M.A., Jimenez, A., Barcelo, A.R. ve Sevilla, F., 2001. Antioxidant Systems and O₂/H₂O₂ Production in the Apoplast of Pea Leaves. Its Relation with Salt-Induced Necrotic Lesions in Minor Veins. Plant Physiol., 127, 817-831
- Hirabayashi, J., 1996. On the Origin of Elementary Hexoses. Quarterly Review of Biology. 71, 365-380
- Hoagland, D.R. ve Arnon, D.I., 1950. The Water Culture Method for Growing Plants without Soil. Calif. Agric. Exp. Sta. Circ., 347, 32.
- Hollenbach, B., Schreiber, L., Hartung, W. ve Dietz, K.J., 1997. Cadmium Leads to Stimulated Expression of Lipid Transfer Protein in Barley. Planta, 203, 9-19
- Jain, A. ve Srivastava, H.S., 1981. Effect of Salicylic Acid on Nitrate Reductase Activity in Maize Seedlings. Physiol. Plant., 51, 339-342.
- Jacquot, J.-P., Gelhaye, E., Rouhier, N., Corbier, C., Didirejean, C. ve Aubry, A., 2002. Thioredoxins and Related Proteins in Photosynthetic Organisms: Molecular Basis for Thiol-Dependent Regulation. Biochem. Pharm., 64, 1065-1069.
- Jang, F. ve Hartung, W., 2007. Long-distance Signalling of ABA. J. Exp. Bot., 10, 1093
- Jeschke, W.D., Peuke, A., Kirkby, E.A., Pate, J.S. ve Hartung, W., 1996. Effects of P Deficiency on the Uptake, Flows and Utilization of C, N and H₂O in Whole Plants of *Ricinus communis* L., as Compared to the Effect of Salt Stress. J. Exp. Bot., 47, 1737-1754
- Jeschke, W.D., Peuke, A., Pate, J.S. ve Hartung, W., 1997. Synthesis, Transport and Catabolism of Abscisic Acid in a Single Leaf and Whole Plant of castor bean (*Ricinus communis* L.) under Moderate Salinity and Phosphate Deficiency. J. Exp. Bot., 48, 1737-1747
- Jia, W., Wang, Y., Zhang, S. ve Zhang, J., 2002. Salt-stress-induced ABA Accumulation is more Sensitive Triggered in Root than in Shoots. J. Exp. Bot., 53, 2201-2206
- Joo, J.H., Wang, S., Chen, J.G., Jones, A.M. ve Fedoroff, N. V. 2005. Different Signaling and Cell Death Roles of Heterotrimeric G Protein (alpha) and (beta) Subunits in the Arabidopsis Oxidative Stress Response to Ozone. Plant Cell, 17, 957-970.
- Kang, G., Wang, C., Sun, G. ve Wang, Z., 2003. Salicylic Acid Changes Activities of H₂O₂-Metabolizing Enzymes and Increases the Chilling Tolerance of Banana Seedlings. Environ Exp Bot., 50, 9-15

- Karanlık, S., 2001. Değişik Buğday Genotiplerinde Tuz Stresine Dayanıklılık ve Dayanıklılığın Fizyolojik Nedenlerinin Araştırılması. (Doktora Tezi,basılmamış), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 125 s
- Katkat,V., Taban, S.,Ozguven, N. ve Celik, H., 1999.Effect of Potassium on Microelements Distribution in Maize Plant Grown under Salt Stress. Dahlia Greidinger International Symposium Nutrient Management Under Salinity and Water Stress, 151-158.
- Kaya, C. ve Higgs, D., 2002. Calcium Nitrate as a Remedy for Salt-Stressed Cucumber Plants. Journal of Plant Nutrition, 25,4, 861–871.
- Kawasaki, S., Borchert, C., Deyholos, M., Wang, H., Brazille, S., Kawai, K., Galbraith,D. ve Bohnert, H., 2001. Gene Expression Profiles During the Initial Phase of Salt Stres in Rice. Plant Cell., 13,889-905
- Kefu, Z., Munns, R. ve King, R.W., 1991. Abscisic Acid Levels in NaCl-treated Barley, Cotton and Saltbush. Aust. J Plant Physiol.,18,17-24
- Khan, W., Balakrishnan, P. ve Smith, D. L., 2003. Photosynthetic Responses of Corn and Soybean to Foliar Application of Salicylates, Journal of Plant Physiology, 160, 485-492.
- Khodary, S. F. A.,2004.Effect of Salicylic Acid on The Growth, Photosynthesis and Carbohydrate Metabolism in Salt Stressed Maize Plants. Int. J. Agric.Biol., 6,8.
- Khurana, J. P. ve Maheswari. S.C.,1980. Some Effect of Salicylic Acid on Growth and Flowering in Spirodela Polyrhiza SP20. Plant Cell Physiol., 21,923-927
- Khurana, J P. ve Maheshwari. S. C.,1987.Floral Induction in Wolffia Microscopica by Non-Inductive Long Days. Plant Cell Physiol.,24,907-912.
- Kirkby, E.A. ve Knight, A.H., 1987.The Influence of The Level of Nitrate Nutrition on Ion Uptake and Assimilation, Organic Acid Accumulation and Cation Anion Balance in Whole Tomato Plants. Plant Physiology, 60,349-353,
- Klamt, H. D., 1962. Conversion in Plants of Benzoic acid to Salicylic acid and its Glucoside. Nature, 196, 491
- Kreps , J.A., Wu, H.S., Chang, T., Zhu, X.,Wang, J. ve Harper, F., 2002. Transcriptome Changes for Arabidopsis in Response to Salt , Osmotic, and Cold Stress. Plant Physiol., 130,2129-2141
- Korkmaz, A., 2005. Inclusion of Acetyl Salicylic Acid and Methyl Jasmonate into The Priming Solution Improves Low Temperature Germination and Emergence of Sweet Pepper. Hortscience. 40,1, 197-200.

- Kumar, P., Lakshmi, N. J. ve Mani, V. P., 2000. Interactive Effects of Salicylic acid and Phytohormones on Photosynthesis and Grain yield of Soybean (*Glycine max* L. Merrill). Physiology and Molecular Biology of Plants 6,179-186
- Lachno, D.R. ve Baker, D.A., 1986. Stress Induction of Absciscic acid in Maize Roots. Physiol. Plant, 68, 215-221
- Larque'-Saaveda A., 1979. Stomatal Closure in Response to Salicylic acid Treatment. Z. Pflanzenphysiol. 93, 371-375.
- Lee ,K.H., Piao, H.L., Kim, H. Y., Choi, S.M., Jian, F.,Hartung,W., Kwak, J.M., Lee, I. J. ve Hwang, I.,2006. Activation of glucosidase via stres-induced polymerization rapidly increased active pools of absciscic acid. Cell,126,1109-1120
- Leslie, C.A. ve Romani, R.J., 1988. Inhibition of Ethylene Biosynthesis by Salicylic Acid. Plant Physiol., 88,833-837
- Lewitt, J., 1980a. Salt Stresses. In: Responses of Plants to Environmental Stresses. Vol II, Pp. 365-454., Academic Press,
- Levitt, J., 1980. Responses of Plants to Environmental Stresses. Volume II, 2nd ed. Academic Press, New York.;pp.607.
- Li, Y., Baldauf, S., Lim, E.K. ve Blowles, D.J., 2001. Phylogenetic Analysis of the UDP-Glycosyltransferase Multigene Family of Arabidopsis Thaliana. J Biol. Chem .., 276,4338-4343.
- Liebler, D.C., Kling, D.S. ve Reed, D.J., 1986. Antioxidant Protection of Phospholipid Biayers by α -Tokoferol Control of α -Tokoferol Status and Lipid Peroxidation by Ascorbic Acid and Glutathione. J. Biol. Chem., 261,12114-12119
- Liu, A. ve Latimer, J.G., 1995. Water Relations and Absciscic acid Levels of Watermelon as Affected by Rooting Volume Restriction. J. Exp. Bot., 46, 1011-1016
- Makela, P., Kontturi, M., Pehu, E. ve Somersalo, S., 1999. Photosynthetic Response of Drought and Sald-Stressed Tomato and Turnip Rape Plants to Foliar Applied Glycinebetaie. Physiol. Plant., 105,45-50.
- Masle, J. ve Passioura, J.B., 1987. Impact of Soil Strength on the Growth of Young Wheat Plants. Aust. Plant Physiol., 14, 643-656

- Mills ,E.M., Takeda, K. ve Yu, Z.X., 1998. Biol Chem., 273, 22165-8.
- Mishra, A. ve Choudhuri, M. A., 1999. Effects of Salicylic Acid on Heavy Metal-Induced Membrane Deterioration Mediated by Lipoyxygenase in Rice. Biol Plant 42, 409 – 415
- Mittler, M.R., 2002. Oxidative Stres, Antioxidants and stress Tolerance. Trnen. Plant Sci., 7,405-410.
- Mizrahi, Y., Blumenfeld, A., Bittner, S. ve Richmond, A.E., 1971. Absciscic acid and Cytokinin Contents in Leaves in Relation to Salinity and Relative Humidity. Plant Physiol., 48,752-755
- Moharekar, S. T., Lokhande, S. D., Hara, T., Tanaka, R., Tanaka, A. ve Chavan, P.D.,2003.Effect of Salicylic acid on Chlorophyll and Carotenoid contents of Wheat and Moong Seedlings. Photosynthetica, 41,315-317
- Mulholland, B.J., Black, C.R., Toyler, O.B., Roberts, J.A. ve Lenton, J.R., 1996a. Effect of Siol Compaction on Barley(*Hordeum valgare* L.) Growth. J Exp Bot.,47,539-550
- Munns, R. ve Termaat, A., 1986.Whole-Plant Responses to Salinity. Aust. J. Plant. Physiol., 13, 143-160.
- Nambara , E. ve Marion-Poll, A., 2005. ABA Biosynthesis and Catobolism. Ann . Rev. Plant Biol., 56,165-185
- Neumann, P.M., Volkenburgh, E.V. ve Cleland, R.E., 1988. Salinity Stress Inhibits Bean Leaf Expansion by Reducing Turgor, not Wall Extensibility. Plant Physiol., 88 ,1, 233-237.
- Niu, X., Bressan, R. A., Hasegawa, P. M. ve Pordo, J.M., 1995. Ion Homeostasis in NaCl Stres envirenmentss. Plant Physiol., 109,735-742
- Nordberg, J. ve Arner, E.S.J., 2001.Reactive Oxygen Species, Antioxidants and The MammalianThioredoxin System. Free Radical Biology and Medicine, 31,11, 1287-1317
- Nuccio,M.L., Rhodes,D., McNeil, S.D. ve Hanson, A.D.,1999. Metabolic Engineering of Plants for Osmotic Stres Resistance. Curr. Opin. Plant Biol., 2,128-34
- Pal, M., Szalai, G., Horvath, E., Janda, T. ve Paldi, E., 2002. Effect of Salicylic Acid During Heavy Metal Stres. Proc. 7th Hungarian Congress on Plant Physiology. Acta Biolog Szegediensis, 46,119 – 120.

- Pancheva, T.V., Popova, L.P. ve Uzunova, A.L., 1996. Effects of Salicylic acid on Growth and Photosynthesis in Barley Plants. J. Plant Physiol. 149,57-63.
- Pastori, G.M. ve Trppi, V.S., 1993. Antioxidative Protection in a Drought Resistant Maize Strain during Leaf Senescence. Physiol. Plant, 87, 227-231
- Peuke, A.D., Jeschke, W.D. ve Hartung, W., 1994. The Uptake and Flow of C, N and Ions between Roots and Shoots in Ricinus communis L. III. Long Distance Transport of Abscisic Acid Depending on Nitrogen Nutrition and Salt Stres. J Exp Bot., 45,741-747
- Piters, A. H., 1982. A Review of Chemically Induced Flowering in Lemma gibba G3 and Pistia stratiotes. Aquat. Bot., 13,21-28.
- Polle, A., Otter, T. ve Seifert, F., 1994. Apoplastic Peroxidase and Lignification in Needles of Norway Spruce. Plant Physiol., 106, 53-60
- Popova L., Ananieva E., Hristova V., Christov K., Georgieva K., Alexieva V. ve Stoinova Zh., 2003. Salicylic acid-and Metyl Jasmonate-induced Protection on Photosynthesis to Paraquat Oxidative Stress. Bulg. J. Plant Physiol. Special Issue ,133–152.
- Radin, J.W., 1984. Stomatal Responses to Water Stres and to Abscisic Acid in Phosphorus Deficient Cotton Plants. Plant Physiol., 76,391-394
- Rai, V.K., Sharma, S.S. ve Sharma, S., 1986. Reversal of ABA- induced stomatal closure by phenolic compounds. J. Exp. Bot., 37,129-134
- Ramanujam M. P., Jaleel, V. A. ve Kumaravelu, G., 1998. Effect of Salicylic acid on Nodulation, Nitrogenous Compounds and Related Enzymes of Vigna mung . Biologia Plantarum, 41, 307-311
- Rane, J., Lakkineni, K. C., Kumar, P. A. ve Abrol, Y. P., 1995. Salicylic acid Protects Nitrate Reductase Activity of Wheat Leaves. Plant Physiol. Biochem., 22, 119-121.
- Rao, M.V. ve Davis, R.D., 1999. Ozone –induced Cell Death Occurs Via Two Distinct Mechanisms In Arabidopsis: The Role of Salicylic Acid. Plant J .,17,603-614
- Raskin, I., Turner, I.M. ve Melander, W.R., 1989. Regulation of Heat Production in the Inflorescences of an Arum lily by Endogenous Salicylic acid. Proc. Natl. Acad. Sci. USA., 86, 2214.
- Rains, D.W. ve Epstein, E., 1967b. Sodium Absorption by Barley roots: Its Mediation by Mechanism 2 of Alkali Cation Transport, Plant Physiol., 42, 319-323.
- Rhodes, D. ve Hanson, A.D.,1993. Quaternary Ammonium and Terriary Sulfonium Compounds in Higher Plants. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol . Biol., 44,357-384

- Robinson, R.W. ve Decker-Walters, D.S., 1997. Cucurbits. In: Crop Production Science in Horticultures Series (Ed: Jeff Atherton, Alun Ress). CAB International Department of Horticultural Science. Cornell Univ. and D.S. Decker-Walters, The Cucurbit Network. U.S.A.
- Romani, R.L., Hes, V.M. ve Leslie, C.A., 1989. Salicylic Acid Inhibition of Ethylene Production by Apple Discs and Other Plant Tissues. J. Plant Growth Regul., 8, 62-69
- Russell, D.W. ve Conn, E.E., 1967. The Cinnamic Acid 4-Hydroxylase of Pea Seedlings. Arch. Biochem. Biophys., 122, 256-258
- Ruth, R., 2002. Abscisic Acid Biosynthesis and Response. American Society of Plant Biologists.
- Saab, I.N., Sharp, R.E., Pritchard, J. ve Voetburg, G.S., 1990. Increased Endogenous Abscisic Acid Maintains Primary Root Growth and Inhibits Shoot Growth of Maize Seedlings at Low Water Potential. Plant Physiol., 93, 1329-1336
- Salerno, G.L. ve Curatti, L., 2003. Origin of Sucrose Metabolism in Higher Plants: When, How and Why? Trends in Plant Science, 8, 63-69
- Sanders, D., 2000. Plant Biology: The Salty Tale of Arabidopsis. Curr. Biol., 10, 486-488
- Sharp, R.E., 2002. Interaction with Ethylene: Changing Views on the Role of Abscisic Acid in Root and Shoot Growth Responses to Water Stress. Plant, Cell Environ., 25, 213-224
- Scharfettez, E., Rottenburg, T. ve Kandeler, R., 1978. The effect of EDDHA and Salicylic Acid on Flowering and Vegetative Development in *Spirodela Punctata*. Z. Pflanzenphysiol. 87, 445-454
- Seki, M., Narusaka, M., Ishida, J., Nanjo, T., Fujita, M., Oono, Y., Kamilya, A., Nakejima, M., Enju, A., Skurai, T., Satou, M., Akiyama, K., Taji, T., Yamaguchi-Shinozaki, K., Carninci, P., Kawai, J., Hayashizaki, Y. ve Shinozaki, K., 2002. Monitoring The expression profiles of 7000 Arabidopsis Genes under Drought, Cold and High-Salinity Stresses using a full-length cDNA Microarray. Plant J., 31, 279-292
- Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E. ve Dixon, K., 1998. Method for Inducing Stress Tolerance in Plant Material, Australia

- Senaratna, T., Merritt, D., Dixon, K., Bunn, E., Touchell, D. ve Sivasithamparam, K., 2003. Benzoic Acid May Act as The Functional Group in Salicylic Acid and Derivatives in The Induction of Multiple Stress Tolerance in Plants. Plant Growth Regulation, 39, 77–81.
- Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, T. ve 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. ve Bezrukova M.V., 1997. Induction of Wheat Resistance Against Environmental Salinization by Salicylic Acid. Biology Bulletin, 24,109-112
- Siegel, S.M., Siegel, B.Z., Massey, J., Lahne, P. ve Chen, J., 1980. Growth of Corn in Saline Waters. Physiol. Plant, 50, 71-73
- Silverman, P., Seskar, M., Kanter, D., Schweizer, P., Metraux, J. P. ve Raskin, I., 1995. Salicylic acid in Rice, Biosynthesis, Conjugation and Possible role. Plant Physiol., 108,633-639.
- Singh, G. ve Kaur, M., 1980. Effect of Growth Regulators on Podding and Yield of Mung Bean (*Vigna radiata* L. Wiiczek). Indian J. Plant Physiol., 23, 366-370.
- Singh, S.P., 1993. Effect of Non-Auxinic Chemicals on Root Formation in Some Ornamental Plant Cuttings. Adv. Hortic. For., 3,207-210
- Singh, B. ve Usha, K., 2003. Salicylic Acid Induced Physiological and Biochemical Changes in Wheat Seedlings under Water Stress. Plant Growth Regul., 39,137–141.
- Slovik, S., Daeter, W. ve Hartung, W., 1995. Compartmental Distribution and Redistribution of Abscisic acid (ABA) in Root as Influenced by Environmental Changes. A Biomathematical Model. J Exp Bot., 46,881-894
- Srivastava, M.K. ve Dwivedi, U.N., 2000. Delayed Ripening of Banana Fruit by Salicylic Acid. Plant Sci., 158,87-96
- Smillie, R. ve Nott, R., 1982. Plant Physiol., 70, 1049-1054
- Smirnoff, N., 1993. The Role of Active Oxygen in The Response of Plants to Water Deficit and Desiccation. New Phytol., 125,27-58
- Sood, V. ve Nanda. K., 1979. Effect of Gibberellic Acid and Monophenols on The Flowering of *Impatiens Balsamina* in Relation to The Number of Inductive and Non-Inductive Photoperiodic Eyes. Physiol. Plant, 45,250-254

- Spollen, W.G., Le Noble, M.E., Samuel, T.D., Bernstein, N. ve Sharp, R.E., 2000. Abscisic Acid Accumulation Maintains Maize Primary Root Elagation at Low Water Potentials by Restricting Ethylene Production. Plant Physiol., 122,967-976
- Srivastava, T.P., Gupta, S.C., Lal, P., Muralia, P.N. ve Kumar, A., 1998. Effect of Salt Stress on Physiological and Biochem. Parameters of Wheat. Ann. Arid Zone. 27, 197-204.
- Taban, S., Güneş, A., Alpaslan, M. ve Özcan, H., 1999. Değişik Mısır (*Zea mays* L. cvs.) çeşitlerinin Tuz Stresine Duyarlılıkları. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23, Ek Sayı, 3, 625-633,
- Taiz, L. ve Zeiger, E., 1998. Plant Physiology Sunderland,Massachusetts:Sinauer Associates, Inc.
- Tang, C., Cogley, B.T., Mokhtara, S. ve Wilson., C.E., 1993. High pH in the Nutrient Solution Impairs Water Uptake in *Lupinus angustifolius* L. Plant Siol, 155-156,517-519
- Tardieu, F., Katerji, N., Bethenod, O., Zhang, J. ve Davies, W.J., 1991. Maize Stomatal Conductance in the Field: its Relationship wiht Siol and Plant Water Potentials, Mechanical Constraints and Root Messages. Plant Cell Environ., 14,121-126.
- Ternesı, M., Andrade, A.P., Jorrin, J. ve Benlloch, M., 1994. Root Shoot Signaling in Sunflower Plants wiht Confined Root System. Plant Siol., 166,31-36.
- Tarczynski M. C, Jensen R. G. ve Bohnert H. J., 1993. Stress Protection of Transgenic Tobacco by Production of the Osmolyte Mannitol. Science, 259, 508-510
- Trewavas, A.J. ve Jones, H.G., 1991. As assessment of the role of ABA in plant development. In : Davies, W.J., Jones, H.G., eds. Abscisic Acid. Physiology and Biochemistry. Oxford: Bios Scientific, pp 169-188.
- Türkyılmaz, B., Aktaş, L.Y. ve Güven, A., 2005. *Phaseolus vulgaris* L.'de Salisilik asit Uyarımlı Bazı Fizyolojik ve Biyokimyasal Değişimler Fırat Üniv. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17, 319-326
- Van Steveninck, R.F.M., Van Steveninck, M.E., Stelzer, L.R. ve Lauchli, A., 1982. Studies on The Distribution of Na and Cl in Two Species of Lupin Differing in Salt Tolerance. Physitol. Plant, 56, 465-473,
- Vural, H., Eşiyok, D. ve Duman, İ., 2000. Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü. Bornova, İZMİR
- Walker, M.A. ve Dumbroff, E.B., 1981. Effect of Salt Stres on Abscisic Acid and Cytokinin Levels in Tomato. Z Pflanzenphysiol. 101,401-407

- Wang, H., Qi, Q., Schorr, P., Cutler, A. J., Crosby, W.L. ve Fowke, L.C., 1998. ICK1, Acyclin-Dependent Protein Kinase Inhibition from *Arabidopsis Thaliana* Interacts with both Cdc2a and CycD3, and its Expression is Induced by Abscisic Acid. Plant J., 15,501-510
- Whitaker, T.W. ve Robinson, R.W., 1986. Squash breeding. In: Breeding Vegetables Crops (ed: Basset, J.M.). The AVI Publishing Company, Connecticut., 209–242.
- Wild, A., 1988. Russells Soil Conditions and Plant Growth. 11 th ed. Harlow:Longman.
- Wolf, O., Jeschke, W.D. ve Hartung, W., 1990. Long Distance Transport of Abscisic Acid in Salt Stressed *Lupinus albus* plants. J Exp Bot., 41,593-600.
- Xiong, L. ve Zhu, J.-K., 2001. Abiotic Stress Signal Transduction in Plants: Molecular and Genetic Perspectives. Physiol. Plant., 112,152-166
- Xiong, L. ve Zhu, J.K., 2003. Regulation of Abscisic acid Biosynthesis. Plant Physiol. 133,29-36
- Yalpani, N., Schulz, M., Davies, M. P. ve Balke, N. E., 1992. Partial Purification of an inducible uridine-5'-diphosphate glucose : Salicylic acid Glucosyltransferase from oat roots. Plant Physiol., 100, 457-463.
- Zholkevich, V.N. ve Pustovoytova T.N, 1993. The Role of *Cucumis sativum* L. leaves and Content of Phytohormones under Soil Drought. Russ. J. Of Physiol., 40,676-680
- Zhong, W., Hartung, W., Komor, E. ve Schbert, C.H., 1996. Phloem Transport of Abscisic Acid in *Ricinus communis* L. seedlings. Plant Cell Environ., 19,471-477.
- Zhu, J.K., Hasegawa P.M. ve Bressan, R.A., 1997. Molecular aspects of osmotic stress in plants. Crit. Rev. Plant Sci., 16,253-277.
- Zhu, J.K., 2001a. Plant Salt Tolerance . Trends Plant Sci., 6,66-71
- Zhu, J.K., 2001b. Cell Signaling Under Salt Water and Cold Stresses. Curr. Opinion Plant Biol. 4:401-406.
- Zhu, J.K., 2002. Salt and Drought Stress Signal Transduction in Plants. Annu . Rev.Plant Biol., 53,247-273

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Tarsus' da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Trabzon'da tamamladı. 2001-2002 eğitim öğretim yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü' nü kazandı ve 2005-2006 öğretim yılında mezun oldu. 2006 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı' nda yüksek lisans öğrenimine başladı. Yabancı dili İngilizce'dir.

