

**İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

***Glycine max* (L.) Mer. BİTKİSİNİN TUZA DUYARLI VE DİRENÇLİ
ÇEŞİTLERİNDE ASETİLSALİSİLİK ASİT VE METİL JASMONATIN
METABOLİK VE FİZYOLOJİK ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

DOKTORA TEZİ

Dilek GÖRNAZ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Emel YİĞİT
Eş-Danışman: Doç. Dr. Nihal GÖREN SAĞLAM**

OCAK 2022

T.C
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Glycine max (L.) Mer. BİTKİSİNİN TUZA DUYARLI VE DİRENÇLİ
ÇEŞİTLERİNDE ASETİLSALİSİLİK ASİT VE METİL JASMONATIN
METABOLİK VE FİZYOLOJİK ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

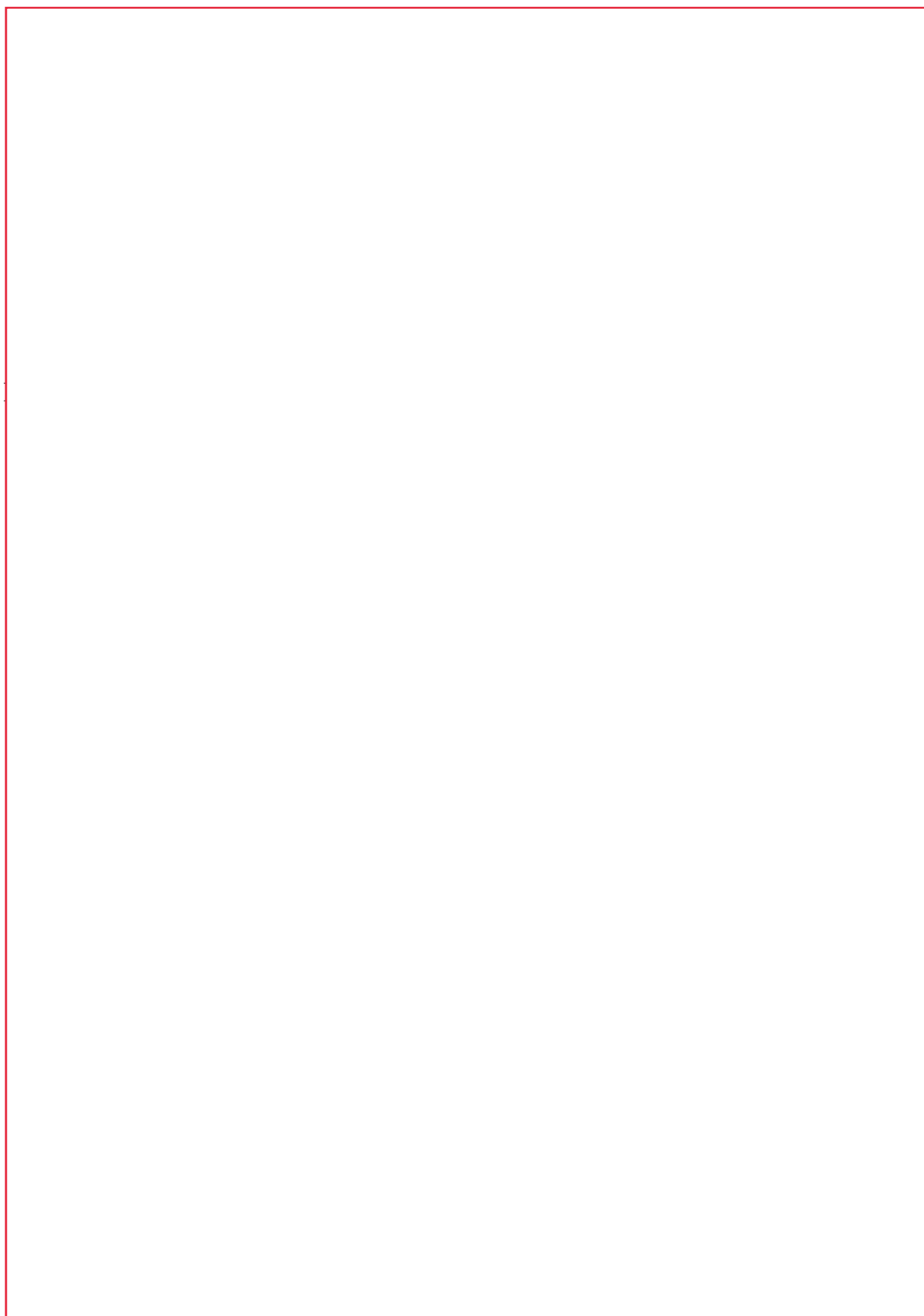
DOKTORA TEZİ

Dilek GÖRNAZ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Emel YİĞİT
Eş-Danışman: Doç. Dr. Nihal GÖREN SAĞLAM

OCAK 2022



TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının her aşamasında yardım, öneri, bilgi, tecrübe ve desteklerini esirgemedi beni her konuda yönlendiren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Emel YİĞİT'e yürekten saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez izleme süresince değerli bilgilerini benimle paylaşan tez izleme komitesi hocalarım Sayın Prof. Dr. Füsun YÜREKLİ'ye ve Sayın Doç. Dr. A. Şebnem ERENLER'e,

Bu çalışmanın tamamlanmasında her konuda yardımını, desteğini almanın yanında anlayışı, içtenliği ve verdiği pozitif enerjisi için Sayın Doç. Dr. Nihal GÖREN SAĞLAM'a

Çalışmalarım esnasında benden desteğini esirgemeyen ve her zaman varlığını kalbimde hissettiğim değerli hocam Sayın Doç. Dr. Gülçin BEKER AKBULUT'a,

Laboratuvar imkanlarından yararlanmama izin veren Sayın Prof. Dr. Burhan ATEŞ'e ve Sayın Doç Dr. Ahmet ULU'ya,

Doktora tez çalışmalarımın büyük çoğunluğunu laboratuvarlarında yürütmeme imkan tanıyan İstanbul Üniversitesi Botanik Ana Bilim Dalı Ekibine,

Tüm hayatım boyunca olduğu gibi tez çalışmalarım süresince her türlü desteklerini hissettiren aileme, anlayışı, sabrı, yüreklendirmeleri ve yardımları için sevgili eşim Ali GÖRNAZ'a ve varlığı huzur veren canım kızım Derinime,

Tezin uygulama aşamasında vermiş oldukları maddi destekten dolayı, İnönü Üniversitesi BAP birimine (FDK-2018-923)

teşekkür ederim.

ONUR SÖZÜ

Doktora tezi olarak sunduğum “*Glycine max* (L.) Mer. Bitkisinin Tuza Duyarlı ve Dirençli Çeşitlerinde Asetilsalisilik Asit ve Metil Jasmonatın Metabolik ve Fizyolojik Etkilerinin Araştırılması” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığına ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Dilek GÖRNAZ



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ	i
ONUR SÖZÜ	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.i
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.iii
SEMBOLLER VE KISALTMALAR	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.x
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
1.1. Genel Bilgi	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
1.1.1. Osmotik ayarlama	2
1.1.2. İyon toksisitesi	3
1.1.3. Besin eksikliği.....	4
1.1.4. ROT ve oksidatif stres.....	5
1.2. Jasmonik Asit	9
1.2.1. MeJA'nın biyosentez mekanizması	11
1.3. Salisilik Asit	13
1.3.1. SA'nın biyosentez mekanizması	15
1.4. Absisik Asit	18
1.4.1. ABA'nın biyosentez mekanizması.....	19
1.5. Antioksidan Sistem.....	20
1.5.1. Enzimatik olmayan antioksidanlar	21
1.5.1.1. Askorbik asit (vitamin C)	21
1.5.1.2. Tokoferoller (vitamin E).....	22
1.5.1.3. Karotenoidler	22
1.5.1.4. Glutasyon	23
1.5.1.5. Fenolik bileşikler	24
1.5.2. Enzimatik antioksidanlar	26
1.5.2.1. Süperoksit dismutaz.....	26
1.5.2.2. Askorbat peroksidaz	27
1.5.2.3. Katalaz	29
1.5.2.4. Glutasyon peroksidaz	30
1.5.2.5 Glutasyon redüktaz	31
1.5.2.6. Peroksidaz.....	32
1.5.2.7. Glutasyon S-transferaz	33
1.6. Lipid Peroksidasyonu	33
1.7. Tuz Stresinin Bitki Oksidatif Stresine Etkisi	34
1.8. Prolin	36
1.9. Pigment Sistemi.....	37
1.10. Tuzluluğun Yaprak Alanı ve Ölü Hücre Üzerine Etkileri.....	39
1.11. <i>Glycine max</i> L. (Soya Fasülyesi).....	40
1.11.1. <i>Glycine max</i> bitkisinin yetiştirilmesi.....	41
2. KAYNAK ÖZETLERİ	43
3. MATERYAL VE YÖNTEM	53
3.1. Süperoksit Dismutaz Aktivitesi Tayini	56
3.2. Askorbat Peroksidaz Aktivitesi Tayini.....	57
3.3. Katalaz Aktivitesi Tayini.....	57
3.4. Glutasyon Peroksidaz Aktivitesi Tayini	57
3.5. Glutasyon Redüktaz Aktivitesi Tayini.....	57

3.6. Peroksidaz Tayini.....	58
3.7. Glutasyon S-transferaz Aktivitesi Tayini	58
3.8. Glutasyon Miktarı Tayini	58
3.9. Protein Miktarı Tayini.....	58
3.10. Prolin Analizi	59
3.11. Lipid Peroksidasyonu Analizi	59
3.12. Yaprak Alanı Ölçümü	59
3.13. Pigment Analizi.....	59
3.14. Total Fenolik Tayini.....	60
3.15. Ölü Hücre Yüzdesi.....	60
3.16. Yaş ve Kuru Ağırlık Tayini.....	60
3.17. Hormon Analizi.....	61
3.18. Salisilik Asit İçin HPLC Standart Grafiği.....	61
3.19. Jasmonik Asit İçin HPLC Standart Grafiği.....	62
3.20. Absisik Asit İçin HPLC Standart Grafiği.....	63
3.21. İstatistiksel Analizler.....	63
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	64
4.1. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de SOD Enzim Aktivitesi Değişimi	64
4.2. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de APX Enzim Aktivitesi Değişimi	66
4.3. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de CAT Enzim Aktivitesi Değişimi	67
4.4. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de GPX Enzim Aktivitesi Değişimi	68
4.5. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de GR Enzim Aktivitesi Değişimi	69
4.6. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de POD Enzim Aktivitesi Değişimi	70
4.7. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de GST Enzim Aktivitesi Değişimi	71
4.8. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de GSH İçeriği Değişimi.....	72
4.9. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de Toplam Protein Miktarı Değişimi	73
4.10. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de Prolin İçeriği Değişimi	74
4.11. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de MDA İçeriği Değişimi	75

4.12. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de Yaprak Alanı Değişimi.....	76
4.13. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de Fotosentetik Pigment Analizi	77
4.14. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de Fenolik Madde İçeriği Değişimi.....	82
4.15. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de Ölü Hücre Yüzdesi Değişimi.....	83
4.16. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal Yapraklarında Yaş ve Kuru Ağırlık Tayini	84
4.17. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de İçsel SA Miktarı	86
4.18. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de MeJA Miktarı	87
4.19. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de İçsel ABA Miktarı	88
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	89
5.1. <i>Glycine max</i> cv. Asya ve <i>Glycine max</i> cv. Agroyal'de Antioksidan Enzim Aktivitelerindeki Değişimler	91
5.2. <i>Glycine max</i> cv. Asya ve <i>Glycine max</i> cv. Agroyal Bitkilerinde GSH Değişimi	100
5.3. <i>Glycine max</i> cv. Asya ve <i>Glycine max</i> cv. Agroyal Bitkilerinde Toplam Protein Değişimi.....	101
5.4. <i>Glycine max</i> cv. Asya ve <i>Glycine max</i> cv. Agroyal Bitkilerinde Prolin Değişimi	102
5.5. <i>Glycine max</i> cv. Asya ve <i>Glycine max</i> cv. Agroyal Bitkilerinde MDA Değişimi	104
5.6. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve <i>Glycine max</i> cv. Agroyal Bitkilerinin Yapraklarında Büyüme Kriterlerindeki Değişimler...	105
5.7. <i>Glycine max</i> cv. Asya ve <i>Glycine max</i> cv. Agroyal Bitkilerinde Toplam Fenol İçeriğindeki Değişim	109
5.8. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve <i>Glycine max</i> cv. Agroyal Bitkilerinin Yapraklarında İçsel SA, MeJA ve ABA Değişimi	113
6. KAYNAKLAR.....	118
EKLER	165
ÖZGEÇMİŞ	187

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 :	Hoagland kültür çözeltisinin bileşimi.....	54
Çizelge 4.1 :	Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de SOD enzim aktivitesi değişimi.....	65
Çizelge 4.2 :	Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de APX enzim aktivitesi değişimi.....	66
Çizelge 4.3 :	Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de CAT enzim aktivitesi değişimi.....	67
Çizelge 4.4 :	Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de GPX enzim aktivitesi değişimi.....	68
Çizelge 4.5 :	Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de GR enzim aktivitesi değişimi.....	69
Çizelge 4.6 :	Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de POD enzim aktivitesi değişimi.....	70
Çizelge 4.7 :	Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de GST enzim aktivitesi değişimi.....	71
Çizelge 4.8 :	Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de GSH içeriği değişimi.....	72
Çizelge 4.9 :	Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de toplam protein miktarı değişimi.....	73
Çizelge 4.10 :	Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de prolin içeriği değişimi.....	74
Çizelge 4.11 :	Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de MDA içeriği değişimi.....	75
Çizelge 4.12 :	Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de yaprak alanı değişimi.....	76
Çizelge 4.13 :	Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de Kl a miktarı değişimi.....	77
Çizelge 4.14 :	Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de Kl b miktarı değişimi.....	78
Çizelge 4.15 :	Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de Kl c miktarı değişimi.....	79

Çizelge 4.16 :	Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de toplam Kİ miktarı değişimi.....	80
Çizelge 4.17 :	Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de karotenoid içeriği değişimi.....	81
Çizelge 4.18 :	Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de fenolik madde içeriği değişimi.....	82
Çizelge 4.19 :	Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de ölü hücre yüzdesi değişimi.....	83
Çizelge 4.20 :	Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de yaş ağırlık değişimi.....	84
Çizelge 4.21 :	Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de kuru ağırlık değişimi.....	85
Çizelge 4.22 :	Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de içsel SA miktarı değişimi.....	86
Çizelge 4.23 :	Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de içsel MeJA miktarı değişimi.....	87
Çizelge 4.24 :	Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan <i>Glycine max</i> cv. Asya ve cv. Agroyal'de içsel ABA miktarı değişimi.....	88

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 :	AOS (antioksidan sistem) ve ROT (reaktif oksijen türleri) arasındaki denge.....	6
Şekil 1.2 :	Gelişimsel ve çevresel streslere cevap olarak jasmonatların sentezi.....	9
Şekil 1.3 :	Jasmonat biyosentez yolu.....	12
Şekil 1.4 :	SA sentezi ve metabolizması için sunulan yollar.....	17
Şekil 1.5 :	ABA biyosentezi ve katabolizması.....	20
Şekil 1.6 :	Bitkilerde bulunan bazı fenolik bileşikler.....	25
Şekil 1.7 :	SOD izozimlerinin bitki hücrelerinde bulunduğu yerler.....	27
Şekil 1.8 :	Abiyotik strese maruz kalan bitkilerin kloroplastlarında ROT üretimi ve süpürme işleminde APX'in rolü.....	28
Şekil 1.9 :	Abiyotik strese maruz kalan bitkilerde ROT'un temizlenmesinde CAT'ın rolü.....	30
Şekil 3.1 :	Çimlenme öncesi ASA ve MeJA, çimlenme sonrası tuz stresi uygulanmış <i>Glycine max</i> cv. Asya bitkileri.....	55
Şekil 3.2 :	Çimlenme öncesi ASA ve MeJA, çimlenme sonrası tuz stresi uygulanmış <i>Glycine max</i> cv. Agroyal bitkileri.....	56
Şekil 3.3 :	SA'nın alıkonma zamanı.....	61
Şekil 3.4 :	MeJA'nın alıkonma zamanı.....	62
Şekil 3.5 :	ABA'nın alıkonma zamanı.....	63

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

Na ⁺	:	Sodyum iyonu
Ca ²⁺	:	Kalsiyum iyonu
Mg ²⁺	:	Magnezyum iyonu
Cl ⁻	:	Klor iyonu
SO ₄ ²⁻	:	Sülfat
HCO ₃ ⁻	:	Bikarbonat
Mn ²⁺	:	Mangan iyonu
K ⁺	:	Potasyum iyonu
O ₂ ⁻	:	Süperoksit anyonu
·OH	:	Hidroksil radikali
¹ O ₂	:	Singlet oksijen
H ₂ O ₂	:	Hidrojen peroksit
AOS	:	Antioksidan sistem
ROT	:	Reaktif oksijen türleri
SOD	:	Süperoksit dismutaz
CAT	:	Katalaz
APX	:	Askorbat peroksidaz
POD	:	Peroksidaz
GR	:	Glutasyon redüktaz
GPX	:	Glutasyon peroksidaz
GST	:	Glutasyon S-transferaz
JA	:	Jasmonik asit
MeJA	:	Metil jasmonat
SA	:	Salisilik asit
ASA	:	Asetilsalisilik asit
ABA	:	Absisik asit
GSH	:	Glutasyon
AsA	:	Askorbik asit
GSSG	:	Okside glutasyon
Kl a	:	Klorofil a
Kl b	:	Klorofil b
Kl c	:	Klorofil c
MDA	:	Malondialdehit
PCD	:	Programlanmış hücre ölümü
NaCl	:	Sodyum klorür
EC	:	Elektriksel iletkenlik

ÖZET

Doktora Tezi

Glycine max (L.) Mer. Bitkisinin Tuza Duyarlı ve Dirençli Çeşitlerinde Asetilsalisilik Asit ve Metil Jasmonatın Metabolik ve Fizyolojik Etkilerinin Araştırılması

Dilek GÖRNAZ

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

187+XI sayfa

2022

Danışman: Prof. Dr. Emel YİĞİT
Eş-Danışman: Doç. Dr. Nihal GÖREN SAĞLAM

Günümüzde tuz stresi, dünya genelinde ekilebilir alanların kısıtlı kullanılmasına neden olan en önemli stres faktörlerinden biridir. Bu nedenle araştırmamızda; savunma sisteminin uyarılmasında etkili bitki büyüme düzenleyicilerinden asetil salisilik asit (ASA) ve metil jasmonik asit (MeJA)'ın *Glycine max* cv. (Soya) Asya (duyarlı) ve *Glycine max* cv. Agroyal (dirençli) bitkilerinde, tuz stresi üzerine etkileri araştırıldı.

Araştırmamızda, genel olarak ASA ve MeJA'nın antioksidan sistemi uyarma ya da oksidatif hasarı azaltma şeklinde önemli cevaplar oluşturduğu saptandı. Asya ve Agroyal çeşitlerinde ASA ve NaCl ile MeJA ve NaCl uygulanan grupların tümünde; sadece tuz stresi uygulanan gruplara göre daha düşük MDA aktivitesi belirlendi. Tuz stresinin artmasına bağlı olarak fenolik madde miktarı artarken; ASA ve MeJA uygulanan gruplarda, sadece tuz stresine maruz bırakılan gruplara göre fenolik madde miktarının daha düşük olması, ASA ve MeJA'nın oksidatif hasarı engellemekte olduğunu kanıtladı. Ayrıca ASA ve MeJA'nın karotenoid sentezi üzerindeki etkisi de önemli bulundu. Agroyal çeşidinde Asya çeşidine göre daha yüksek bulunan yağ ağırlık, tuz stresine karşı direnç mekanizmasıyla ilişkilendirildi. Asya çeşidinde, kontrole göre MeJA uygulamalarının kuru ağırlığı artırması büyüme ve gelişme kriterleri içerisinde, ASA ve MeJA'nın tuz stresine karşı olumlu bir yanıt oluşturduğunu göstermektedir.

İncelenen içsel hormonlar arasında en yüksek birikimin, Absisik Asit (ABA)'da görülmesi ve ASA ve MeJA uygulanan grupların içsel ABA miktarını artırması, ASA ve MeJA'nın sistemik kazanılmış direnç mekanizmasını uyararak, savunma sistemi üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Tuz stresi üzerine ASA ve MeJA'nın etkileri, geniş kapsamlı parametreler ile değerlendirilmiş olup, ASA ve MeJA'nın tuz stresi ile mücadelede etkili oldukları ve burada elde edilen bilgiler ışığında, ileride yapılacak araştırmalar için önemli bir kaynak olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Glycine max*, Tuz stresi, Asetil Salisilik Asit, Metil Jasmonik Asit, Absisik asit, Antioksidan sistem, Pigment sistemi, Prolin

ABSTRACT

Phd. Thesis

A study in to the Metabolic and Physiological Effects of Acetylsalicylic Acid and Methyl Jasmonate on Salt Sensitive and Resistant Varieties of Plant *Glycine max* (L.) Mer.

Dilek GÖRNAZ

Inonu University
Graduate School of Nature and Applied Sciences
Department of Biology

187+XI page

2022

Supervisor: Prof. Dr.Emel YİĞİT
Co- Supervisor: Associate Professor Nihal GÖREN SAĞLAM

Currently, salt stress is one of the most important stress factors that cause the limited use of arable land worldwide. In order to contribute to the efforts in counteracting salt stress; the effects of plant growth regulators, acetyl salicylic acid (ASA) and methyl jasmonic acid (MeJA), which are effective in stimulating the defense system, on the salt stress of *Glycine max* cv. (soybean) Asia (sensitive) and *Glycine max* cv. agroyal (resistant) plants were investigated.

In our research, it has generally been established that ASA and MeJA produce important responses in the form of stimulating the antioxidant system or reducing oxidative damage. In the Asia and Agroyal cultivars, in all of the groups to which ASA and NaCl and MeJA and NaCl were applied; the MDA activity was found to be lower than the only salt stress exposed groups. While the amount of phenolic substances increased due to the increase in salt stress; the fact that the amount of phenolic substances were lower in the groups exposed to ASA and MeJA compared to the groups only exposed to salt stress, prove that ASA and MeJA prevent oxidative damage. In addition, the effect of ASA and MeJA on carotenoid synthesis was also found to be significant. The wet weight, which is higher in the Agroyal variety than in the Asian variety, was found to be related with the resistance mechanism to salt stress. In the Asian cultivar, the increase in the dry weight of MeJA applications compared to the control indicate that ASA and MeJA induced a positive response to salt stress within the growth and development criteria.

Absciscic Acid (ABA) had the highest accumulation among the examined endogenous hormones and the ASA and MeJA administered groups increased the amount of their endogenous ABA. These findings indicate that ASA and MeJA, via the stimulation of the systemic acquired resistance mechanism, are effective on the defense system. We have evaluated the effects of ASA and MeJA on salt stress with wide-ranging parameters, have found ASA and MeJA to be effective in counteracting salt stress and in light of the information in this study, believe them to be an important resource for future research.

Keywords: *Glycine max*, Salt stress, Acetyl salicylic acid, Methyl jasmonic Acid, Absciscic acid, Antioxidant system, Pigment system, Proline

1. GİRİŞ

1.1. Genel Bilgi

Bir yerde, canlı yaşamı üzerinde etkili olan faktörlerin tümüne birden ortam denir. Bütün canlılar, yaşamlarını sürdürebilmeleri için uygun bir ortama ihtiyaç duyarlar. Canlıların yaşam süreleri boyunca etkinliklerini sürdürdüğü, canlı ve cansız nesnelerden oluşan ortama çevre denir. Tüm canlı organizmalar yaşadıkları çevre ile sürekli etkileşim halinde bulunurlar. Dünyanın farklı bölgelerine yayılan bitkiler, çevreleriyle sürekli ilişki ve denge halindedir (Kılınç ve Kutbay, 2008).

Bitkilerdeki stres; bitkilerin morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal işlevlerinin engellenmesine yol açan, büyüme ve gelişmelerini olumsuz etkileyen biyotik ve abiyotik streslerin bütünü olarak tanımlanmaktadır (Alam, 1999; Fahad ve diğ, 2015; Fahad ve diğ, 2017; Gull ve diğ, 2019; Roy ve Chowdhury, 2020). Biyotik stres faktörleri; zararlı böcekler, hastalıklar, yabancı ot vb. olabileceği gibi, abiyotik stres faktörleri de; toprak tuzluluğu, radyasyon, aşırı sulama, yüksek sıcaklık, organik ve inorganik kirleticiler vb. olabilir (Fahad ve diğ, 2013; Shah ve diğ, 2014; Khan ve diğ, 2017; Yang ve diğ, 2017; Zia ve diğ, 2017; Akram ve diğ, 2018; Fahad ve diğ, 2018; Fahad ve diğ, 2019; Gull ve diğ, 2019). Farklı stres faktörleri tek başına veya kombine halde hareket edebilmekte dolayısıyla, dünya çapında ürün verimini ve gıda güvenliğini sınırlayabilmektedir (Roy ve Chowdhury, 2020). Tuzdan etkilenen topraklar, bitkilerde strese neden olan en büyük çevresel abiyotik stres faktörlerinden biridir. Bu alanlar, dünya genelinde ekili alanların % 20'sinden fazlasını kaplamaktadır (Khan ve diğ, 2001; Etesami ve diğ, 2019; Roy ve Chowdhury, 2020).

Topraktaki yüksek tuz konsantrasyonu bitki büyümesini, genel gelişimini ve ürün verimini olumsuz yönde etkilemektedir. Doğal nedenlerin yanı sıra insan faaliyetlerinin bir sonucu olarak, daha önceden verimli olan tarım arazilerinin aşırı tuzlanması, tuz stresi sorununu daha ciddi boyuta taşımıştır (Roy ve Chowdhury, 2020). Doğadaki tuz stresi, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde en büyük streslerden biridir. Bu da bitki büyüme ve verimliliğini ciddi şekilde sınırlamaktadır (Allakhverdi ve diğ, 2000; Koca ve diğ, 2007; Parvaiz ve Satyawati, 2008). Bitkiler, yüksek tuzlu ortamlarda gelişme kapasitesine göre; glikofitler ve halofitler olarak sınıflandırılır. Bitkilerin çoğu glikofit olup, tuz stresini tolere edemez (Sairam ve Tyagi, 2004; Parvaiz ve Satyawati, 2008). Bitkiler tuz stresine maruz kaldığında ilk olarak; fotosentez, protein sentezi, enerji ve lipid metabolizması gibi metabolik olaylar etkilenir. Morfolojik olarak

gözlenen ilk cevap ise yaprak yüzeyindeki büyümenin sınırlanmasıdır. Stresin artmasını takiben büyüme durmakta, stres azaldığında ise devam etmektedir (Parvaiz ve Satyawati, 2008).

Aynı zamanda tuz stresi ve kuraklık, fotosentez üzerindeki olumsuz etkisi ile (Munns, 2006) ciddi ürün kaybına neden olmaktadır (Rengasamy, 2010; Liang, 2018). Tuz stresine bağlı olarak tohum çimlenmesi, kök gelişimi, sürgün gelişimi ve meyve verimi de baskılanmaktadır (Flowers, 2004; Godfray ve diğ., 2010; Tester ve Langridge, 2010; Agarwal ve diğ., 2013; Golldack ve diğ., 2014; Liang ve diğ., 2014; Liang ve diğ., 2018).

Bitki kuraklığının ve tuz adaptasyonunun karmaşık düzenleyici süreçleri, ozmoprotektanların biyosentezi yoluyla su akışının kontrolünü ve hücrel osmotik ayarlamayı içerir (Hasegawa ve diğ., 2000; Flowers, 2004; Munns, 2005; Ashraf ve Akram, 2009; Agarwal ve diğ., 2013; Golldack ve diğ., 2014). Tuzluluğun bitki büyümesi üzerindeki etkileri, esas olarak osmotik stres, iyon toksisitesi, besin eksikliği ve oksidatif stres oluşturmalarıdır (Ayuso-Calles ve diğ., 2021). Osmotik stres, bir bitki tuzlu toprağa maruz kaldığında ortaya çıkan ve anında bitki büyümesini etkileyen ilk strestir. İyon toksisitesi tuz seviyelerinin, iyon dengesinin bozulmasına ve bitki büyümesinin sürdürülemediği bir eşığe ulaştığında ortaya çıkar. İyon toksisitesi ve osmotik stres, oksidatif strese ve bir dizi ikincil strese neden olan birincil streslerdir (Munns ve Tester, 2008; Horie ve diğ., 2011; Liang, 2018).

1.1.1. Osmotik ayarlama

Tuzluluk, kuraklık ve düşük sıcaklık gibi çevresel değişimler, bitkilerde osmotik strese neden olarak bitki verimliliğini büyük ölçüde sınırlandırmaktadır (Lin ve diğ., 2020). Osmotik stres, bitki tuzlu toprağa maruz kaldığında yaşanan ilk stres olup, bitki büyümesini anında etkilemektedir. (Horie ve diğ., 2011; Liang, 2018). Osmotik strese öncelikli cevap, osmotik ayarlamayı gerektirir (Liang, 2018). Osmoregülasyon yani osmotik ayarlama, bitkinin büyüme ve gelişmesinde gerekli olmasının yanı sıra bitkilerin çevresel zorluklarla başa çıkmasını da sağlamaktadır (Lin ve diğ., 2020). Osmotik ayarlama, bitki metabolik aktivitesinin ve dolayısıyla bitki büyümesinin ve üretkenliğinin sürdürülmesini sağlayan, hücre turgorunu sürdürmek için oldukça kritiktir (Sharp ve diğ., 1990; Liang ve diğ., 2018). Bitkiler prolin, çözünür şekerler, glisin, betain ve hücrel seviyedeki osmotik dengeyi düzenleyen diğer osmolitleri sentezler (Kishor ve diğ., 1995; Garg ve diğ., 2002; Taji ve diğ., 2002; Liang, 2018). Tuza dayanıklı türlerde, sitoplazmanın osmotik dengesi organik ve inorganik çözünür maddelerin sentezi ile sağlanmaktadır (Taffouo ve diğ., 2017). Tuz stresi bitkinin su alımını kısıtlamakta, bu da büyümede azalmaya neden olmaktadır. Tuzluluğa bağlı olarak ortaya çıkan

osmotik stresle ilgili hem hücrel hem de metabolik süreçler, kuraklık stresinde de yaygın olarak görülür. Kuraklık stresi yaşayan bir bitkide olduğu gibi, yeni yaprakların üretilme hızı, büyük oranda toprak çözeltisinin su potansiyeli ile bağlantılıdır. Hızla uzayan hücreler, genişleyen vakuollerinde içinde ksileme gelen tuzu barındırabildiğinden, gelişen dokularda büyümeyi engelleyen konsantrasyonlarda birikmez. Yani bitkinin aldığı tuz, yeni yaprakların büyümesini doğrudan engellemez (Munns, 2005; Nawaz ve diğ., 2010). Yaprak ve kök büyüme oranındaki azalmalar ise muhtemelen tuzdan daha çok su stresi ile ilişkili faktörlerden kaynaklanmaktadır (Munns, 2002; Nawaz ve diğ., 2010). Tuz stresi nedeniyle bitki büyümesinin engellenmesi, büyük ölçüde stresin şiddetine bağlıdır. Büyüyen hücrelerin hızlı genişlemesi, tuzun yüksek konsantrasyonlara ulaşmasını önlemeye yardımcı olur. Orta derecede bir osmotik stres, yaprakların ve gövdelerin büyümesinin hızla engellenmesine neden olurken, kökler büyümeye ve uzamaya devam edebilir (Hsiao ve Xu, 2000; Nawaz ve diğ., 2010). Osmotik strese bağlı büyüme inhibisyonunun derecesi, söz konusu belirli doku ve türler için tepkinin zaman ölçeğine ve stres uygulamalarının aniden mi yoksa yavaş mı uygulandığına bağlıdır (Ashraf, 1994; Munns ve diğ., 2000; Nawaz ve diğ., 2010).

1.1.2. İyon toksisitesi

İyon toksisitesi, hücre içindeki tuz konsantrasyon dengesinin bozulması ve hücrel metabolizmanın engellenmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Tuz stresine neden olan katyonlar, çoğunlukla Na^+ , Ca^{2+} ve Mg^{2+} iken, anyonlar ise Cl^- , SO_4^{2-} ve HCO_3^- 'tür. Na^+ hücre zarını kolaylıkla geçebilen, K^+ 'a benzer bir katyon olmakla birlikte metabolik süreçleri etkileyen birçok enzim için inhibitör görevi görmektedir. Kök çevresinde biriken Na^+ iyonları, bitkiler için önemli bir besin olan K^+ 'un hücre içine alımını engellemekte ve dolayısıyla bitki beslenmesini olumsuz etkilemektedir (Safdar ve diğ., 2019). K^+ , bitkide 50'den fazla enzimin çalışmasını düzenleyen oldukça önemli bir besin kaynağıdır (Safdar ve diğ., 2019; Kader, 2010). Bitkilerin yüksek toprak tuzluluğuna tepkileri ve tuza tolerans mekanizmalarının başında, tuz bezleri ile sağlanan iyon dengesi, prolin, glisin, betain, mannitol gibi önemli moleküllerin birikimini sağlayan osmotik sistem gelmektedir. İyonların vakuollerde bölümlere ayrılması, bitkilerin tuz toleransı için genel olarak önerilen bir mekanizmadır. Ancak hücrelerin, vakuoldeki tuzları bölümlere ayırma yeteneğinin aşılmasıyla (Nawaz ve diğ., 2010) bozulan iyon dengesi, reaktif oksijen türlerinin (ROT) üretimine ve sonuç olarak oksidatif strese neden olmaktadır (Taffouo ve diğ., 2017). Tüm bitkiler eşit derecede etkilenmemekle birlikte, odunsu çok yıllık bitkiler buna daha duyarlıdır (Abrol ve diğ., 1988; Nawaz ve diğ., 2010). Bitki tarafından alınan tuz, yaşlı yapraklarda yoğunlaşır; tuzun uzun bir süre boyunca transpirasyon

yapan yapraklara sürekli olarak taşınması sonucunda, aşırı derecede yüksek Na^+ ve Cl^- konsantrasyonları ortaya çıkmakta ve buna bağlı olarak yaprak ölümleri görülmektedir. Hasarın nedeni, muhtemelen hücrelerin vakuoldeki tuzları bölümlere ayırma yeteneğini aşan tuz yükünden kaynaklanmaktadır. Tuzlar daha sonra sitoplazmada hızlı bir şekilde birikmekte ve enzim aktivitesini engellemektedir. Bitkilerde tuza karşı tolerans mekanizmalarını; bitkiye tuz girişini en aza indiren mekanizma ve sitoplazmadaki tuz konsantrasyonunu en aza indiren mekanizma olmak üzere ikiye ayırabiliriz. Kök sitozolik Na^+ konsantrasyonları yaklaşık olarak 10-30 mM arasındadır (Tester ve Davenport, 2003; Nawaz ve diğ, 2010). Cl^- 'nin toksik hale geldiği konsantrasyon daha da az tanımlanmıştır. Kökler, toprak çözeltisinde çözünmüş Na^+ ve Cl^- 'nin çoğunu dışarıda bırakır. Aksi takdirde sürgündeki tuz, zamanla toksik seviyelere kadar kademeli olarak ulaşacaktır. Bitkiler yapraklarında tuttuklarından yaklaşık 50 kat daha fazla suyu transpire ederler (Munns, 2005; Nawaz ve diğ, 2010). Loreto ve Bonghi (1987) tarafından, toplam doku sıvısında 80 mM'den fazla Cl^- konsantrasyonunu ve bitki morfolojisini değiştirdiği, stomaların çevresel değişikliklere daha az duyarlı hale geldiği ve yaprak kalınlığının azalttığı rapor edilmiştir. Cl^- toprak tarafından adsorbe edilmemekte ancak toprak suyu ile kolayca hareket edebilmektedir. Bu yüzden kökler tarafından alınır ve yukarı doğru hareket ederek yaprakta birikir. Toksik Cl^- seviyesi, yaprakların yanmasına veya yaprak dokularının kurumasına neden olur. Bir araştırmada, toksik Cl^- seviyesinden dolayı aşırı yaprak yanmasının erken yaprak dökülmesine yol açtığını ve sonunda bitkinin tüm yapraklarının döküldüğü rapor edilmiştir (Marschner, 1995; Nawaz ve diğ, 2010).

1.1.3. Besin eksikliği

N, P, K^+ , Ca^{2+} , S, Mg ve Fe gibi birçok makro besin ve mikro besin metabolik elementinin bitkilerin gelişimi için mutlaka gerekli olduğu bilinmektedir. Bitkiler bu besinlerden herhangi birinin yokluğunda, yaşam döngülerini tamamlayamaz ve normal fizyolojik işlevlerini yerine getiremezler (Kalaji ve diğ, 2017; Wulandhari ve diğ, 2019). Kök çevresinde yoğun olarak biriken çözünür tuzların neden olduğu osmotik stres, bitkinin temel besin maddelerinin alımını ve kullanımını etkilemekte, ayrıca bitkide toksik iyon birikimine neden olabilmektedir. Bunun bir sonucu olarak, çeşitli enzim aktiviteleri ve dolayısıyla bitki metabolizması olumsuz etkilenir. Na^+ ve Cl^- 'un aşırı birikimi nedeniyle hücrelerde iyonik dengesizlikler oluşmakta, K^+ , Ca^{2+} ve Mn^{2+} gibi diğer mineral besinlerin alımını azalmaktadır. Yüksek miktarda Na^+ birikimi, Na^+ 'un K^+ 'a oranını artırmakta ve enzimlerin inaktive olmasına neden olarak, bitkilerde diğer metabolik süreçleri de etkilemektedir (Booth ve Beardall, 1991; Munns, 2002; Lacerda ve diğ, 2003; Karimi ve diğ, 2005; Nawaz ve diğ, 2010; Wulandhari ve

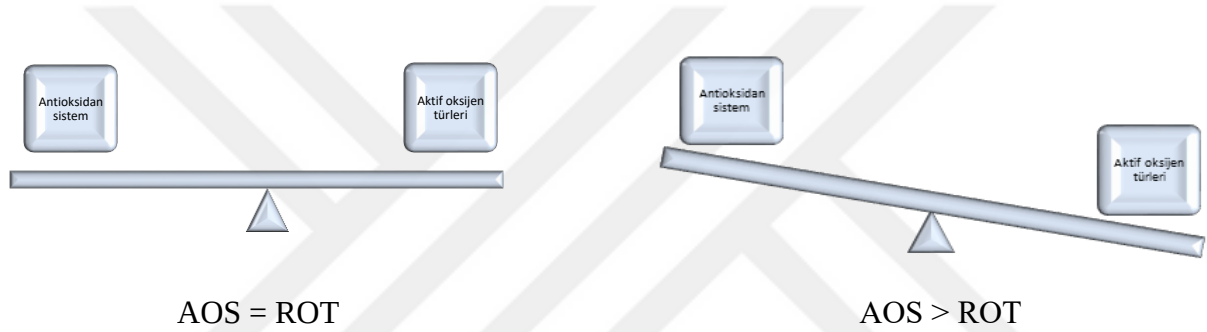
diğ, 2019). Aşırı Na^+ ve Cl^- iyonu birikimi, K^+ 'nin alımını engelleyerek K^+ eksikliğinde meydana gelen semptomların ortaya çıkmasına neden olur. K^+ eksikliği ilk olarak kloroza, ardından nekroza neden olur (Gopa ve Dube, 2003; Nawaz ve diğ, 2010). K^+ , osmoregülasyon, protein sentezi, hücre turgorunun devamı ve fotosentezi başlatmak için gereklidir (Freitas ve diğ, 2001; Ashraf, 2004; Nawaz ve diğ, 2010). Hücre zarlarının bütünlüğünü ve işleyişini korumak için hem K^+ hem de Ca^{2+} gereklidir (Wenxue ve diğ, 2003; Nawaz ve diğ, 2010). Tuz stresi altındaki bitki dokusunda, K^+ 'nın korunmasında, seçici K^+ alımı ve seçici hücresel K^+ ile Na^+ ayırımı ve bunların sürgünlerdeki dağılımında oldukça önemlidir (Munns ve diğ, 2000; Carden ve diğ, 2003; Nawaz ve diğ, 2010). Tuz stresi altında Ca^{2+} alımının ve taşınmasının sürdürülmesi, tuzluluk toleransının önemli bir belirleyicisidir (Soussi ve diğ, 2001; Unno ve diğ, 2002; Nawaz ve diğ, 2010).

Tuz stresi, membranla ilişkili Ca^{2+} 'un Na^+ ile yer değiştirmesi nedeniyle, membran özelliklerini etkileyen kök bölgesindeki $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$ oranını azaltır ve membran bütünlüğünün ve seçiciliğinin bozulmasına neden olur (Kinraide, 1998; Nawaz ve diğ, 2010). Dışarıdan alınan Ca^{2+} 'un, muhtemelen daha yüksek K^+/Na^+ seçiciliğini kolaylaştırarak, tuzluluğun bitkiler üzerindeki olumsuz etkilerini azalttığı belirtilmiştir (Hasegawa ve diğ, 2000; Nawaz ve diğ, 2010). Ca^{2+} ilavesinin bir diğer önemli rolü, uygun organik çözünen madde birikiminin artırılması yolu ile osmotik denge ve büyümedeki etkisidir (Girija ve diğ, 2002; Nawaz ve diğ, 2010).

1.1.4. ROT ve oksidatif stres

Bitkiler de, oksijenli solunum yapan diğer canlılar gibi, enerji üretebilmek için oksijene ihtiyaç duyarlar. Moleküler oksijen (O_2), yaklaşık 2.7 milyar yıl önce fotosentetik canlı faaliyetleri sonucu oluşmuş ve aerobik yaşamın bir parçası olan ROT'ların ortaya çıkmasına neden olmuştur (Halliwell, 2006; Doğru, 2020). Yani, oksijenin varlığı hücresel yapıların ve reaksiyonların devamlı olarak, oksidatif strese maruz kaldığı gerçeğini ortaya koymaktadır (Alscher ve diğ, 1997; Doğru, 2020). Bitki hücrelerinde oksijenin suya tam olarak indirgenemediği durumlar ROT'ların oluşumuna neden olmakta ve oluşan bu ROT'lar; DNA, protein ve lipid gibi birçok makromolekül üzerinde hasara neden olmaktadır (Dat ve diğ, 2000; Doğru, 2020). Oksidatif stres, ROT'un hücresel yapılarda hasar oluşturmasıdır. ROT, kloroplast ve mitokondrideki redoks reaksiyonları sırasında ve bazı stres faktörleri nedeni ile elektronların esas alıcı molekül yerine moleküler oksijene aktarılmasıyla ortaya çıkar. Ağır metal, kuraklık, yüksek ve düşük sıcaklık, mekanik yaralanma, ultraviyole (UV) ışık,

fotoinhibisyona yol açan yüksek ışık yoğunluğu, patojen enfeksiyonu ve hava kirliliği gibi stres faktörleri de ROT oluşumuna ve oksidatif strese neden olmaktadır (Bray ve diğ, 2000; Öncel, 2000; Doğru, 2020). Bu nedenle oksidatif stres, bitkilerde biyotik ve abiyotik stres faktörlerinin etkisiyle ortaya çıkan sekonder bir stres olarak da tanımlanmaktadır (Doğru, 2020). ROT, normal koşullar altında antioksidan savunma mekanizmaları ile zararsız hale getirilmektedir. (Foyer ve Noctor, 2005; Doğru, 2020). Bununla birlikte; tuzluluk, UV radyasyonu, kuraklık, ağır metaller, aşırı yüksek ve düşük sıcaklıklar, besin eksikliği, hava kirliliği, herbisitler ve patojen saldırıları gibi çeşitli biyotik ve abiyotik stres faktörler, ROT'ların oluşum ve detoksifikasyon hızı arasındaki dengeyi bozabilir (Şekil 1.1). Bu durum, hücre içinde hasara neden olan ROT'ların hızla artmasıyla sonuçlanır (Bhattacharjee, 2005; Doğru, 2020).



Şekil 1.1 : AOS (antioksidan sistem) ve ROT (reaktif oksijen türleri) arasındaki denge (Canavar, 2018; Doğru, 2020).

ROT, radikal ve radikal olmayan formlarda olabilir. Süperoksit ve hidroksil radikal formlara; hidrojen peroksit ve singlet oksijen ise radikal olmayanlara formlara örnektir (Nath ve diğ, 2016; Raja ve diğ, 2017; Szpunar Krok, 2020). ROT'ların aşırı üretim ve birikimi, bunları ortadan kaldıran moleküllerin düşük aktivitesinden ve hem biyotik hem de abiyotik stres faktörlerinden kaynaklanmaktadır (Demidchik, 2015; Szpunar Krok, 2020). Bitkilerde, stres koşullarına karşı oluşan moleküler cevap mekanizmaları arasında, ROT oluşumu ve detoksifikasyonu yer almaktadır (Büyük ve diğ, 2012). O₂, aerobik yaşamın varlığı için gerekli olmakla birlikte O₂⁻, ·OH ve H₂O₂ gibi toksik reaktif oksijen türlerinin metabolik süreçler boyunca üretilmesine neden olmaktadır (Foyer ve diğ, 1994; Asada, 1999 Joseph ve Jini, 2010). ROT'un oluşturduğu etki, oksidatif hasar olarak bilinmektedir. Oksidatif hasar, çevresel strese maruz kalan bitkilerde ortaya çıkan, zarar verici büyük bir faktördür. Tuzlu koşullar, bitkilerde ROT üretiminin artmasına neden olur (Greenway ve Munns, 1980; Hasegawa ve diğ, 2000; Joseph ve Jini, 2010). Pirinç, domates, turunçgil gibi birçok bitkide ROT'un neden olduğu membran hasarları, tuzlulukla oluşan hücresel toksisitenin ana nedenlerinden biri olarak

gösterilmiştir (Gueta-Dahan ve diğ, 1997; Dionisio-Sese ve Tobita 1998; Mittova ve diğ, 2004; Joseph ve Jini, 2010). Tuz stresi; nükleik asit, protein ve membran lipidlerine zarar veren ROT'un hücre içinde birikimini uyarır (Hernandez ve diğ, 1993,1999; Mansour ve diğ, 2005; Ben-Amor ve diğ, 2007; Eyidoğan ve Oz, 2007; Joseph ve Jini, 2010). Strese maruz kalan bitkilerdeki hasarın çoğu, hücresel seviyedeki oksidatif zararlar ilişkilidir (Foyer ve Noctor, 2003; Joseph ve Jini, 2010). Oksidatif stres boyunca, ROT'un aşırı birikimi ile ortaya çıkan membran zararı nihayetinde hücre ölümü ile sonuçlanır. Bitkiler, ROT'a karşı kendilerini korumak için enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidanlar içerirler (Blokchina ve diğ, 2003; Joseph ve Jini, 2011). Bitki hücreleri oksidatif stresin etkilerini azaltmak için glutatyon (GSH), askorbat ve karotenoidler gibi düşük molekül ağırlıklı antioksidanlar ile süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX), peroksidaz (POD) ve glutatyon redüktaz (GR) gibi ROT temizleyici enzimleri kapsayan kompleks bir antioksidan sistemi geliştirmişlerdir (Apel ve Hirt, 2004; Joseph ve Jini, 2011). Bununla birlikte, bitkiler yüksek POD aktivitesi ve aktif prolin birikimiyle, SOD enzim aktivitesinden bağımsız olarak 24 saat 100 mM tuz stresine karşı tolerans oluşturduğu rapor edilmiştir (Kartashov ve diğ, 2008; Joseph ve Jini, 2011). Birçok araştırmada, tuza toleranslı türlerin tuz uygulamasına yanıt olarak; antioksidan içeriğini ve antioksidan enzim aktivitesini artırırken tuza duyarlı türlerin bunu başaramadığına işaret edilmiştir (Shalata ve diğ, 2001; Demiral ve Türkan, 2005; Joseph ve Jini, 2011). Tuz stresi süresince ROT üretimi ve birçok antioksidan enzimin aktivitesinin arttığı; pamuk (Desingh ve Kanagaraj, 2007), dut (Sudhakar ve diğ, 2001; Harinasut ve diğ, 2003), buğday (Sairam ve diğ, 2002), domates (Mittova ve diğ, 2002), pirinç (Vaidyanathan ve diğ, 2003), şeker pancarı (Bor ve diğ, 2003) bitkilerinde rapor edilmiştir (Joseph ve Jini, 2011).

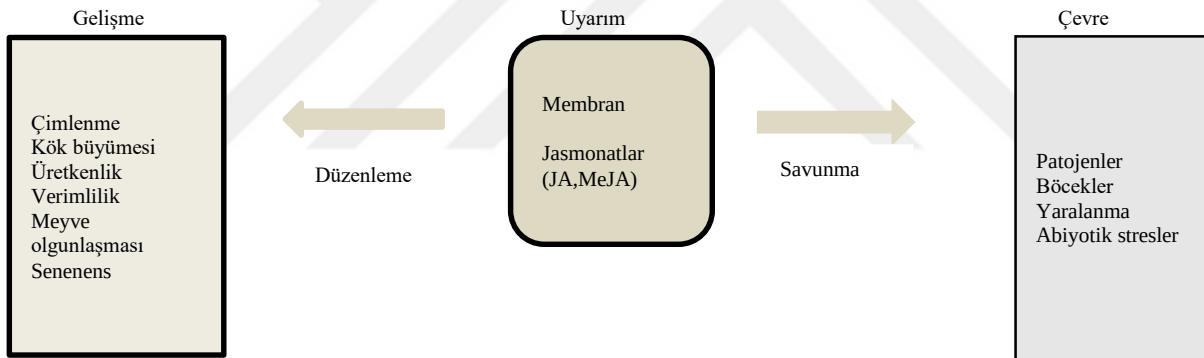
Dünya'da, tarımsal üretimi olumsuz yönde etkileyen tuzluluk, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde, bitki verimini sınırlayan en önemli çevresel stres faktörlerinden biridir (Ashraf ve Harris, 2004; Hussain ve diğ, 2009; Acosta-Motos ve diğ, 2017). Son 20 yılda, özellikle Akdeniz bölgesinde bulunan kurak ve yarı kurak alanlarda sulama ihtiyaçlarının artması nedeni ile durum daha da zorlaşmaktadır (Colla ve diğ, 2010; De Pascale ve diğ, 2011; Munns ve Gilliam, 2015; Acosta-Motos ve diğ, 2016; Cirillo ve diğ, 2016; Acosta-Motos ve diğ, 2017). Dünya çapında 80 milyon hektar ekilebilir arazi, toprak tuzluluğundan etkilenmektedir. Toprak çözeltisinin elektriksel iletkenliği (EC) 4 dS m⁻¹'e ulaştığında (40 mM NaCl'e eşdeğer) yani yaklaşık 0.2 MPa'lık osmotik basınç oluştuğunda, toprak tuzlu olarak kabul edilmektedir (Munns ve Tester, 2008 Acosta-Motos ve diğ, 2017). Tuzluluğun zararlı etkisi; iklim koşullarına, ışık yoğunluğuna, bitki türüne ve toprağın sahip olduğu özelliklere

göre değişmektedir (Tang ve diğ, 2015; Acosta-Motos ve diğ, 2017). Tuzlu ortamlarda, büyüme yeteneklerine göre glikofitler ve halofitler olarak ayrılan bitkilerin tuz stresine tepkileri; toksik iyon alımı, iyonu bölgelere ayırma ya da uzaklaştırma, osmotik düzenleme, CO₂ asimilasyonu, fotosentetik elektron taşınımı, klorofil içeriği ve floresans, ROT üretimi ve antioksidan savunma potansiyelleri açısından farklılık göstermektedir. Bitkilerde tuzluluğa uyum mekanizmalarına, belirli morfolojik ve anatomik değişiklikler eşlik etmektedir. Glikofitlerin çoğu tarımsal ürün bitkisi olup, yüksek tuz seviyelerinde büyümeleri engellenir. Hatta bu bitkilerin 100-200 mM'lık NaCl konsantrasyonlarında büyümeleri tamamen durabilmekte ve bitki ölümüyle sonuçlanabilmektedir. Bu tür bir olay glikofitlerde çok kısa sürede bile kendini gösterebilir. Aksine, halofitlerde tuza direnç mekanizmaları daha iyi geliştiği için yüksek tuz konsantrasyonlarında (300-500 mM) hayatta kalabilirler. Halofitler; vasküler sisteme tuz girişini engelleyerek, tuz salgılayan bezler ve tüyler tarafından tuzları aktif olarak elimine ederek, hücrelerin depolama hacmini tuz alımıyla aşamalı olarak artırarak tuz içeriklerini yeniden düzenleyebilirler (Munns ve Termaat, 1986; Hernandez ve Almansa, 2002; Larcher, 2003; Munns, 2005; Parida ve Das, 2005; Koyro, 2006; Stepien ve Johnson, 2009; Flowers ve Colmer, 2015; Tang ve diğ, 2015; Acosta-Motos ve diğ, 2017).

Bitkiler, sesil organizmalar olduklarından dolayı, stres koşullarına karşı hayatta kalabilmek için içsel düzenleyicilere ihtiyaç duymaktadır (Ryu ve Cho, 2015). Fitohormonlar olarak adlandırılan bitkisel hormonlar, çok düşük konsantrasyonlarda içsel olarak üretilmekte ve proteinleri kodlayan genlerin düzenlenmesinde ve gen ekspresyonunda görev almaktadır. Bitki hormonları, bitkinin stres yanıtlarında ve biyotik veya abiyotik stresler altında bitki gelişiminde rol oynayan içsel sinyal bileşiklerdir (Lalotra ve diğ, 2020). Uzun süredir bitki hormonları, bitki gelişimi ve tuzluluk stresi de dahil olmak üzere çeşitli stres faktörlerine karşı tolerans ve duyarlılığın düzenlenmesinde rol oynadığı bilinmektedir (Rhu ve Cho, 2015). İyi karakterize edilmiş 9 bitki hormonu arasında; ABA, etilen, salisilik asit (SA) ve jasmonik asit (JA) stres yanıt hormonları olarak kabul edilirken; oksin, gibberellin, sitokininler, brassinosteroidler ve strigolaktonlar da dahil olmak üzere diğerleri; büyümeyi teşvik eden hormonlar olarak sınıflandırılmaktadır (Verma ve diğ, 2016; Yu ve diğ, 2020). Birçok araştırma, bitki hormonlarının, bitkilerde tek bir biyolojik rol oynamadığını; farklı çevresel koşullar altında, farklı dokularda ve farklı aşamalarda, karmaşık ve etkili rollere sahip olduğunu göstermektedir (Ku ve diğ, 2018; Cortleven ve diğ, 2019; Yang ve diğ, 2019; Yu ve diğ, 2019; Yu ve diğ, 2020).

1.2. Jasmonik Asit

JA, birçok biyolojik olaya aracılık eden lipit türevli bir hormondur (Kaur ve Sirhindi 2015). MeJA ve JA, jasmonatlar olarak kabul edilir. Tohum çimlenmesi, kök gelişimi, üreme, meyve olgunlaşması ve senesens gibi çeşitli gelişimsel olaylarda yer alan, önemli hücresel düzenleyiciler olarak görev yaparlar (Creelman ve Rao, 2002; Wasternac ve Hause, 2002; Yoon ve diğ, 2009). Bitkisel dokularda JA miktarı farklılık gösterebilmektedir. JA veya MeJA'nın en yüksek seviyeleri, çiçeklerde ve üreme dokularında rapor edilirken, köklerde ve olgun yapraklarda çok daha düşük seviyelerde bulunmaktadır (Creelman ve Mullet, 1995). Jasmonatlar, böcek kaynaklı yaralanma, çeşitli patojenler gibi biyotik stres faktörler ile kuraklık, düşük sıcaklık ve tuzluluk gibi abiyotik stres faktörlerine karşı bitki savunma mekanizmalarını aktive etmektedir (Şekil 1.2) (Wasternack ve Parthier, 1997; Cheong ve Choi, 2003; Ali ve Baek, 2020; Smolen ve diğ, 2020).



Şekil 1.2 : Gelişimsel ve çevresel streslere cevap olarak jasmonatların sentezi (Cheong ve Choi, 2003).

JA, bitkiler aleminde hemen hemen her yerde bulunur (Schaller, 2011; Pirbalouti ve diğ, 2014; Ahmad ve diğ, 2016). MeJA izole etmek için, ilk olarak yasemin yağı (*Jasminum grandiflorum*) kullanılmıştır (Avanci ve diğ, 2010; Ahmad ve diğ, 2016;). Jasmonatların önemli bir üyesi olan JA ise ilk olarak *Lasiodiplodia theobromae* mantar kültüründe izole edilmiştir (Tsukada ve diğ, 2010; Ahmad ve diğ, 2016). Jasmonatlar, etilen, SA, oksin ve ABA gibi diğer fitohormonlarla sinerjistik veya antagonistik olarak etki göstermektedir (Creelman ve Rao, 2002; Wasternack ve Hause, 2002; Cheong ve Choi, 2003).

Bitkiler, stres koşullarından kaçamadıkları için, çevresel streslere karşı farklı biyokimyasal, fizyolojik ve moleküler adaptasyon ve direnç mekanizmalarına sahiptirler. Bu tepkiler; gen ekspresyonu, spesifik proteinlerin biyosentezi, sekonder metabolitlerdeki modifikasyonlar ile antioksidan aktivite ve hormonal sinyal değişimlerini kapsamaktadır (Farhangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani, 2019). Fizyolojik olaylardaki ana mekanizmalardan biri olan moleküler seviyedeki gen ekspresyonu ve fitohormonlar bu olaylarda önemli rol oynar (Farhangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani, 2019; Khan ve diğ., 2019). Fitohormonlar; oksin, giberellin, sitokinin, ABA, JA, SA, etilen ve diğerlerini de içeren doğal moleküllerin bir grubudur (Wani ve diğ., 2016; Ghassemi-Golezani ve Nikpour-Rashidabad, 2017; Farhangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani, 2019). JA ve diğer metabolitler biyotik ve abiyotik strese karşı bitki cevabını düzenleyen önemli bitkisel hormonlar olarak bitki büyüme ve gelişiminde önemli birçok role sahiptir (Dar ve diğ., 2015; Siva ve diğ., 2015; Farhangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani, 2019). Wang ve diğ. (2001), tuz stresine cevapta içsel JA içeriğindeki artışları, *Iris hexagona* yapraklarında rapor etmişlerdir (Farhangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani, 2019). Jasmonatların bitkilerdeki tuz stresinin zararlı etkilerini azalttığına dair bulgular artmaktadır. JA'nın pirinçte biyokütle verimi üzerinde (Kang ve diğ., 2005), tuzun engelleyici etkisini ve *Pisum sativum*'da ise protein sentezi ve karbon fiksasyonu oranları üzerinde (Velitchkova ve Fedina, 1998) tuz toksisitesinin inhibitör etkisini azalttığı saptanmıştır (Farhangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani, 2019). Yoon ve diğ. (2009), soya fasülyesi fidelerinde JA'nın yapraklara püskürtülmesi ile tuz toksisitesi semptomlarının başarılı bir şekilde azaldığını ortaya koymuşlardır (Farhangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani 2019). Ayrıca, tuz stresi altında eksojen JA uygulamasının, antioksidan aktiviteyi artırdığı, lipid peroksidasyonunu azalttığı ve potasyum içeriğini düzenlediği belirtilmiştir (Faghhi ve diğ., 2017; Farhangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani, 2018; Farhangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani, 2019).

Yoon ve diğ. (2009), soya fasülyesinde hidroponik ortamda, büyüme ve gelişme üzerinde NaCl kaynaklı tuz stresini hafifletmede, MeJA'nın rolünü incelemişlerdir. Bu araştırmada, soya fasülyesi fidelerini, 20 ve 30 μ M MeJA uygulamasından 24 saat sonra 2 hafta süreyle 60 mM NaCl stresine maruz bırakmışlardır. NaCl'nin, soya fasülyesinin büyümesi ve endojen hormonlar üzerindeki olumsuz etkilerinin, MeJA uygulamasıyla büyük ölçüde azaldığı ortaya konulmuştur. Ayrıca, MeJA'nın bitki büyümesi, K⁺ içeriği, yaprak fotosentez oranı, yaprak terleme hızı ve prolin içeriği üzerindeki olumsuz etkilerini ortadan kaldırdığı saptanmıştır. JA uygulaması, malondialdehit (MDA) içeriğini azaltarak stres faktörlerinin neden olduğu olumsuz etkilerden membranları korumaktadır (Bandurska ve diğ., 2003; Kaur ve

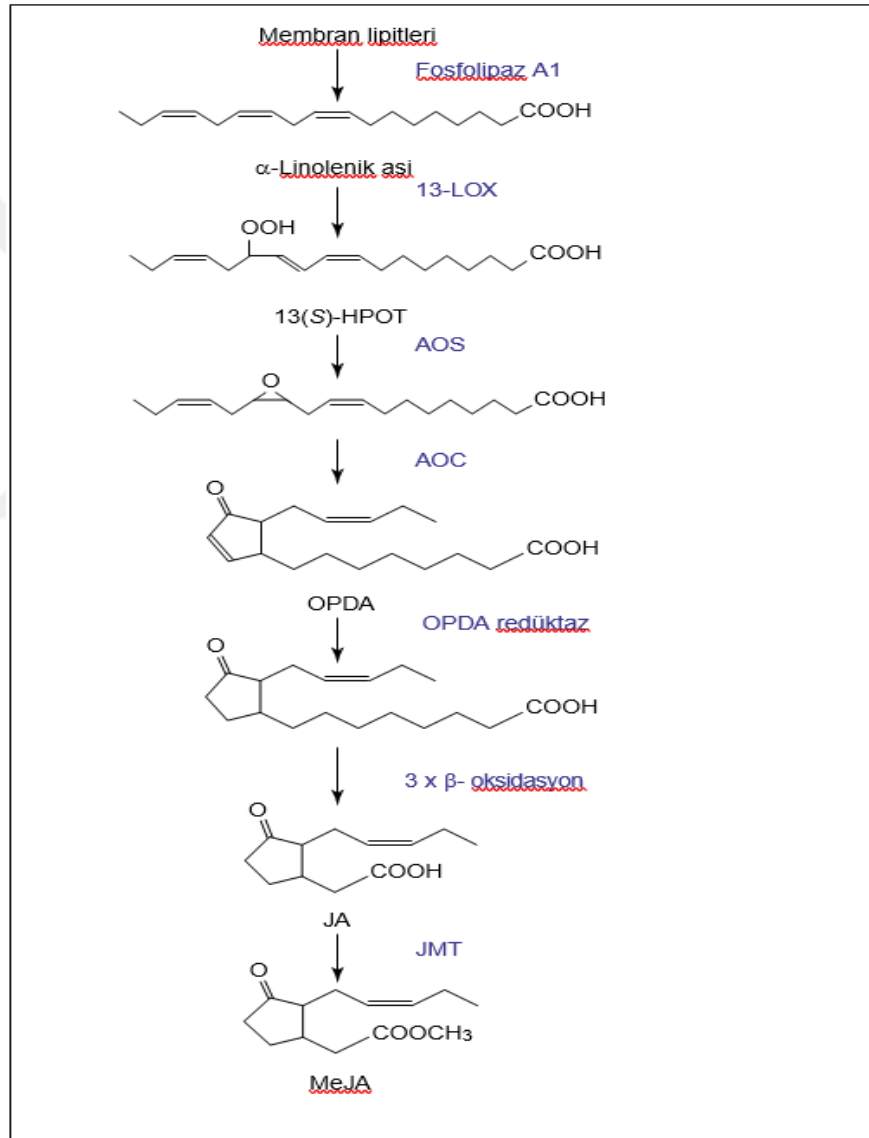
Sirhindi, 2015). Kaur ve Sirhindi (2015), hücre zarının, JA tarafından bu şekilde korunmasının, sodyum klorid gibi herhangi bir stres faktörünün yokluğu veya varlığı ile birlikte, büyük ölçüde doza bağlı olduğunu rapor etmiştir. Bu araştırmada, 180 mM NaCl varlığında lipid peroksidasyonunda %139 ve elektrolit sızıntısında %109 artış saptamışlardır. JA uygulamasının ise MDA içeriğinde, yaklaşık %23 ve elektrolit sızıntısında ise %14 azalmaya neden olduğu rapor edilmiştir (Kaur ve Sirhindi, 2015).

Kaur ve diğ. (2017) *Brassica napus* fidelerinde, JA'nın tuz stresi üzerine etkilerini araştırdıkları bir çalışmada, JA'nın pigment, vitamin ve fide büyümesi üzerindeki etkisinin NaCl stresi altında daha belirgin olduğunu saptamışlardır. Böylece, JA ile muamele edilmiş fidelerin, işlem görmemiş fidelere göre NaCl'den daha az etkilendiği sonucunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca, araştırmacılar JA'nın, *Brassica napus* fidelerinin NaCl stresin toleransını artıran protein birikim seviyelerini indüklediğini rapor etmişlerdir. Tuz stresi altında, JA'nın rolü farklı çalışmalarla da gösterilmiştir. Bir yandan eksojen jasmonatların uygulanması soya fasülyesi (Yoon ve diğ. 2009) ve pirinç bitkisinde (Kang ve diğ. 2005) tuz stresinin neden olduğu hasarı azaltmakta, diğer taraftan domates (Pedranzani ve diğ. 2007) ve pirinç köklerinde (Moons ve diğ. 1997) güçlü tuz stresi altında endojen jasmonatların seviyesindeki artış, jasmonatların birikiminin tuz stresine karşı koruma sağladığını göstermektedir (Riemann ve diğ. 2015). Yine de, yüksek seviyedeki JA ve adaptasyon arasında genel bir ilişki çizmek mümkün değildir. Örneğin, tuzluluk toleranslarında farklılık gösteren iki asma türündeki karşılaştırmada; JA birikiminin hassas *Vitis riparia*'da tuza toleranslı *Vitis rupestris*'e göre daha belirgin olduğu gözlenmiştir (İsmail ve diğ. 2012; İsmail ve diğ. 2014a; Riemann ve diğ. 2015).

1.2.1. MeJA'nın biyosentez mekanizması

Jasmonatlar, bitkilerde oktadekanoid yolu ile sentezlenir (Şekil 1.3). Yapı ve biyosentezindeki antiinflamatuvar prostaglandinler hayvanlara benzerdir (Creelman ve Rao, 2002; Wasternack ve Hause, 2002; Cheong ve Choi, 2003). Belli uyarıcılar, membran lipidlerinden α -linoleik asit (18:3) salınımı için fosfolipazları aktive eder. Linoleik asit, lipoksigenaz (LOX) tarafından 13(S)-hidroksi linoleik asit (13-HPOT)'e oksijenlenir. Daha sonra allen oksit sentaz (AOS) ve allen oksit siklaz (AOC) tarafından 12-okso-fitodienoik asit (OPDA)'e dönüştürülür. JA, indirgeme ve 3 aşamalı beta oksidasyon yoluyla OPDA'dan sentezlenir. Daha sonra uçucu form olan MeJA'ı oluşturmak üzere JA karboksil metil transferaz (JMT) tarafından karboksile edilir (Song ve diğ. 2000; Seo ve diğ. 2001; Cheong ve Choi,

2003). Kloroplast ve peroksizom gibi hücresel organeller, JA biyosentezinin esas yerleri olarak kabul edilir. Fosfolipaz A1 de dahil olmak üzere JA biyosentezinin başlaması için gerekli olan enzimler, kloroplast organelinde tanımlanmıştır (Ishiguro ve diğ, 2001; Cheong ve Choi, 2003). Kloroplastlarda sentezlenen OPDA'nın, JA üretmek için indirgendiği ve β -oksidlendiği yer olan peroksizomlara taşındığı genel olarak kabul edilir (Stintzi ve Browse, 2000; Cheong ve Choi, 2003). Ayrıca JMT, immüno lokalizasyon deneylerinde de belirlendiği gibi sitoplazmada bulunur (Song ve diğ, 2000; Cheong ve Choi, 2003).



Şekil 1.3 : Jasmonat biyosentez yolu (Cheong ve Choi, 2003).

1.3. Salisilik Asit

SA, bitkide büyüme ve gelişmenin düzenlenmesinde, biyotik ve abiyotik strese karşı savunma mekanizmasının aktivasyonunda rol oynayan önemli bir bitki büyüme düzenleyicisidir (Raskin, 1992). Aslında, salisilatlar olarak bilinen SA ve türevleri, binlerce yıldır tıbbi amaçlar için kullanılmıştır. Salisilatlar tanımlanmadan çok uzun zaman önce, *Salix* (söğüt), *Filipendula* (erkeç sakalı) ve *Populus* (kavak) bitkilerinin yaprak ve kabuk gibi kısımları, salisilatlar açısından zengin olduklarından dolayı yüzyıllardır terapötik etkileri için kullanılmışlardır (Klessig ve diğ., 2018). Johann Buchner isimli araştırmacı 1828’de, söğüt ağacı kabuklarından salisin izole etmeyi başarmıştır. *Salix* (söğüt) ağacından adını alan SA ismi ise ilk kez 1838’de Rafaele Piria adlı araştırmacı tarafından kullanılmıştır. SA’nın ticari olarak üretimi ise ilk kez ‘Aspirin’ adıyla Almanya’da gerçekleştirilmiştir (Algül ve diğ., 2016).

SA, bitkiler tarafından sentezlenen bir veya daha fazla hidroksil grubu taşıyan, aromatik bir halkadan oluşan, binlerce fenolik bileşikten bir tanesidir (Métraux ve Raskin, 1993; Klessig ve diğ., 2018). Fenolik bileşiklerden bir kısmı; abiyotik streslere karşı bitki savunmasında kritik roller oynarken, bir kısmı ise hücre duvarı yapısal bileşenleri, pigmentler, allelopatik bileşikler veya bitki-mikroorganizma etkileşimlerini etkileyen sinyaller olarak görev alırlar (Raskin, 1992; Métraux ve Raskin, 1993; Dempsey ve diğ., 2011; Klessig ve diğ., 2018).

Çeşitli abiyotik streslere (sıcaklık değişimleri, kuraklık, ağır metal, UV radyasyonu, tuzluluk veya osmotik stres) karşı, toleransı etkileme ve biyotik (patojenle ilişkili) strese karşı direnci indüklemenin yanı sıra, eksojen olarak uygulanan SA, tohum çimlenmesi, vejetatif büyüme, kök başlangıcı ve büyümesi, çiçeklenme, meyve verimi, yaşlanma, stomatal kapanma, termojenez (ısı üretimi), fotosentez, solunum, alternatif solunum yolu, glikoliz ve Krebs döngüsü dahil olmak üzere birçok büyüme ve gelişme olaylarını etkiler (Malamy ve Klessig, 1992; Hayat ve diğ., 2010; Rivas-San Vicente ve Plasencia, 2011; Miura ve Tada, 2014; Khan ve diğ., 2015; Klessig ve diğ., 2018). SA’nın en önemli rollerinden biri de, bitkilerde stres toleransında direnci indükleyen bir sinyal molekülü olarak rol oynamasıdır (Szepesi ve diğ., 2008; Wang ve diğ., 2013; Horvath ve diğ., 2015; Jayakannan ve diğ., 2015; Sourı ve Tohidloo, 2019). SA, bitkilerde esas olarak çevresel stres toleransı ile ilgili endojen bir sinyal molekülü olarak tanınır. Tuzluluk, toprak verimliliğini olumsuz etkileyen ve bitki üretimini sınırlayan ana sorunlardan biridir (Richards, 1954; Kaydan ve diğ., 2007). Bitkiler, abiyotik ve biyotik strese

yanıt olarak proteinler üretmekte ve bu proteinlerin bir çoğu ABA ve SA gibi fitohormonlar tarafından uyarılmaktadır (Hoyos ve Zhang, 2000; Jin ve diğ, 2000; Kaydan vd. 2007).

SA, hem normal hem de stresli koşullar altında, fotosentezin düzenlenmesinde ve kontrolünde rol oynayan esas bitki büyüme düzenleyicilerinden biridir. Habibi (2012), SA uygulamasının arpada büyümeyi, verimi, fotosentez oranını ve ayrıca stoma iletkenliği artırdığını, Sultan ve diğ. (2016), *Cucumis sativus* (salatalık) yaprağına 0.18 mM SA uygulamasının, K1 a ve K1 b miktarını artırdığını ve bunun sonucu olarak da fotosentez oranını artırdığını rapor etmişlerdir. *Solanum tuberosum* (patates)'da, tuz stresi altında uygulanan SA; CAT, SOD ve POD yardımıyla serbest radikalleri ve ROT'u temizleyerek büyük bir etkinlik sağladığı bildirilmiştir (Faried ve diğ, 2017; Arif ve diğ, 2020). SA, tuz stresine maruz kalan *Vicia faba*'nın köklerinde ve yapraklarında CAT, SOD ve POD aktivitesinde artışa neden olduğu bildirilmiştir (Ahmad ve diğ, 2018; Arif ve diğ, 2020). Ayrıca, *Arabidopsis*'de, tuz stresi sırasında SA uygulamasının, SOD, GPX, POD (Horvath ve diğ, 2015a; Arif ve diğ, 2020), APX ve GR aktivitesini artırdığı rapor edilmiştir (Arif ve diğ, 2020).

Bitkilerde, SA biyosentezi için PAL (fenilalanin amonyak liyaz) ve IC (izokromat) yolu olmak üzere iki yol tanımlanmıştır. Yapılan çalışmalarda, bitkilerin ilk olarak PAL yolunu kullandığı düşünülmüştür (Dempsey ve diğ, 2011; Seyfferth ve Tsuda, 2014; Gao ve diğ, 2015; Khan ve diğ, 2015; Klessig ve diğ, 2018). Fenilpropanoid sentezinde ilk enzim olan PAL, fenilalanini trans-sinamik aside (t-CA) dönüştürür. Daha sonra t-CA, bitkinin türüne göre ortokumarik asit veya benzoik asit (BA) ara maddeleri yolu ile SA'ya dönüştürülür. Daha sonraki çalışmalar, birkaç bitki türünde patojenin neden olduğu SA birikiminin, IC yolunu işaret ettiğini göstermiştir (Dempsey ve diğ, 2011; Klessig ve diğ, 2018).

SA, oksidatif streste rolü açısından en çok çalışılan fitohormondur. Çok çeşitli etkileri nedeniyle bitki hücrelerinde ROT'u detoksifiye etmede oldukça etkili olduğu saptanmıştır (Beker, 2003; Kaya ve Yiğit, 2014; Bayram ve diğ, 2015; Yiğit ve diğ, 2016; Akbulut ve diğ, 2018). Janda ve Ruelland (2015)'a göre SA, stres kaynaklı antioksidan sistemin aktivasyonunda, dondurucu soğuk, sıcaklık, ağır metal, osmotik stres ve tuzluluk gibi abiyotik stres faktörlerine karşı toleransı artırdığı belirtilmiştir (Hasanuzzaman ve diğ, 2017). SA'nın *Vigna radiata*'da (maş fasülyesi) tuz stresine karşı toleransı sağlamada, hem fotosentez parametrelerini hem de antioksidan savunma sistemini, önemli ölçüde iyileştirilebileceği gösterilmiştir (Hasanuzzaman ve diğ, 2017; Khan, 2014). *O. sativa* (pirinç)'da eksojen SA uygulaması herbisit maruziyeti altında O₂' ve H₂O₂ içeriğini azaltarak oksidatif hasarı önemli

ölçüde azaltmıştır. *Nitraria tangutorum*'da SA, SOD, POD ve CAT aktivitelerini artırarak tuzun neden olduğu oksidatif stresi azalttığı MDA ve H₂O₂ içeriğinde belirgin bir azalma ile kanıtlanmıştır. 100-400 mM NaCl uygulamasına maruz bırakılan fidelere, 1.5 mM SA ile muamele edildiğinde MDA içeriği, oksidatif stresin azalmasının açık bir işareti olarak kontrole göre; 2.27-3.59 oranında azalmıştır (Liu ve diğ, 2016; Hasanuzzaman ve diğ, 2017). SA'nın eksojen uygulamasının, tuzlu su koşullarında bitki büyümesini ve fotosentetik kapasiteyi artırdığı belirtilmiştir (Khan ve diğ, 2014; Ghassemi-Golezani ve Farhangi-Abriz, 2018). SA'nın iyon sızıntısını ve toksik iyon birikimini önemli ölçüde azalttığı ve böylece çevresel streslerin bazı zararlı etkilerini azalttığı da bildirilmiştir (Shakirova ve diğ, 2003; Hayat ve diğ, 2010; Ghassemi-Golezani ve Farhangi-Abriz, 2018). Ayrıca SA, soya fasulyesi, arpa ve mısır bitkilerinde fotosentetik aktiviteyi artırmıştır (Pancheva ve diğ, 1996; Kumar ve diğ, 2000; Khan ve diğ, 2003; Khodary, 2004; Toksoy Köseoğlu, 2019). Shakirova ve diğ. (2003) SA'nın buğday fiderlerinin tuzluluğa karşı direncini indüklediğini ve tuz stresi altında bitki büyümesini iyileştirdiğini saptamışlardır (Ghassemi-Golezani ve Farhangi-Abriz, 2018).

Bitki metabolizmasındaki tuzluluğun neden olduğu değişiklikler, iyon dengesizliğine ve osmotik strese yanıt olarak ortaya çıkmaktadır (Bray 1997; Bohnert ve diğ, 1995; Borsani ve diğ, 2001). Yüksek NaCl konsantrasyonunda bitki gelişiminde meydana gelen zarardan sorumlu olan osmotik strese, yüksek NaCl konsantrasyonuna maruz kalması neden olmuştur (Smirnoff, 1993; Borsani ve diğ, 2001). Borsani ve diğ. (2001)'nin yaptığı bir araştırmada, SA'nın tuz ve osmotik stres altında *Arabidopsis* bitkisinde meydana gelen değişikliklere doğrudan dahil olduğu rapor edilmiştir. SA, glutatyon havuzunun redoks durumunun sürdürülmesi ve antioksidan savunmanın uyarımı için gereklidir (Sharma ve diğ, 1996; Borsani ve diğ, 2001). Bu nedenle SA'nın oksidatif strese karşı bitki koruması için gerekli olduğu gösterilmiştir (Rao ve Davis, 1999; Borsani ve diğ. 2001). SA'nın aşırı birikimi O₃ (ozon)'a yanıt olarak hipersensitif reaksiyona yol açarak programlanmış hücre ölümünü indükleyebilmektedir (Rao ve Davis, 1999; Borsani ve diğ, 2001).

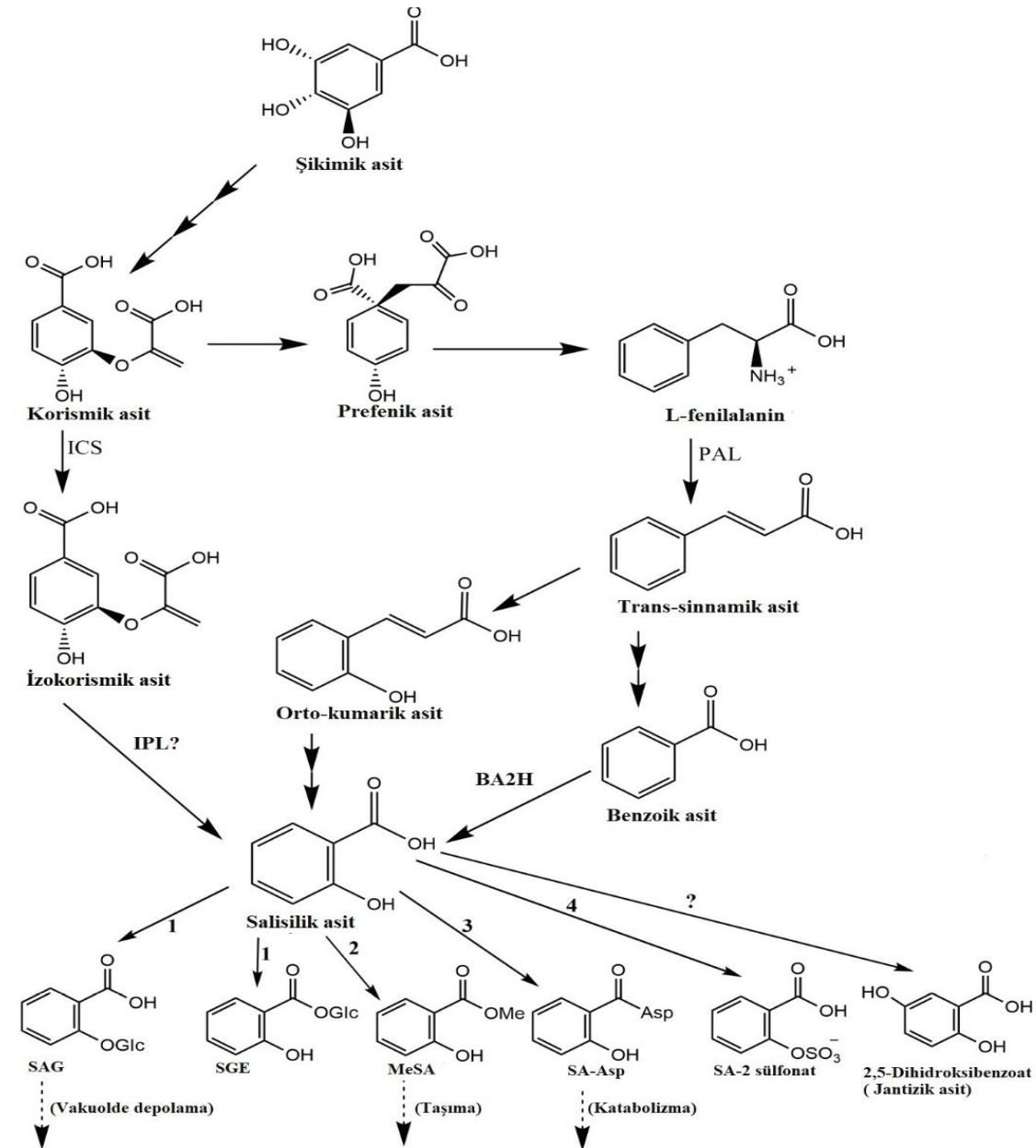
1.3.1. SA'nın biyosentez mekanizması

SA biyosentezi, izokromat yolu (IC) ve fenilalanin amonyak liyaz (PAL) (Şekil 1.4) yolu olmak üzere iki farklı yoldan olabilir. Hem IC hem de PAL yolu korismik asit ile başlar. Korismik asit, plastidlerde şikimik asit yolundan türetilen son üründür (Wildermuth ve diğ, 2001; Uppalapati ve diğ, 2007; Catinot ve diğ, 2008; Hasanuzzaman ve diğ, 2017). Korismik asit, birçok bitki türünde rapor edildiği gibi izokromat sentaz (ICS) ile IC'ye dönüştürülür

(Dewdney ve diğ, 2000; Garcion ve diğ, 2008; Wan ve diğ, 2012; Hasanuzzaman ve diğ, 2017). İzokromat pirüvat liyaz (IPL) IC'nin SA'ya dönüşümünü katalize etmektedir (Mercado-Blanco ve diğ, 2001; Hasanuzzaman ve diğ, 2017).

PAL yolunda; fenilalaninin deaminasyonu, trans-sinamik asit üreten PAL'nin aktivitesi ile gerçekleştirilir. Trans-sinamik asit, ara ürün olan ortokumarik aside dönüştürülebilmekte veya daha sonra SA'ya dönüşecek olan benzoik asit üretilebilmektedir (Ellis ve Amrhein, 1971; Chadha, 1974; Yalpani, 1993; Hasanuzzaman ve diğ, 2017).

SA, sentezlendikten sonra farklı formlara dönüşebilir. UDP-glukosiltransferaz aktivitesi tarafından SA'nın glikolizlenmesi ile salisiloyl glikoz ester (SGE) ve SA 2-O- β -glukozit (SAG) üretilir. SAG vakuolde depolanır. Metil salisilat (MeSA) üretimi, SAM bağımlı karboksil metiltransferaz tarafından SA'nın metillenmesi ile gerçekleştirilir. MeSA üretildikten sonra bitkinin çeşitli yerlerine taşınır. SA'nın aminoasitle birleşmesiyle salisiloyl-L-aspartik asit (SA-Asp) üretilir (bu reaksiyonu, GH3 benzeri fitohormon, amino asit sentetazın katalize ettiği ileri sürülmektedir). SA'nın SA-2-sülfonata dönüşümünün sülfotransferaz tarafından katalizlendiği belirtilmiştir ve bu işlem sülfonasyon olarak adlandırılmaktadır. SA'nın hidroksilasyonu, 2,5-dihidroksibenzoatın (jantizik) üretiminden sorumludur, ancak enzimi bilinmemektedir (Chen ve diğ, 2003; Mustafa ve Verpoorte, 2007; Zhang ve diğ, 2007; Song ve diğ, 2008; Baek, 2010; Dempsey ve diğ, 2011; Hasanuzzaman ve diğ, 2017) .



SA biyosentezi IC ve fenilalanin PAL yolları ile meydana gelir. SA farklı formlarda metabolize edilir. İzokromat sentaz (ICS), BA2H (benzoik asit-2-hidroksilaz), IPL (izokromat pirüvat liyaz); MeSA (metilsalisilat), SA-Asp (salisiloyl-L-aspartik asit), SAG (salisilik asit 2-O-β-glikozit), SGE (salisiloyl glikoz ester) salisilik asidin biyosentezinde veya metabolik yolunda rol oynar. Burada 1, UDP-glikosiltransferazı, 2, SAM bağımlı karboksil metiltransferazı, 3, GH3-benzeri fitohormon aminoasit sentazı, 4, sülfotransferazı gösterir (Hasanuzzaman ve diğ, 2017).

1.4. Absisik Asit

ABA, bitkilerde stres hormonu olarak bilinmektedir. Ayrıca, kuraklık ve tuzluluk gibi çevresel streslere karşı, hücrel adaptasyonun aktivasyonunda düzenleyici bir fonksiyona sahip olan ve büyüme inhibitörü olarak da görev alan önemli bir fitohormondur (Cutler ve diğ, 2010; Raghavendra ve diğ, 2010; Weiner ve diğ, 2010; Golldack ve diğ, 2014). Bir stres hormonu olan ABA, gelişim, abiyotik strese cevap ve stomatal fonksiyonun düzenlenmesi gibi bir dizi fizyolojik süreçte rol oynar (Ryu ve Cho, 2015). ABA, hem köklerde hem de sürgünlerde ve özellikle iletim dokusunda, tohumlar ile koruyucu hücrelerde sentezlenebilir (Boursiac ve diğ, 2013; Mittler ve Blumwald, 2015). Bitkilerde, su eksikliği ve yüksek tuzluluk stresi, ABA seviyelerinin artmasına neden olur (Mittler ve Blumwald, 2015). Bitkiler, kuraklık ve yüksek tuz stresleri de dahil bir çok abiyotik stres faktörüne maruz kalmanın sonucu olarak, biyosentetik genlerinin ekspresyonu ile içsel ABA seviyesinde hızlı bir artışla karşılaşmaktadır (Zhu, 2002; Kang ve diğ, 2005; Ryu ve Cho, 2015). Tuz stresinin, zeaksantin oksidaz, 9-cis-epoksikarotenoid dioksijenaz, ABA-aldehit oksidaz ve molibden kofaktör sülfür azot gibi ABA biyosentezi ile ilgili genleri kalsiyum bağımlı fosforilasyon yolu üzerinden hızla aktive ettiği saptanmıştır (Xiong ve diğ, 2002; Zhu, 2002; Chinnusamy ve diğ, 2006; Ryu ve Cho, 2015). Son yıllarda, bitkilerde sistemik sinyale aracılık etmede bir takım kimyasallar ve bileşikler yer almıştır. Bunlar arasında SA, metilsalisilat, JA, meJA, azelaik asit, oksin, etilen, ABA, ROT, farklı peptidler, proteinler, elektrik sinyalleri ve RNA molekülleri bulunur (Karpinski et al ve diğ, 2013; Shah ve diğ, 2014; Wang ve diğ, 2014; Wendehenne ve diğ, 2014; Mittler ve Blumwald, 2015). Bitkiler sabit organizmalar olduklarından patojenler, kuraklık ve yüksek tuzluluk gibi çeşitli biyotik ve abiyotik streslerle sürekli olarak karşılaşır. Bitki hormonu olarak ABA, çevresel streslere yanıt olarak kimyasal bir sinyal molekülü gibi işlev görür. Stres sinyali olarak ABA, bitkide birçok fizyolojik ve gelişimsel olayın aktivasyonunu başlatarak stres koşullarına adaptasyonu tetikler (Finkelstein ve diğ, 2002; Robert-Seilanian et al ve diğ, 2007; Ton ve diğ, 2009; Lim ve diğ, 2015).

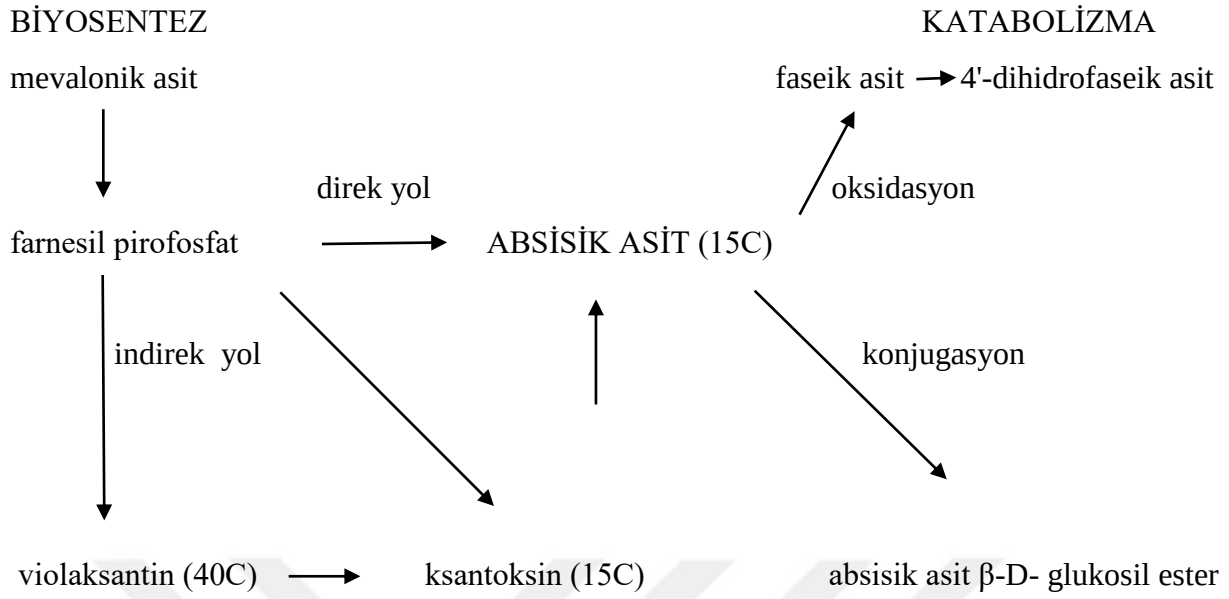
Stoma açıklığındaki azalma, tuzluluğa karşı verilen önemli ilk tepkilerden biridir. Stoma hareketi, kök çevresinde tuzluluğun neden olduğu osmotik stresle hızlı bir şekilde uyarılır. Ayrıca ABA, lokal sentezi sebebiyle stomal iletkenlik etkilenir (Fricke ve diğ, 2004; Toksoy Köseoğlu 2019). Arpa bitkisine 100 mM NaCl uygulandıktan 10 dakika kadar sonra fotosentetik dokularda, ABA miktarında kısa süreli bir artış ortaya çıktığı bildirilmiştir (Fricke ve diğ, 2006; Toksoy Köseoğlu, 2019). Fakat, ABA'nın dokulardaki miktarı kontrol seviyelerine dönerken, terleme hızının azalması birkaç saat içinde sabitlendiği bildirilmiştir

(Fricke ve diğ, 2004; Fricke ve diğ, 2006; Toksoy Köseoğlu, 2019). Bu cevap kurak topraklardaki bitkilerde olduğu gibi kök sinyalleriyle düzenlenmektedir (Davies ve diğ, 2005, Toksoy Köseoğlu, 2019). Bu durum tuzlu alanlarda su seviyesi yüksek tutulan bitkilerde, stomanın kapanması ile kanıtlanmıştır (Termaat ve diğ, 1985; Toksoy Köseoğlu, 2019).

ABA'nın bir stres hormonu olarak çalıştığı, su, tuz ve donma stresleriyle ilgili araştırmalarda ortaya konulmuştur. Yaprak da ABA miktarının kuraklık stresi ile 40 kat kadar arttığı, ancak başka hiçbir hormon miktarında bu tip bir artışın olmadığı kaydedilmiştir. ABA, stoma kapanmasını sağlayarak terlemeyle su kaybının azaltırken, ABA sentezleyemeyen mutantlar, stomalarını kapatamadıklarında sürekli sararma durumuyla karşı karşıya kalırlar. Dışsal ABA uygulaması, stoma kapanmasına neden olur. ABA tarafından uyarılan stoma kapanışı birkaç dakika gibi kısa sürede gözlenen bir cevaptır. Stoma hücre zarının dış yüzeyinde, özel ABA reseptörlerinin olduğu rapor edilmektedir. Ayrıca ABA'nın proton pompasını aktive ederek ve iyon kanallarının açılmasını sağlayarak stoma kapanmasına neden olduğu düşünülmektedir (Kadioğlu, 2007).

1.4.1. ABA'nın biyosentez mekanizması

Bir dokuda bulunan ABA miktarı, onun biyosentezine, katabolizmasına ve taşınımına bağlı olarak değişir. Ayrıca çoğu bitki ABA sentezleyebilme potansiyeline sahip olmakla birlikte, içsel ABA miktarı büyüme ve çevresel koşullara göre de değişebilmektedir. ABA; yaprak, gövde, kök, tohum ve meyve gibi bitki kısımlarında mevalonik asitten sentezlenmekte ve bu sentezin çoğu plastidlerde gerçekleşmektedir. ABA'nın biyosentetik yolu, tam olarak karakterize edilmemekle birlikte iki alternatif metabolik yol üzerinde durulmaktadır. Bu yollardan birisi, tüm terponoidlerin öncüsü olan mevalonik asitle bağlantılı olan direk yoldur. Bu yolda 15 C'lu ABA molekülü, 15 C'lu karbon öncüsü ve mevalonik asitten oluşur. Diğer yol ise 40 C'lu bir karotenoid molekülünün parçalanmasıyla ABA oluşumunu sağlayan indirek yoldur (Şekil 1.5) (Kadioğlu, 2007).



Şekil 1.5 : ABA biyosentezi ve katabolizması (Kadioğlu, 2007).

1.5. Antioksidan Sistem

Bitki hücreleri üzerinde toksik etkiye neden olan ROT'ların üretimi, birikimi ve temizlenmesi kontrol altına alınması gereken bir durumdur. Bitkiler, ROT'ların neden olduğu oksidatif strese karşı savunma mekanizmaları ile yanıt verirler. Ayrıca ROT'lar bitki savunmasında sinyal molekülü olarak da rol almaktadır. Antioksidanlar, hücrede okside olabilecek protein, lipid, karbohidrat ve DNA gibi maddelerin oksidasyonunu engelleyen veya geciktiren maddelerdir. Protein, lipid, karbohidrat ve DNA gibi maddelerin oksidasyonunun antioksidanlar tarafından engellenmesi olayı ise antioksidan savunma olarak adlandırılmaktadır (Çavdar ve diğ, 1997; Koç ve Üstün, 2008).

Antioksidanlar, enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidanlar olmak üzere iki gruba ayrılır. AsA (askorbik asit), tokoferoller (vitamin E), karotenoidler, glutatyon ve fenolik bileşikler enzimatik olmayan antioksidanlar grubunda yer alırken, SOD, APX, GPX, CAT (Büyük ve diğ, 2012), GR (Arıkan ve diğ, 2017), POD (Arıkan ve diğ, 2017) ve GST (Koç ve Üstün, 2008) ise enzimatik antioksidanlar grubunda yer almaktadır. Antioksidanlar, hücrede bulundukları bölgelere ve üstlendikleri görevlere göre farklı yapılara sahiptir (Smirnoff, 2005; Büyük ve diğ, 2012).

1.5.1.Enzimatik olmayan antioksidanlar

1.5.1.1. Askorbik asit (vitamin C)

C vitamini olarak bilinen AsA, bitki dokularında en bol bulunan, suda çözünebilen bir antioksidan bileşiktir (Seminario ve diğ, 2017). Bitki hücre çeşitlerinin büyük çoğunluğunda, AsA organellerde ve apoplastta yer aldığı belirtilmiştir. Enzimatik ve enzimatik olmayan reaksiyonların büyük kısmında elektron verme yeteneği askorbik asidi, sulu fazdaki ROT'u detoksifiye edici ana bileşik yapar. AsA, direk olarak süperoksiti, hidroksil radikallerini ve singlet oksijeni temizlemekte ayrıca APX reaksiyonu ile H_2O_2 'yi suya indirgemektedir (Noctor ve Foyer, 1998; Blokhina ve diğ, 2003). Kloroplastlarda, violaksantin de-epoksidazın bir kofaktörü olarak işlev görerek, aşırı eksitasyon enerjisinin dağılımını sağlar (Smirnoff, 2000; Blokhina ve diğ, 2003). AsA, tokoferolü tokoferoksil radikalinden yeniden oluşturarak membran koruması sağlar (Thomas ve diğ, 1992; Blokhina ve diğ, 2003). Ayrıca, AsA hücrede hücre bölünmesinin düzenlenmesi, G1'den S fazına hücre döngüsünün ilerlemesi (Liso ve diğ, 1988; Smirnoff, 1996) ve hücre uzaması (De Tullio ve diğ, 1999) gibi birtakım antioksidan olmayan fonksiyonları yerine getirmektedir (Blokhina ve diğ, 2003). Bitkilerde, sürekli değişim göstermekte olan askorbat miktarı, artan oksidatif stresle birlikte azalmaktadır (Smirnoff ve Pallanca, 1996; Conklin ve diğ, 1997; Pallanca ve Smirnoff, 2000; Truffault ve diğ, 2017; Smirnoff, 2018).

Bitkilerin stres faktörlerine toleransları ile yapraklarındaki AsA miktarları arasında bir ilişki bulunduğu, yapılan araştırmaların bir çoğunda rapor edilmiştir. Örneğin, tütün ve kavak bitkilerinin yapraklarındaki yüksek AsA miktarı, oksidatif stresin yol açtığı zararları azaltmıştır (Aono ve diğ, 1993; Foyer ve diğ, 1995; Doğru, 2019). Doğru (2014) tarafından yapılan bir araştırmada, tuz stresine maruz kalan bazı mısır genotiplerinin yapraklarında, indirgenmiş AsA miktarının arttığı, okside formdaki AsA miktarının ise azaldığı rapor edilmiştir. Agarwal ve Shaheen (2007) tarafından, tuz stresi altındaki *Momordica charantia* (kudret narı) bitkilerinin yapraklarında AsA miktarının kontrole göre arttığı belirtilmiştir. Farklı bitki türlerinde yapılan araştırmalarda ise, yine tuz stresinin yapraklardaki askorbik asit miktarını artırdığı gösterilmiştir (Panda ve Upadhyay, 2004; Parida ve diğ, 2004; Doğru, 2019).

1.5.1.2. Tokoferoller (vitamin E)

Tokoferoller ve tokotrienoller, hem antioksidan hem de antioksidan olmayan fonksiyonlara sahip biyolojik membranların temel bileşenleridir (Kagan, 1989; Blokhina ve diğ, 2003). Doğada yan zincirlerinin doyurulması ve metilasyon bakımından birbirinden farklı α , β , γ ve δ tokoferol ile α , β , γ ve δ tokotrienol isminde 8 tip vitamin E bulunmaktadır (Çaylak, 2011). Sadece bitkiler ve algler tarafından sentezlenen tokoferoller, bitkinin bütün kısımlarında bulunur (Janiszowska ve Pannock, 1976; Blokhina ve diğ, 2003). Yüksek yapılı bitkiler, kloroplast membranlarında yoğun olarak α -tokoferol içerdiğinden fotooksidatif hasara karşı iyi korunmaktadır (Fryer, 1992; Blokhina ve diğ, 2003). Tokoferoller, ayrıca yağda çözünebilen, ROT ve lipid radikallerinin detoksifikasyonunda önemli rol oynayan antioksidanlardır (Hollander-Czytko, 2005; Doğru, 2019). Bir molekül α -tokoferol, kısa bir sürede ortalama 120 $^1\text{O}_2$ molekülünü etkisiz hale getirmekte ve lipidlerin otooksidasyon hızını azaltmaktadır (Munne-Bosch, 2005; Doğru, 2019).

1.5.1.3. Karotenoidler

Karotenoidler, 750'den daha fazla üyeye sahip olan, doğal olarak oluşan ve en bol bulunan ikinci pigmenttir. Karotenoid pigmentleri esas olarak C_{40} lipofilik izoprenoidlerdir. Fotosentetik organizmaların tamamında (bakteri, alg ve bitkiler), fotosentetik olmayan bazı bakterilerde ve mantarlarda sentezlenmektedir. Karotenoidler; birçok meyve, çiçek ve sebze renksizden sarıya, turuncuya ve kırmızıya kadar değişen çeşitlere sahiptir (Nisar ve diğ, 2015). Bitki hücrelerinde karotenoidlerin sentezlendiği ve depolandığı yerler plastidlerdir. Karotenoidler, fotosentez ve fotokorumada önemli bir role sahiptir (Domonkos ve diğ, 2013; Niyogi ve Truong, 2013; Hashimoto ve diğ, 2016; Sun ve diğ, 2018). Karotenoidler, 400-550 nm dalga boyu arasındaki ışığı absorblayarak, bu ışığın enerjisini klorofil pigmentlerine transfer eder. Bazı kaynaklarda "aksesuar pigment" olarak da tanımlanan karotenoidler, bu özelliği sayesinde fotosentetik aktivitenin artmasını sağlar (Sieferman-Harms, 1987; Doğru 2019). Ayrıca karotenoidler; üçlü uyarılmış klorofil molekülünün, singlet oksijen ($^1\text{O}_2$)'nin ve fotosentetik tepkimelerde oluşabilen diğer ROT'ların zararlı etkilerine karşı, fotosentetik aygıtın zarar görmesini engelleyerek antioksidan olarak rol oynar (Collins, 2001; Doğru, 2019). Karotenoidler, serbest radikalleri temizleyerek antioksidan aktivite gösterirler (Krinsky, 2001; Kiokias ve Gordon, 2003). Bir antioksidan olarak karotenoidler, bitki ve hayvanlarda önemli fizyolojik role sahiptir (Hannoufa ve Hossain, 2012). Bitkilerde karotenoidler, anten

kompleksini içeren fotosentetik sistemin temel bileşenleridir ve fotooksidatif hasarın önlenmesinde önemli bir rol oynar (Howitt ve Pogson, 2006; Hannoufa ve Hossain, 2012). Ayrıca, karotenoid katabolizmasının ürünleri, bitki savunma mekanizması için gereklidir (Gruber ve diğ, 2009; Wei ve diğ, 2011; Hannoufa ve Hossain, 2012). Fotosentetik organlarda, kloroplastlarda karotenoid birikimi, aşırı ışık enerjisinin emilmesi, ROT'un atılması ve karotenoid türevi sinyal moleküllerinin yanı sıra bitki hormonlarına öncüler sağlamak için çok önemlidir (McQuinn ve diğ, 2015; Nisar ve diğ, 2015). ABA ve strigolaktonların karotenoidlerden türetilmiş olması, bitki büyümesi ve gelişmesindeki önemini işaret etmektedir (Seo ve Koshiba, 2002; Schwartz ve diğ, 2004; Cazzonelli ve Pogson, 2010; Hannoufa ve Hossain, 2012).

1.5.1.4. Glutasyon

Glutamin, sistein ve glisin amino asitlerinden oluşan bir tripeptit olan glutasyon, ROT'un neden olduğu oksidatif strese karşı rol oynayan en önemli savunma mekanizmalarındandır (Doğru, 2019). GSH, ökaryotik hücrelerde en bol bulunan ve protein olmayan, düşük molekül ağırlıklı bir tiyoldür. Glutasyon da diğer tiyoller gibi sayısız redoks reaksiyonu geçirebilir (Noctor ve diğ, 2012). Bitkilerde genellikle indirgenmiş formda bulunan GSH; sitoplazma, endoplazmik retikulum, vakuol, mitokondri, kloroplast, apoplast ve peroksizomlar gibi birçok hücresel bölgede yer alabilir (Mittler ve Zilinskas, 1992; Jimenez ve diğ, 1998; Doğru, 2019). GSH, biyolojik süreçlerde çok önemli rollere sahiptir. GSH, oksitlenmiş formu (GSSG) ile birlikte, hücresel redoks homeostazını (Kannan ve diğ, 2014) korumakta, protein fonksiyonlarını S-glutasyonilasyon (Ghezzi, 2013) aracılığıyla düzenlemekte, demir-sülfür küme olgunlaşmasına (Kumar ve diğ, 2011) katkıda bulunmakta ve gen ekspresyonunu doğrudan aktive etmek için, bir sinyal molekülü olarak görev görmektedir (Fratelli ve diğ, 2015; Reniere ve diğ, 2015; Jiang ve diğ, 2017).

Glutasyonun, hücresel bileşenlerin aşırı oksidasyonunu önleyen antioksidan bariyerin bir parçası olarak, ROT tarafından oksitlendiği uzun zamandır bilinmektedir. ROT ile reaksiyona girebilen birçok birincil ve ikincil metabolitin oksitlenmiş formlarının aksine GSSG, kilit organellerde ve sitozolde glutasyon redüktazlar tarafından hızla geri dönüştürülür (Halliwell ve Foyer, 1978; Smith ve diğ, 1989; Edwards ve diğ, 1990; Jimenez ve diğ, 1997; Chew ve diğ, 2003; Kataya ve Reumann 2010; Noctor ve diğ, 2012). Glutasyon, sitotoksik H_2O_2 'yi temizler ve diğer ROT ($^1O_2$, $O_2^{\cdot-}$ ve $\cdot OH$) ile enzimatik olmayan bir şekilde reaksiyona girer (Larson, 1988; Blokhina ve diğ, 2003). GSH'nin antioksidatif savunmadaki merkezi rolü,

askorbat-glutasyon döngüsü yoluyla suda çözünen güçlü bir başka antioksidan olan askorbik asidi yeniden üretme yeteneğidir (Foyer ve Halliwell, 1976; Noctor ve Foyer, 1998; Blokhina ve diğ, 2003).

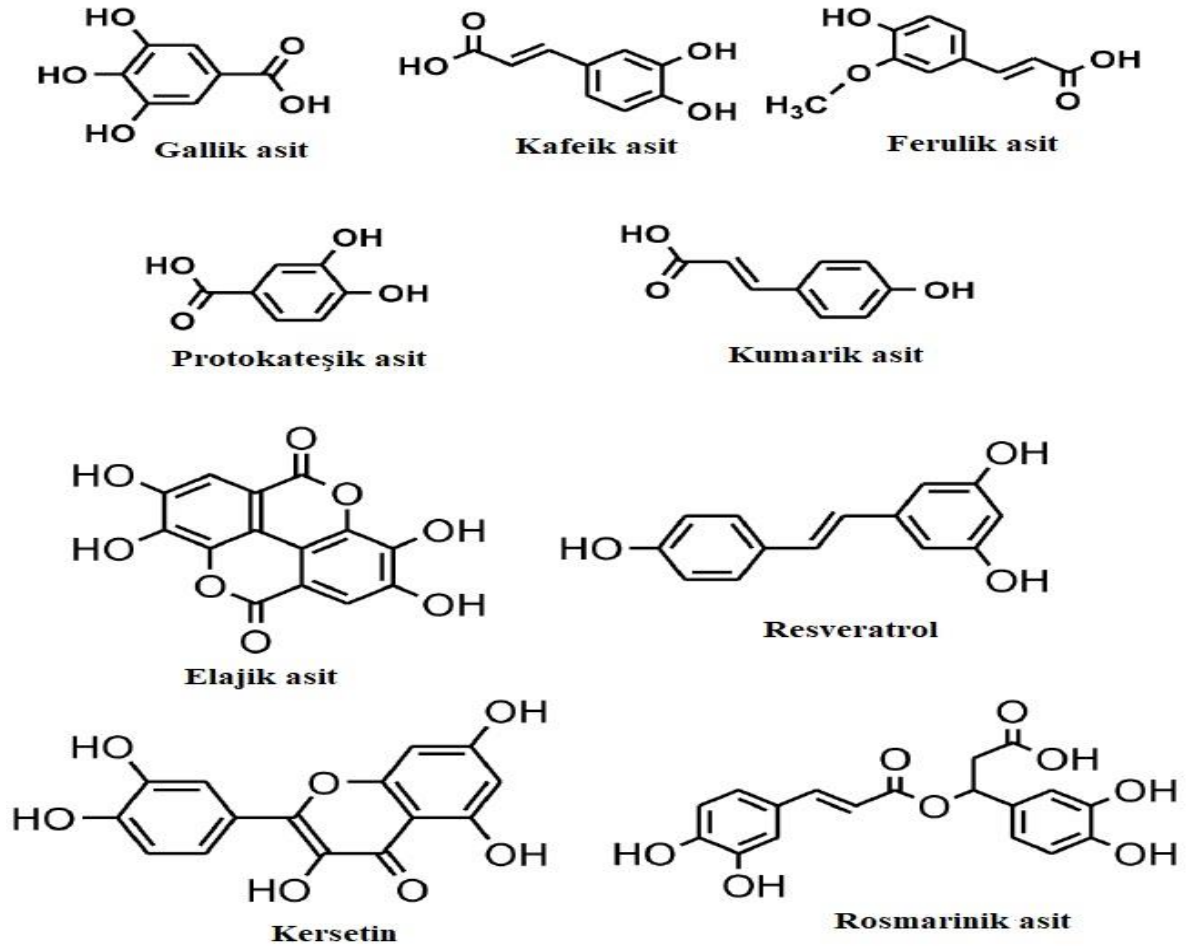
Glutasyon, hücrede yükseltgenme ve indirgenme dengesini koruma özelliğinden dolayı önemli bir indirgen ve antioksidandır. Ayrıca, proteinlerdeki sülfidril ($-SH$) grupların korunması ve amino asitlerin hücre içine taşınmasında görev almaktadır (Onat, 2006). GPX tarafından katalize edilen tepkimelerde, tepkimeye giren SH grupları, H_2O_2 'i suya, lipid peroksidleri de toksik olmayan alkollere indirgemekte ve elektronları glutatyondan H_2O_2 'e taşımaktadır. İndirgenen glutasyon ise redüktaz ile yeniden oluşturulmaktadır (Sezer ve Keskin, 2014).

Şiddetli strese maruz kalan bitkilerde, genellikle indirgenmiş glutasyon miktarının azaldığı, redoks durumunun bozularak bitki dokularında okside formdaki glutasyon miktarının arttığı ve oksidatif hasarların meydana geldiği rapor edilmiştir (Tausz ve diğ, 2004). Gossett ve diğ. (1996) tarafından yapılan bir araştırmada, tuza tolere pamuk çeşitlerinde, indirgenmiş glutasyon miktarının duyarlı olanlara göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca, indirgenmiş glutasyon, ROT'ların detoksifikasyonunda görev alan glutasyon transferaz ve GPX gibi enzimler için bir substrattır (Noctor ve diğ, 2002; Doğru, 2019).

1.5.1.5. Fenolik bileşikler

Fenolik bileşikler, bitkiler aleminde geniş bir yayılım gösteren ve bitkiler aleminde en bol bulunan sekonder metabolittir (Dai, 2010). Bitkilerde doğal yollarla oluşan 8000'den fazla fenolik bileşik olduğu rapor edilmiştir (Kumar ve Pandey, 2013; Ahmed ve diğ, 2018 Tungmunnithum ve diğ, 2018). Fenolik bileşikler, sahip oldukları kimyasal yapılarıyla ilişkili olarak antioksidan özellik göstermektedirler. Ayrıca, olumsuz şartlara karşı direnç oluşumunda görev alırlar (Kulbat, 2016). Bitkilerde fenolik bileşikler, şikimik asitten ve fenilpropanoid metabolizması yoluyla pentoz fosfattan üretilmektedir (Lin ve diğ, 2004; Randhir ve diğ, 2004). Fenolik bileşikler, bir ya da daha fazla hidroksil grubu ile benzen halkası içerir. Ayrıca, basit fenolik moleküllerden daha yüksek oranda polimerize olmuş bileşiklere kadar değişebilen çeşitleri bulunmaktadır (Şekil 1.6) (Velderrain-Rodriguez ve diğ, 2014; Lin ve diğ. 2016). Bitkilerde bulunan ve en belirgin sekonder metabolitler olan fenolikler ya da diğer adıyla polifenoller genellikle savunma cevabıyla ilişkili olan, basit flavonoidler, fenolik asitler, kompleks flavonoidler ve renkli antosiyaninlerdir (Babbar ve diğ, 2014; Lin ve diğ, 2016). Yapılan birçok araştırma sonucunda, farklı çevresel faktörler ve stres koşullarında,

fenilopropanoid metabolizmasında ve fenolik bileşik miktarlarında artış görüldüğü rapor edilmiştir (Kariola ve diğ, 2005; Temple ve diğ, 2005; Tewari ve diğ, 2006; Quan ve diğ, 2008; Rodriguez-Serrano ve diğ, 2009; Büyük ve diğ, 2012). Gelişmiş yapılı bitkiler, fenolik bileşiklerin sentezinde çoğunlukla şikimik asit yolunu kullanırken, mevalonik asit yolu ise daha az bitki tarafından kullanılmaktadır. Fenolik bileşiklerin çoğu, şikimik asit yolu üzerinde üretilen fenilalanin ve tirozinden sentezlenmektedir. Fenil alanin, fenil alanin amonyum liyaz (PAL) tarafından trans sinnamik aside, onun üzerinden de kompleks yapıları fenolik bileşiklere dönüşür (Kadioğlu, 2007).



Şekil 1.6: Bitkilerde bulunan bazı fenolik bileşikler (Velderrain –Rodriguez ve diğ, 2014; Lin ve diğ, 2016).

1.5.2. Enzimatik antioksidanlar

1.5.2.1. Süperoksit dismutaz

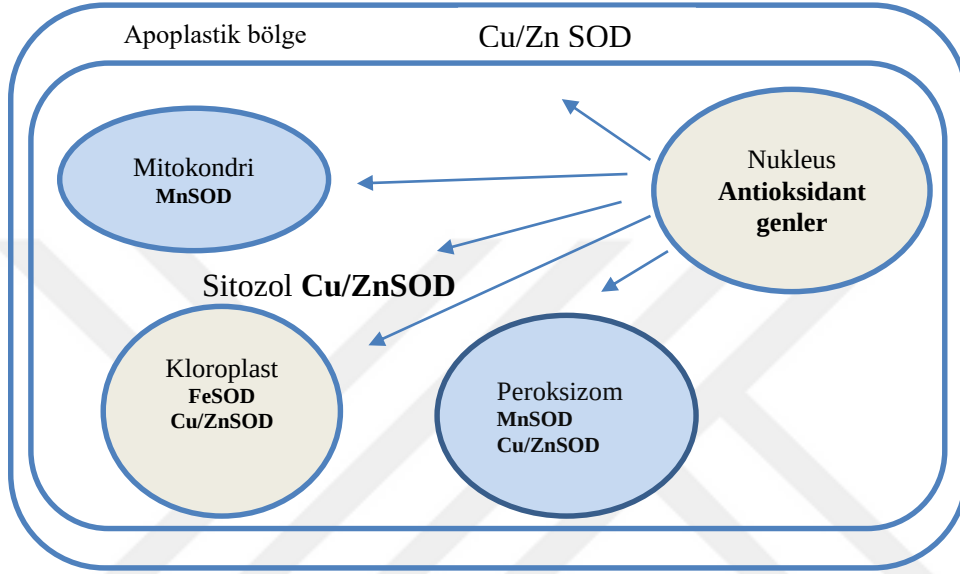
Bakır içeren bir enzim olan SOD, hücre üzerinde büyük zararlara yol açan $O_2^{\cdot-}$ 'in, H_2O_2 ve oksijene çevrilmesini kataliz eder (Mercan, 2004). SOD enzimi (EC 1.15.1.1), yüksek katalitik etkinliğe sahip metaloproteinlerdir (Fridovich, 1986; Büyük ve diğ., 2012). Yapılan araştırmalarda; biyotik ve abiyotik strese bağlı olarak ortaya çıkan oksidatif hasarın azaltılmasında ve bitkinin canlılığını devam ettirmesinde, SOD'ların ifadesindeki artışın önemli rol oynadığı rapor edilmektedir (Büyük ve diğ., 2012).

Kloroplastta grana üzerinde bulunan, elektron taşıma sistemi (ETS)'de görev alan moleküler oksijen (O_2), bir elektron alarak indirgendiğinde, kararsız yapıdaki $O_2^{\cdot-}$ radikalini oluşturur. Bu tepkimede moleküler oksijen indirgenmesi ve $O_2^{\cdot-}$ radikalini oluşması ETS üzerinde yer alan ferrodoksin (Fd_{red}) aracılığı ile gerçekleşmektedir (Mehlar, 1951; Büyük ve diğ., 2012).



Ayrıca mitokondrideki ETS'de yer alan Koenzim Q ise, $O_2^{\cdot-}$ üretiminin gerçekleştiği önemli bir hücresel alandır (Altınışık, 2000; Onat ve diğ., 2006; Sezer ve Keskin 2014). Elektron taşıma zinciri üzerindeki diğer bölgelerde de $O_2^{\cdot-}$ anyonu meydana gelmektedir. ROT'un diğer çeşitlerinin de oluşumuna neden olan $O_2^{\cdot-}$ anyonu, oluştuğu yerden çok uzağa taşınmamaktadır (Colleen ve diğ., 2007; Sezer ve Keskin, 2014). $O_2^{\cdot-}$ anyonu hücre içinde, oksitleyici veya indirgeyici olarak davranabilmekte ve aldığı elektronu metal iyonuna, sitokrom-c'ye veya bir radikale aktararak tekrar oksijene oksitlenebilmektedir. Oksijenden daha güçlü bir oksitleyici olan $O_2^{\cdot-}$ anyonu bir elektron daha alarak peroksit anyonuna indirgenebilir. Oksijenli solunum yapan canlılarda, katalitik aktivitesi çok yüksek bir enzim olan SOD, $O_2^{\cdot-}$ 'lerin H_2O_2 'e çevrilmesini sağlamaktadır. Ayrıca, $O_2^{\cdot-}$ radikali hafif asidik şartlarda, SOD olmaksızın dismutasyonla H_2O_2 'e dönüşebilir (Harbinson ve Hedley, 1993; Büyük ve diğ., 2012). SOD enzimi yüksek katalitik aktiviteye sahip olduğundan, hücrelerde $O_2^{\cdot-}$ birikimine izin vermez. Fakat aşırı $O_2^{\cdot-}$ birikimine neden olan durumlarda süperoksitde özgü tepkimeler gerçekleşebilir. $O_2^{\cdot-}$ anyonu, metal iyonlarını indirgeyerek bağlı olduğu proteinlerden salınımına neden olmakla birlikte, kofaktörlerin oksidasyon düzeylerini bozar ve metal iyonlarının katıldığı $\cdot OH$ yapım tepkimelerini hızlandırır (Harbinson ve Hedley, 1993; Büyük ve diğ., 2012).

O_2^- radikali, bitki hücrelerinde elektron taşınım reaksiyonlarının gerçekleştiği kloroplast ve mitokondri organelleri başta olmak üzere peroksizomlar, mikrozoimler, glioksizomlar, apoplast ve sitozol gibi tüm hücre kısımlarında oluşabilir (Eltner, 1991; Doğru 2019). Bu nedenle, SOD enzimleri hücrenin çok farklı bölgelerinde görülebilir (Şekil 1.7). Ancak, özellikle kloroplastlar, mitokondri ve peroksizomlar, ROT oluşturma kapasitesi daha yüksek olan hücre organelleridir (Fridovich, 1986; Doğru, 2019).



Şekil 1.7: SOD izozimlerinin bitki hücrelerinde bulunduğu yerler
(Alscher ve diğ, 2002; Doğru, 2019).

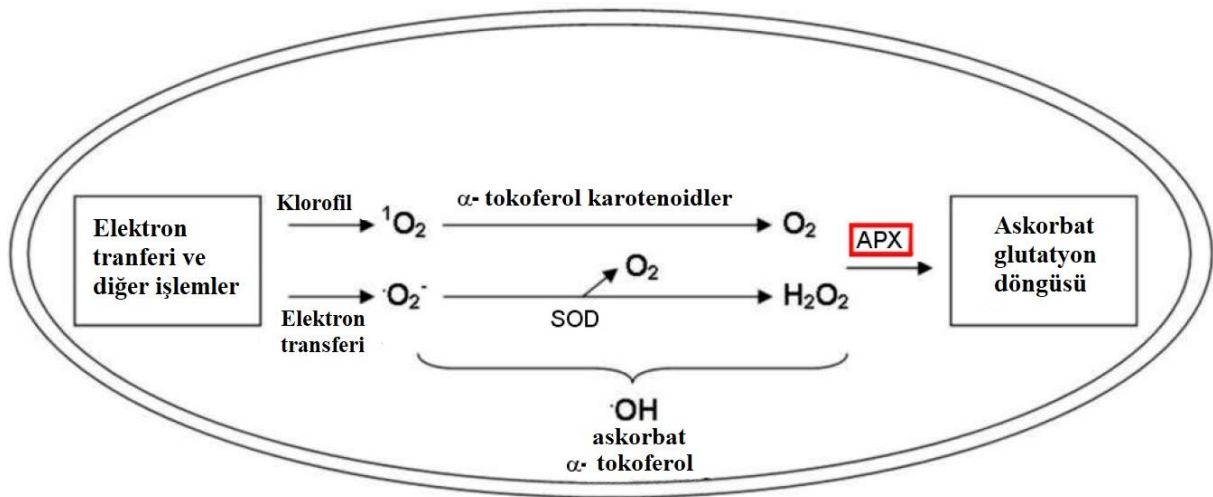
Fosfolipid membranları, O_2^- moleküllerinin geçişine izin vermediğinden dolayı (Takahashi ve Asada, 1983; Doğru, 2019), SOD enzimlerinin hücrede, O_2^- oluşumunun gerçekleştiği her yerde bulunması oldukça önemlidir (Takahashi ve Asada, 1983; Doğru, 2019). İçerdiği metal kofaktörüne göre SOD'lar; hücrenin farklı kısımlarında bulunmak üzere, demir-SOD (FeSOD), mangan-SOD (MnSOD) ve bakır/çinko-SOD (Cu/ZnSOD) olmak üzere üç gruba ayrılır. FeSOD kloroplastlarda, MnSOD mitokondri ve peroksizomlarda, Cu/ZnSOD ise kloroplast, sitozol ve apoplastik bölgede yer alır (Mittler, 2002; Gill ve diğ, 2015; Doğru, 2019).

1.5.2.2. Askorbat peroksidaz

APX (EC 1.11.1.11) (Pandey ve diğ, 2017), süpürücü sistemlerin önemli bir enzimidir. Askorbatı elektron vericisi olarak kullanarak, H_2O_2 'nin H_2O 'ya dönüşümünü katalize eder. APX, H_2O_2 detoksifikasyonuna maksimum seviyede katkıda bulunduğundan, ROT için en etkili düzenleyici olarak bilinir. Genel olarak, aminoasit kompozisyonu baz alınır, APX'in; sitozolik (c-APX), mitokondriyal (mitAPX), kloroplastik (chlAPX:stromal-APX ve tilakoidal-

APX) ve peroksizomal/glioksizomal APX (mAPX) olmak üzere bitkilerde tanımlanmış 5 izoformu bulunur. Tüm izoformlar molekül ağırlığı, optimal pH, stabilite, katalitik hız ve substrat ilgisi gibi kinetik özellikler bakımından farklılık gösterir (Pandey ve diğ, 2017). APX ailesi, CAT'a göre H_2O_2 'ye karşı daha yüksek bir affinite gösterir (Büyük ve diğ, 2012). APX, bitkilerde tuz-alkali toleransının gelişmesinde, farklı hücre kompartmanlarında H_2O_2 'nin detoksifikasyonunda, AsA dengesinin sağlanmasında, hücre içi ROT sinyal ağının düzenlenmesinde, önemli rol oynayan ROT süpürücü sistemin asıl üyelerinden biridir (Hernandez ve diğ, 2000; Hernandez ve diğ, 2011; Diaz-Vivancos ve diğ, 2013; Sofo ve diğ, 2015). APX genlerinin ekspresyonu, hem bitki gelişimi boyunca hem de kuraklık ve tuz stresine cevap olarak sıkı bir şekilde düzenlenmektedir (Caverzan ve diğ, 2012; De Pinto ve diğ, 2013; Sofo ve diğ, 2015).

Abiyotik stres altındaki bitki hücrelerinde, esas H_2O_2 detoksifiye sistemi askorbat glutatyon döngüsüdür. Bu döngüde, özellikle kloroplastlarda spesifik elektron donörü olarak askorbatı kullanan APX izoenzimleri, H_2O_2 'nin H_2O 'ya dönüşümünü katalize eden önemli enzimlerdir (Şekil 1.8) (Sofo ve diğ, 2015).



Şekil 1.8 : Abiyotik strese maruz kalan bitkilerin kloroplastlarında ROT üretimi ve süpürme işleminde APX'in rolü (Sofo ve diğ, 2015).

1.5.2.3. Katalaz

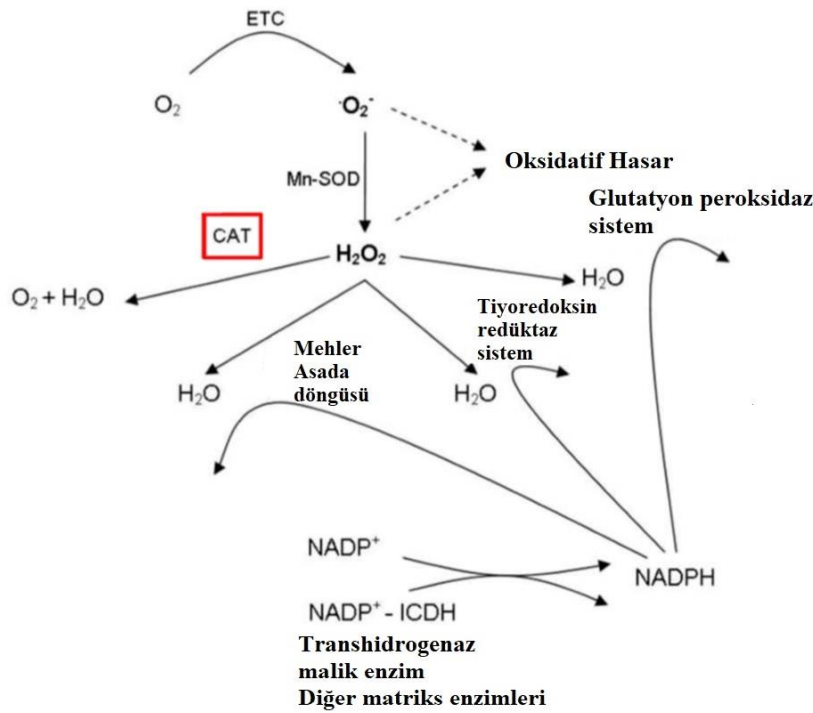
CAT (EC 1.11.1.6), stres koşullarında oluşan ve hücreler için zararlı bir molekül olan H_2O_2 'nin, H_2O ve O_2 'ye dönüşümünü sağlayan, hücreleri strese karşı koruyan önemli bir antioksidan enzimdir (Büyük ve diğ, 2012). CAT'ın, substratı olan H_2O_2 'ye ilgisinin düşük olmasına karşın, yüksek katalitik aktiviteye sahiptir. H_2O_2 'yi bağlayan iki aktif bölgesi bulunan katalaz enziminin yokluğu, kloroplastlarda, kalvin döngüsünde, tiol-düzenleyici enzimlerin üzerindeki koruyucu etkiyi yok etmektedir (Koç ve Üstün, 2008). Süperoksit grubuna göre etkisi daha düşük olan H_2O_2 , dokularda bulunan CAT, POD ve GPX gibi enzimlerle su ve oksijen gibi moleküllere çevrilir (Mercan, 2004).



Nispeten kararlı, radikal olmayan önemli bir reaktif oksijen türü olan H_2O_2 , bitkilerde aerobik metabolizma sonucu üretilir. H_2O_2 düşük konsantrasyonlarda, fotosentetik aktivite, hücre döngüsü, büyüme ve gelişme, abiyotik ve biyotik streslere karşı bitki cevabı gibi belirli biyolojik veya fizyolojik olayların düzenlenmesinde, gerekli bir sinyal molekülü olarak rol oynar. Bitkilerde oksidatif stres ve nihai hücre ölümü, H_2O_2 'nin aşırı birikiminden kaynaklanabilir. Stres faktörleri, bitkilerde H_2O_2 üretiminin artmasına neden olduğu için, yüksek ve metabolize olmamış H_2O_2 nedeniyle biyomoleküllerin, ciddi hasar görmesi mümkündür. Bitkiler, CAT, APX, bazı peroksiredoksinler, glutatyon/tiyoredoksin peroksidazlar ve glutatyon sülfotransferazlar gibi H_2O_2 'yi metabolize eden enzimlere sahiptir. Bununla birlikte, en dikkat çeken ve ayırt edilen enzimler CAT ve APX'dir. Bunun bir nedeni peroksizomlarda meydana gelmesi, diğeri ise dismutasyon reaksiyonunu katalizlemek için indirgeyici gerektirmemesidir (Sofu ve diğ, 2015).

NaCl'nin, H_2O_2 içeriği ve CAT aktivitesi üzerindeki etkileri, tek hücreli alg, *Chlorella* sp., suda yaşayan bir makrofit *Najas graminea* ve bir mangrove bitkisi *Suaeda maritima* (Yatık cirim) gibi çeşitli bitki gruplarında araştırıldığı bir çalışmada, yüksek seviyelerde NaCl maruziyetinden sonra bu bitkilerde önemli ölçüde H_2O_2 birikimi gözlenmiş ve NaCl uygulamasına yanıt olarak CAT aktivitesinin önemli ölçüde arttığı rapor edilmiştir (Mallik ve diğ, 2011; Sofu ve diğ, 2015). İlginç bir şekilde aynı araştırmacılar, bitkilerin yüksek derecede tuzluluk varlığında büyütülmesinin, yeni CAT izoformlarının senteziyle sonuçlandığını bulmuşlardır (Sofu ve diğ, 2015). Stresli olmayan koşullar altında ROT, enzimatik olmayan ve

enzimatik antioksidanlar tarafından verimli bir şekilde elimine edilirken, kuraklık ve tuzlu koşullarda ROT üretimi, antioksidatif sistemlerin bunları yok etme kapasitesini aşarak oksidatif strese neden olmaktadır (Vanderauwera ve diğ, 2012; Ajithkumar ve Panneerselvam, 2014; Sofo ve diğ, 2015). Bu yüzden, demir porfirin içeren CAT izoformları, bu iki strese neden olan oksidatif hasarı önlemek için etkili bir ROT süpürme sisteminin önemli parçasıdır (Şekil 1.9) (Mittler ve diğ, 2011; Sofo ve diğ, 2015).



Şekil 1.9: Abiyotik strese maruz kalan bitkilerde ROT'un temizlenmesinde CAT'ın rolü (ETC = elektron taşıma sistemi; ICDH = izositrat dehidrogenaz) (Mittler ve diğ, 2011; Sofo ve diğ, 2015).

1.5.2.4. Glutasyon peroksidaz

Bitkilerde ve hayvanlarda, antioksidan sistemin temel enzimlerinden olan GPX (EC 1.11.1.9), H_2O_2 'e yüksek ilgileri ve geniş substrat özgüllüklerinden dolayı önemli ROT temizleyicileridir (Chang ve diğ, 2009; Brigelius-Flohe ve Flohe, 2003). GPX'in esas aktivitesi, glutasyonu elektron verici olarak kullanarak, H_2O_2 ve lipid peroksitlerin, su ve alkole indirgenmesini katalize etmektir (Ursini ve diğ, 1995; Fu ve diğ, 2002; Chang ve diğ, 2009). Birçok araştırma GPX'in; oksidatif stres, patojen saldırısı, metal, soğuk, kuraklık ve tuz stresi gibi çeşitli biyotik ve abiyotik stres koşulları altında mRNA miktarlarında önemli bir artış olduğunu ortaya koymaktadır (Navrot ve diğ, 2006; Diao ve diğ, 2014; Gao ve diğ, 2014;

Ozyigit ve diğ, 2016). Örneğin su stresi altındaki *Glycine max* numunelerinde, transkriptom analizi GPX transkriptlerinin yüksek miktarda olduğunu göstermiştir (Criqui ve diğ, 1992; Ferreira Neto ve diğ, 2013; Ozyigit ve diğ, 2016). Bununla birlikte GPX genleri; abiyotik stres faktörlerine, hormon uygulamalarına (Roxas ve diğ, 1997; Avsian-Kretchmer ve diğ, 1999; Milla ve diğ, 2003; Sreenivasulu ve diğ, 2004; Miao ve diğ, 2006), patojenlere (Criqui ve diğ, 1992), alüminyum toksisitesine (Milla ve diğ, 2002) ve yaralanmaya (Depege ve diğ, 1998) karşı cevap verir. GPX'lerin, oksidatif hasarı ve programlanmış hücre ölümünü sınırlamadaki rolü *Arabidopsis*'te (Chen ve diğ, 2004) rapor edilmiştir. GPX gen ailesi birçok bitki türünde tanımlanmış ve araştırılmıştır. Bunlardan bazıları, *Arabidopsis thaliana* (L.) (fare kulağı teresi) (Milla ve diğ, 2003), *Lotus japonicus* (nilüfer) (Ramos ve diğ, 2009), *Thellungiella salsuginea* (Gao ve diğ, 2014), *Oryza sativa* (pirinç) (Islam ve diğ, 2015), *Gossypium hirsutum* (Chen ve diğ, 2017), *Cucumis sativus* (salatalık) (Zhou ve diğ, 2015), *Sorghum bicolor* (darı)(Akbudak ve diğ, 2018) ve *Triticum aestivum* (buğday) (Tyagi ve diğ, 2018)'dur (Zhou ve diğ, 2018). Ayrıca, bazı GPX genlerinin farklı bitkilerde kök yapısı (Passaia ve diğ, 2013, Passaia ve diğ, 2014), sürgün gelişimi (Passaia ve diğ, 2013; Passaia ve diğ, 2014), stomatal kontrol (Miao ve diğ, 2006; Chang ve diğ, 2009), rejenerasyon (Faltin ve diğ, 2010; Passaia ve diğ, 2014) fotosentez (Lima-Melo ve diğ, 2016), bağışıklık yanıtları (Chang ve diğ, 2009) ve hormon sinyali (Miao ve diğ, 2006; Zhai ve diğ, 2013; Passaia ve diğ, 2014) gibi büyüme ve gelişme süreçlerini düzenlediği bulunmuştur. Genel olarak çalışmalar, bitki GPX genlerinin, bitki gelişimini, stres tepkisini ve hormon sinyallemesini düzenlemede hayati rol oynadığını göstermiştir (Zhau ve diğ, 2018).

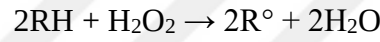
1.5.2.5. Glutasyon redüktaz

İlk defa 1951'de tanımlanan GR (EC 1.8.1.7), düşük veya yüksek molekül ağırlıklı disülfür substratları ile indirgenmiş piridin nükleotidleri arasında elektron transferini katalize etmektedir. GR enziminin hücre içindeki en önemli görevlerinden biri, indirgenmiş glutasyon/yükseltgenmiş glutasyon (GSH/ GSSG) oranını dengede tutmaktır (Temel ve diğ, 2017). GR enzimi, GSH/GSSG oranını yüksek tutarak askorbatın yeniden üretimini sağlamaktadır. H_2O_2 'in süpürülmesinde sınırlayıcı bir enzim olan GR (Sudhakar ve diğ, 2001), kloroplast, sitozol ve mitokondri gibi organellerde bulunur (Hausladen ve Alscher, 1993; Creissen ve diğ, 1994; Arıkan ve diğ, 2017). Askorbat-glutasyon döngüsü, H_2O_2 'yi detoksifiye eden, enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidanları içeren metabolik bir yoldur. Askorbat-glutasyon döngüsü, monodehidroaskorbat redüktaz (MDAR), GR, APX, dehidroaskorbat redüktaz (DHAR) ve antioksidan metabolitlerden; askorbat, GSH ve indirgeyici koenzimleri

içerir. Bu metabolik yol, bitki hücrelerinde H₂O₂ hücresel seviyesinin detoksifikasyonu ve düzenlenmesi için gereklidir (Hossain and Asada, 1985; Asada, 1992; Noctor and Foyer, 1998; Shigeoka ve diğ, 2002 Begara-Morales ve diğ, 2015). Elektron vericisi olarak askorbat kullanılarak, H₂O₂, APX ile suya indirgenir. Okside edilmiş askorbat (monodehidroaskorbat veya dehidroaskorbat) daha sonra okside glutatyonun (GSSG) üretimiyle birlikte indirgenmiş glutatyon (GSH) kullanılarak, MDAR ve DHAR tarafından, yeniden üretilir. Son olarak, GSSG, elektron verici olarak NADPH yardımıyla GR tarafından indirgenir (Begara-Morales ve diğ, 2015).

1.5.2.6. Peroksidaz

POD'lar (EC.1.11.1.x), bakteri, mantar, alg, bitki ve hayvanlarda bulunan en önemli antioksidan enzimlerden biridir. H₂O₂'nin ayrışmasıyla birlikte çeşitli elektron verici substratların oksidasyonunu katalize eder. POD'lar (EC.1.11.1.x), çok çeşitli fenolik ve fenolik olmayan substratların (RH) oksidasyonu ile birlikte H₂O₂'i ayrıştıran enzimlerdir (Pandey ve diğ, 2017).



Hayvansal olmayan bitki POD'ları (sınıf III peroksidaz), yaşam döngüleri boyunca bitki büyümesinin ve gelişiminin çeşitli temel fizyolojik süreçlerinde yer alır. Sınıf III POD'lara ait olan bitki POD'ları, hücre duvarı metabolizması, lignifikasyon, suberinleşme, ROT metabolizması, oksin metabolizması, meyve büyümesi ve olgunlaşması, patojenlere karşı savunma gibi, bitkinin yaşam döngüsü boyunca gerçekleşen büyüme ve gelişim olaylarında rol oynar (Pandey ve diğ, 2017).

Hem varlığı ya da yokluğuna göre peroksidazlar; hem taşıyan ve hem taşımayanlar olarak sınıflandırılmıştır (Passardi ve diğ, 2007; Pandey ve diğ, 2017). PeroxiBase veritabanına göre, bilinen POD genlerinin %80'inden fazlasının, hem içeren peroksidazları kodladığı bildirilmektedir. Öte yandan, tiyol peroksidaz, alkil hidroperoksidaz, NADH peroksidaz gibi hem-içermeyen peroksidazlar yalnızca küçük bir oran oluşturur (Pandey ve diğ, 2017).

Bitki hücrelerinde ROT, hücre duvarı, kloroplast, mitokondri, plazma membranı, endoplazmik retikulum ve apoplastik bölgelerde üretilir (Mittler, 2002; Blokhina ve diğ, 2003; Pandey ve diğ, 2017). Bitkilerde, H₂O₂'nin hücresel seviyesi çoğunlukla CAT ve POD'ların enzimatik etkileri ile düzenlenir. Stres uyarımından sonra POD miktarı önemli ölçüde arttığı için, POD'lar bitkilerin stres göstergelerinden biri olarak kabul edilir. Tuzluluk stresi, doğal

süreçte veya insan kaynaklı aktiviteden dolayı toprak suyunda çözünmüş tuzların birikmesinden kaynaklanır. Ayrıca, topraktaki yüksek tuz birikimi, bitkilerin büyümesini etkileyebilir (Neuinam, 1997; Mums, 2002; Pandey ve diğ, 2017). Amaya ve diğ, (1999), tuz stresine yanıtta, hücre duvarı peroksidazının rolünü araştırmış ve transgenik tütünde hem osmotik hem de tuz stresi altında, aşırı ifade edilmiş POD'ların, tohum çimlenme oranlarını artırdığını saptamışlardır. Pujari ve Chanda (2002), yüksek tuzluluk oranının, *Vigna* fidelerinde POD ekspresyon seviyeleri üzerindeki etkisini incelemiş ve tuzla muamele edilmiş bitkilerde daha yüksek POD aktivitesinin olduğunu rapor etmişlerdir (Pandey ve diğ, 2017).

1.5.2.7. Glutasyon S-transferaz

Bitki GST'leri (EC 2.5.1.18), büyük gen aileleri tarafından kodlanan çok fonksiyonlu enzimlerdir. GST genlerinin karakteristik bir özelliği, biyotik stres faktörleride dahil olmak üzere çok çeşitli stres faktörleriyle yüksek oranda aktive edilebilmektedir (Gullner ve diğ, 2018). Bitki GST'leri ayrıca direk olarak elektrofiliği detoksifiye eden GPX'ler olarak da kabul edilmektedir (Xu ve diğ, 2015). Ayrıca, bazı bitki GST'leri peroksidaz aktivitesi göstererek soğuk, osmotik dehidrasyon ve herbisite bağlı oluşan hasara (Kaya ve Doganlar, 2016) karşı toleransın artırılmasında rol oynayabilir (Bartling ve diğ, 1993; Roxas ve diğ, 2000; Xu ve diğ, 2015). Özellikle GST'ler, toksik organik hidroperoksitleri temizleyen, GSH'a bağlı peroksidaz reaksiyonlarını katalize eden, çeşitli ve çok fonksiyonlu stres tepkisi veren enzimler grubudur (Liang ve diğ, 2018). GST'ler katalitik veya katalitik olmayan çok sayıda fonksiyona sahiptirler. Hem detoksifikasyon yapan hem de hücre içi bağlayıcı ve taşıyıcı rolleri olan GST'ler, katalitik ve katalitik olmayan çok sayıda fonksiyonu yerine getirirler (Pektaş, 2009). Ayrıca, araşidonik asit ve lineolat hidroperoksitleri başta olmak üzere, lipid peroksitlerine karşı bir antioksidan savunma mekanizmasında rol oynarlar (Koç ve Üstün, 2008).

1.6. Lipid Peroksidasyonu

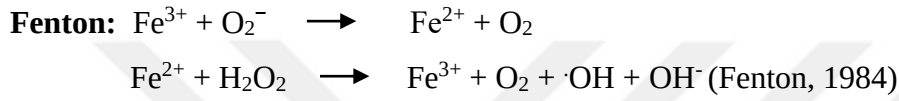
Stres faktörleri, bitkilerde öncelikli olarak hücre membranlarını etkilemektedir. Abiyotik stres faktörlerinin hücre membranına verdiği zarar, doymamış yağ asitlerinin parçalanmasıyla ortaya çıkan ve lipid peroksidasyonun ürünü olan MDA miktarına göre belirlenmektedir. Stres koşulları altında oluşan MDA, tuza toleransı yüksek olan bitkilerde, tuza toleransı düşük olan bitkilere göre daha düşük oranda bulunmakta (Güneş ve diğ, 2007; Toksoy Köseoğlu, 2019) ve tuz konsantrasyonunun artmasıyla membran hasarı da artmaktadır (Esfandiari ve diğ, 2007; Hameed ve diğ, 2011; Toksoy Köseoğlu, 2019). Oksidatif stres, lipidler başta olmak üzere proteinler, nükleik asitler, karbohidratlar gibi organik maddeler

üzerinde değişimlere yol açmaktadır (Moller ve diğ, 2007; Farmer ve Mueller, 2013; Doğru, 2020). Bir dizi reaksiyon sonucunda farklı serbest radikallerin oluşumuna neden olan lipid oksidasyonu veya lipid peroksidasyonu, oldukça zararlı bir olay olup, oksidatif stres göstergesi olarak kabul edilmektedir (Farmer ve Mueller, 2013 Doğru, 2020). Lipid peroksidasyonu başlama, yayılma ve sonlanma olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır (Catala, 2006; Farmer ve Mueller, 2013; Doğru, 2020). Lipid peroksidasyonunun ilk evresi olan başlama evresi, lipitten bir hidrojen atomunun hidroksil, alkoksil, peroksil radikalleri ve peroksinitrit yardımıyla uzaklaştırılmasıyla başlamakta ve hidrojen peroksit ve süperoksit radikalleri bu olayda rol oynamamaktadır (Halliwell ve Gutteridge, 1999 Doğru, 2020). Hidrojen atomu, moleküldeki metilen (-CH₂-) grubundan ayrılmakta ve karbon merkezli bir lipid radikali (-CH $\cdot$ - veya L $\cdot$) oluşmaktadır. Yağ asitlerinin yapısındaki çift bağlar, C-H bağlarını zayıflattığı ve hidrojenin uzaklaştırılmasını kolaylaştırdığı için fosfolipidler, radikallere ve peroksidasyona oldukça duyarlı moleküllerdir. L $\cdot$, oksijeni aktive ederek oksijen merkezli bir lipid peroksil radikali (LOO $\cdot$) oluşmasına neden olmaktadır. Lipid peroksil radikali (LOO $\cdot$) ise komşu yağ asidinden bir hidrojen atomu alarak bir lipid hidroperoksit (LOOH) ve ikinci lipid radikalini (L $\cdot$) oluşturur (Catala, 2006 Doğru, 2020). Daha sonrasında ise yayılma evresi başlar. İndirgenmiş demir ve bakır gibi geçiş metalleri ile indirgeyici bir kırılma reaksiyonuna uğrayan LOOH, lipid alkoksil radikalini (LO $\cdot$) oluşturur. Fazlaca reaktif olan bu radikal ise başka bir yağ asidinden bir hidrojen atomu koparabilir. Lipid peroksidasyonunun bir diğer etkisi de, çift bağların fotosistem II reaksiyon merkezindeki singlet oksijenle reaksiyona girmesi sonucunda LOOH'ın meydana gelmesidir (Krieger-Liszkay, 2008; Pryzybla ve diğ, 2008; Farmer ve Mueller, 2013; Doğru, 2020). Artan lipid peroksidasyonu, hücre membranının zarar görmesi sonucu seçici geçirgen özelliğın azalmasına, organellerin parçalanmasına, DNA, RNA ve protein gibi makromoleküllerin görevlerini yerine getirememesine neden olmaktadır (Halliwell ve Gutteridge 1999; Farmer ve Mueller, 2013; Doğru, 2020). Malondialdehit 4-hidroksi-2-nonenal, 4-hidroksi-2-hegzanal ve akrolein gibi moleküller ise oksidatif stres belirleyicileri olarak lipid peroksidasyonunun son ürünleridir (Doğru, 2020).

1.7. Tuz Stresinin Bitki Oksidatif Stresine Etkisi

Dünya'da kurak ve yarı kurak bölgeler başta olmak üzere, tarımsal bitkilerin kalitesini ve ürün miktarını etkileyen en önemli stres faktörlerinden biri de toprak tuzluluğudur. En az kuraklık stresi kadar kompleks bir stres faktörü olan tuz stresi, bitkide birçok zarara neden olan; iyon toksisitesi, besin eksikliği, genotoksisite, osmotik stres ve oksidatif strese yol açmaktadır. (Riemann ve diğ, 2015; Shah ve diğ, 2017; Doğru, 2020). Tuz stresinin en zararlı etkilerinden

biri de kontrolsüz ROT üretimiyle ortaya çıkan oksidatif stresdir. ROT, protein, enzim, DNA ve RNA'da oksidatif hasara neden olmakla birlikte (Pessarakli, 2001; Sharma ve diğ, 2012) önemli bir stres sinyali olarak da rol oynamaktadır (Riemann ve diğ, 2015). Bitki tuz stresine maruz kaldığında; stomaların iletkenliği azalmakta, CO₂ alınımı kısıtlanmakta, Calvin döngüsünde kullanılacak CO₂ miktarı azalmakta ve oksitlenmiş NADP⁺ miktarının azalmasına bağlı olarak NADP⁺'ye aktarılması gereken elektronlar oksijene aktarılarak, O₂⁻ radikalinin oluşumuna neden olmaktadır (Hossain ve Dietz, 2016; Doğru, 2020). O₂⁻ radikalinin enzimatik ya da enzimatik olmayan bir dizi reaksiyon sonucu oluşturduğu H₂O₂, tuz stresi altındaki bitkilerde fenton reaksiyonu sonucu oluşan oldukça reaktif hidroksil radikaline dönüşebilmektedir.



Ayrıca tuz stresi nedeniyle fotosistem II'nin reaksiyon merkezinde, dengesiz enerji dağılımı sonucunda, triplet klorofil moleküllerinden singlet oksijen oluşumu gerçekleşmektedir (Krieger-Liszkay, 2005; Doğru, 2020). Yapılan birçok araştırma, farklı bitkiler de oksidatif stresin oluşumunu sağlayan en önemli nedenin dokularda H₂O₂ ve süperoksit birikimi olduğunu ortaya koymaktadır (Hernandez ve diğ, 1993; Hernandez ve diğ, 1995; Gomez ve diğ, 1999; Hernandez ve diğ, 2001; Mittova ve diğ, 2002; Mittova ve diğ, 2003; Acosta-Motos ve diğ, 2017; Doğru, 2020). Stres faktörlerinin olmadığı koşullar altında, enzimatik veya enzimatik olmayan antioksidanlar tarafından, ROT'lar, verimli bir şekilde ortadan kaldırılırken, kuraklık ve tuzluluk gibi çevresel stres faktörleri altında ROT'ların aşırı üretimi, antioksidatif sistemlerin bunları temizleme kapasitesini aşmakta ve oksidatif strese neden olmaktadır (Vanderauwera ve diğ, 2012; Ajithkumar ve Panneerselvam, 2014; Sofo ve diğ, 2015). CAT izoformları, stresin neden olduğu oksidatif hasarı önlemek için, bir ROT süpürme sistemi olarak çalışan demir porfirin enzimleridir (Mittler ve diğ, 2011; Sofo ve diğ, 2015).

Shu ve diğ. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, NaCl uygulanan soya fasülyesi bitkisinde, lipid peroksidasyonun göstergesi olan MDA içeriğinin arttığı rapor edilmiştir. Ayrıca, oksidatif stres parametreleri olarak; CAT, SOD ve POD aktivitelerinde de artış olduğu belirtilmiştir. Tahjib-Ul-Arif ve diğ. (2018), tuz stresi altındaki mısır bitkilerinde gerçekleştirdikleri çalışmalarında, stres altında tutulan bitkilerde ROT'ların temizlenmesinin, CAT ve APX aktivitesinin artmasıyla gerçekleştiği rapor edilmiştir (Arif ve diğ, 2020). Farhangi-Abriz ve Torabian, (2017) tarafından yapılan bir çalışmada ise NaCl stresine yanıt

olarak artan tuzluluk seviyesinin, SOD aktivitesinde bir artışa yol açtığı; NaCl muamelesinin yapraklarda ve köklerde APX aktivitesi miktarında bir artışa neden olduğu, ayrıca yaprakların ve köklerin POD aktivitesinin, tuzla muamele edilmiş bitkilerde kontrole göre daha yüksek olduğu rapor edilmiştir. Meratan ve diğ. (2008) tarafından, üç *Acanthophyllum* türünde, 50 ile 200 mM arasındaki NaCl uygulamalarında, POD ve polifenol oksidaz enzimlerinde göze çarpan bir artış olduğu rapor edilmiştir (Joseph ve Jini, 2011). Pirinç bitkisinde ise tuza toleranslı çeşitlerin, duyarlı çeşitlere göre daha yüksek SOD aktivitesi ve daha düşük lipid peroksidasyonuna sahip olduğu bulunmuştur (Dionisio-Sese ve Tobita 1998; Joseph ve Jini, 2011). Ayrıca, tuz stresi ve antioksidan sistem arasındaki ilişkiyi destekleyen kanıtlar transgenik bitkilerde de bulunmuştur. Bu bitkilerde tuz stresiyle birlikte antioksidan enzimlerin ifadesinde bir artış ya da bir düşüş görülmektedir (Willekens ve diğ, 1997; Joseph ve Jini, 2011). Tuz stresine karşı artan koruma, sitozolik APX geninin ifadesindeki artışla kanıtlanmıştır (Torsethaugen ve diğ, 1997; Joseph ve Jini, 2011). Bitki gen haritalanmasındaki ve moleküler biyoloji tekniklerindeki son gelişmeler, tuz stres-direnç genlerinin genetiğini anlamada ve tuz stresi altındaki bitki performansına katkı sağlamada yeni fırsatlar sunmaktadır. Bu biyoteknolojik gelişmeler tuz stresi altında bitki yetiştirmek için yeni araçlar sağlamış olacaktır. Moleküler genetik haritalama pirinç, buğday, mısır, arpa, sorgum ve patates gibi ana ürün bitkileri için geliştirilmiştir (Joseph ve Jini, 2011).

1.8. Prolin

Pro birikimi, bitkilerin strese karşı ortak bir cevabıdır. Birçok bitkide, biyotik ve abiyotik strese yanıt olarak verilen ve sıklıkla görülen fizyolojik bir durumdur (Verbruggen ve Hermans, 2008). Pro bir aminoasit olarak, proteinlerin yapısal bileşenidir. Ayrıca çevresel stres koşulları altında, uygun bir çözünen madde olduğundan, hücre metabolizması için çok önemli bir rol oynar. Pro metabolizması, çeşitli hücre içi kompartmanda gerçekleşmekte ve hücrenin redoks dengesine katkıda bulunmaktadır. Serbest Pro miktarı, farklı bitki organlarında önemli ölçüde farklılık göstermekte ve genellikle üreme organlarında vejetatif dokulardan daha yüksek seviyede bulunmaktadır (Chiang and Dandekar, 1995; Fujita ve diğ, 1998; Armengaud ve diğ, 2004; Lehmann ve diğ, 2010). Serbest aminoasit olan Pro; kuraklık, yüksek tuzluluk veya düşük sıcaklık gibi çevresel koşullar altında, bitki ve bakterilerde biriken ve yaygın dağılım gösteren, çözünen maddelerden biridir (Bohnert ve diğ, 1995; Sleator ve Hill, 2002; Lehmann ve diğ, 2010). Yapılan ilk in vitro araştırmalar, Pro'nun bir ROT süpürücü olabileceğini göstermektedir (Smirnoff and Cumbes 1989; Verbruggen ve Hermans 2008). Ayrıca Pro'nun, proteinlerin yapısını stabilize eden, moleküler şaperon olarak işlev gördüğü ve prolin birikiminin, sitozolik

pH'ı tamponlama ve hücre redoks durumunu dengelemek de rol oynadığı ileri sürülmektedir. Sonuç olarak, Pro birikimi stres cevabını etkileyen ayarlanabilir tepkilerin bir parçası olarak görülmektedir (Maggio ve diğ, 2002; Verbruggen ve Hermans, 2008). Gelişmiş bitkilerde Pro biyosentezi, glutamat veya ornitin yoluyla gerçekleşir (Trovato ve diğ, 2008). İlk yol, sırasıyla pirolin-5-karboksilat sentaz (P5CS) ve pirolin-5-karboksilat redüktaz (P5CR) ile katalize edilen iki ardışık indirgeme ile Pro'yu oluşturan glutamat yoludur. Glutamat yolu, osmotik stres sırasındaki ana yoldur. Pro biyosentezi için ikinci yol ise, mitokondriyal bir enzim olan Orn-d-aminotransferaz (OAT) tarafından pirolin-5-karboksilata (P5C) transamine edilebilen ornitin (Orn) yoludur (Verbruggen ve Hermans, 2008).

Ozden ve diğ. (2009) tarafından, H₂O₂ ile oksidatif strese maruz bırakılan *Vitis vinifera* L. cv. “Öküzgözü” üzüm yapraklarında, pro'nin antioksidan sistem üzerindeki etkisi araştırılmıştır. İçsel prolin, H₂O₂, MDA konsantrasyonu, elektrolit kaçağı (EL), SOD, CAT, APX ve POD gibi bazı antioksidan enzim aktiviteleri; Pro varlığında POD ve APX aktiviteleri artarken, SOD ve CAT aktiviteleri azalmıştır. Pro ön uygulaması hücresel prolin konsantrasyonunu artırırken, hücresel H₂O₂ içeriği, MDA ve EL'de azalma olduğu rapor edilmiştir.

Jaleel ve diğ. (2007) tarafından yapılan bir araştırmada, *Catharanthus roseus*'un (pervane çiçeği) rosea ve alba çeşitlerinde tuz stresine bağlı olarak prolin içeriğinin önemli ölçüde arttığı belirtilmektedir. Tuzlu ortamlarda, lipid peroksidasyonu ve ROT, membran lipidlerinde oksidatif hasara yol açmakta ve bu nedenle bitki lipid metabolizması bozulmaktadır (Hernandez ve Almansa, 2002; Misra ve Gupta, 2006; Jaleel ve diğ, 2007). Sitoplazmada, çözünen maddelerin birikiminin tuz stresine katkıda bulunduğu ön görülmektedir (Hare ve diğ, 1998; Jaleel ve diğ, 2006). Bitkide pro birikimi (Misra ve Gupta, 2005) makromoleküllerin yapı ve fonksiyonuyla uyumlu bir ortam sağlayarak, tuzluluk hasarına adapte olmaya yardımcı olur (Jaleel ve diğ, 2006; Girija ve diğ, 2002). Pro gibi çözünen maddelerin, proteinler için osmotik etkiden koruyucu fonksiyona sahip oldukları düşünülmektedir (Bohnert ve Jensen, 1996; Jaleel ve diğ, 2006).

1.9. Pigment Sistemi

Bitki hücreleri; plastidler adı verilen, birbirine dönüşebilen benzersiz bir organel grubu ile karakterize edilir. Plastidler, çok çeşitli bitki hücre fonksiyonları için gereklidir ve bu nedenle çok sayıda özel formları vardır. Plastidler renk, morfoloji ve sahip oldukları üst yapılarına göre birkaç kategoriye ayrılabilir (Whatley, 1978; Moller, 2005; Wise, 2007; Sadali

ve diğ, 2019). Fotosentezin atasal işlevini yerine getirdiği için fotosentetik plastid olarak adlandırılan ve üzerinde en çok çalışıma yapılan plastid çeşidi kloroplasttır. Merccek şeklindeki bu organeller, fotosentezin ışık reaksiyonlarına aracılık eden, bir iç tilakoid zar sistemi ile ilişkili yeşil klorofil pigmentleri içerir. Kloroplastlar tüm fotosentetik doku ve organlarda bulunur (Smillie ve Scott, 1969; Jarvis ve Lopez-Juez, 2013 Sadali ve diğ, 2019). Pigmentasyona dayalı olarak, fotosentetik olmayan plastidler ise genel olarak lökoplastlar ve kromoplastlar olarak ikiye ayrılabilir. Lökoplastlar; endosperm, yumru, kök ve lipid depolama organları gibi fotosentetik olmayan dokularda bulunan beyaz veya renksiz plastidlerdir. Bu tip plastidler arasında amiloplastlar ve elaioplastlar bulunur (Carde, 1984; Howitt and Pogson, 2006; Sadali ve diğ, 2019). Kromoplastlar, yüksek düzeyde karotenoid pigmentlerin sentezi ve depolanması için özelleşmiş plastidler olup genellikle çiçek, meyve, yaprak ve köklerde bulunur (Camara ve diğ, 1995; Egea ve diğ, 2010; Li ve Yuan, 2013; Sadali ve diğ, 2019).

Bitkiler, hayatın devam etmesinde oldukça önemli bir yere sahiptir. Bitki pigmentleri, farklı dalga boylarındaki ışığı absorbe etme yeteneği olan, bitkilerin büyüme ve gelişiminde, fotosentezde oldukça önemli roller oynayan (Sudhakar ve diğ, 2016) ayrıca UV ve görünür ışığın neden olduğu hasarlardan bitkiyi koruyan (Tanaka ve diğ, 2008), antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteye sahip özel bileşiklerdir (Gahlawat, 2019). Doğal olarak oluşan bitki pigmentleri arasında karotenoidler, antosiyaninler, betasiyaninler ve klorofiller bulunmaktadır (Gahlawat, 2019). Klorofiller, büyük bir tetrapirel sınıfına ait olan, alglerde, bitkilerde ve siyanobakterilerde bulunan yeşilimsi fotosentetik pigmentlerdir. Klorofil, a, b, c, d ve f olmak üzere beş ana sınıfa ayrılabilir. Klorofiller dört pirel halkasından oluşan porfirin yapısındadır. Klorofillerde merkezi metal ise Mg'dur (Pareek ve diğ, 2017; Ghosh ve diğ, 2022). Karotenoidler, bitkilerde yaygın olarak bulunan, sarı, kırmızı ve turuncu renklere olabilen, yağda çözünen doğal pigmentlerdir (Ghosh ve diğ, 2022). Klorofil içeren tüm dokularda, ışık enerjisi toplamak için ikincil pigmentler olarak görev alan karotenoidler (Ngamwonglumlert ve diğ, 2015; Petropoulos ve diğ, 2019), fotosentetik sürecin bir parçasıdır ve doğanın en yaygın pigmentleridir (Awolu ve Oladeji, 2021). Bitki kuru ağırlığının %90'ını sağlayan fotosentez, en önemli fizyolojik olaylardan biridir (Steduto ve diğ, 2000 Najar ve diğ, 2018). Fotosentezin tüm evreleri stres faktörlerinden etkilenir. Tuzluluk, bitkilerin verimini etkileyen önemli faktörlerden biridir. Tuzlu koşullarda yetiştirilen bitkilerin fotosentetik kapasitesi, tuzluluk türüne, uygulama süresine, türlere ve bitki yaşına bağlı olarak değişir (Sultana ve diğ, 1999; Steduto ve diğ, 2000; Hester ve diğ, 2001; Koyro, 2006; Najar ve diğ, 2018). Hnilickova ve diğ, (2017), *Eruca sativa* (roka) (L.) Mill. cv. Astro'da fotosentez oranının, 100 mmol/L NaCl

konsantrasyonundan başlayarak artan NaCl konsantrasyonu ile önemli ölçüde azaldığını rapor etmişlerdir.

1.10. Tuzluluğun Yaprak Alanı ve Ölü Hücre Üzerine Etkileri

Tuzluluk, dünya genelinde mahsul yetiştirilen alanlarda üretimin artmasının önündeki en büyük engellerden biridir. Tuzluluk, bitkide fotosentetik aktivite başta olmak üzere birçok fizyolojik süreci etkilemekte ve verim kaybına neden olmaktadır (Beinsan ve diğ, 2009). Tuz iyonlarının bitki yapraklarında toksik miktarlarda birikmesi büyümeyi engellemekte, yaprak yaralanmalarına sebep olmakta ve besin dengesizliği ile ana besin maddelerinin alımını azaltmaktadır (Rao ve Pathak, 1989; Dubey ve diğ, 2007). Şeker pancarında, yaprak alanı, taze ve kuru yaprak ağırlığının 200 mM NaCl'de önemli ölçüde azaldığı, ancak yaprak sayısının daha az etkilendiği bildirilmiştir (Ghoulam ve diğ, 2002; Yadav ve diğ, 2011). Tuz toleransına karşı oynadıkları rollerle oldukça önemli iki hormon olan SA ve JA, tuzluluk gibi çevresel şartlarda bitkinin fizyolojik ve moleküler cevaplarını düzenlemektedir (Farhangi Abroz ve diğ, 2019). Ghassemi-Golezani ve Hosseinzadeh-Mahootchi (2015), tuz stresi altındaki *Carthamus tinctorius* L.'de SA ve JA'nın fizyolojik parametreler üzerindeki etkilerini araştırmış ve artan tuzluluğun yaprak alanını azalttığını, bununla birlikte yapraktan uygulanan SA ve JA'nın yaprak alanını artırdığını bildirmişlerdir.

Programlanmış hücre ölümü (PCD), bitkinin normal yaşam döngüsü boyunca ve değişen ortamlara yanıt olarak ortaya çıkan önemli bir olaydır. Abiyotik veya biyotik stresler tarafından tetiklenebilir ve morfolojik, biyokimyasal değişikliklerle ilişkili genetik olarak tanımlanmış bir süreçtir (Poor ve diğ, 2012). Bu süreçte, SA'nın genel olarak düşük konsantrasyonlarda abiyotik streslere toleransı kolaylaştırırken, yüksek konsantrasyonları ROT'ların aşırı oluşumu nedeniyle hücre ölümüne yol açan oksidatif stresi indüklediği bilinmektedir (Jayakannan ve diğ, 2015). Poor ve diğ. (2012), SA ve NaCl'nin iyonik dengeyi bozarak programlanmış hücre ölümünü indüklemeye yeteneğini, domates süspansiyon kültürü hücreleri kullanarak araştırmışlar ve 300 mM NaCl uygulamasının, hızlı hücre ölümüyle sonuçlandığı bildirmişlerdir. Bununla birlikte, 0,1 mM SA konsantrasyonunun hücre çoğalmasını engellediği; 1 mM NaCl konsantrasyonunun ise hücre ölümüne yol açtığı rapor edilmiştir. Ozon kaynaklı hücre ölümünde, SA ve JA'nın sinyal iletiminin olduğu bildirilmektedir. Ozona maruz kalmadan önce JA uygulanan tütün bitkisinde, hücre ölümünün azaldığı rapor edilmiştir (Orvar ve diğ, 1997; Rao ve diğ, 2000).

1.11. *Glycine max* L. (Soya Fasülyesi)

“Fabaceae” familyasına ait olan *Glycine max* (soya fasülyesi) (Liu 2004), tipik bir baklagil tohumu olup; testa, bir çift kotiledon ve embriyo olmak üzere üç kısımdan oluşur (Çırak ve Esendal 2005; Nilüfer ve Boyacıoğlu 2008). Birçok Asya ülkesinde sağlıklı bir besin olarak bilinen soya fasülyesi, dünya için de oldukça önemli bir besin kaynağıdır (Yoon ve diğ, 2009). Soya fasülyesi tohumları, diğer baklagillerden özellikle yüksek protein içeriğiyle ayrılır. Ortalama, %20 yağ ve %40 protein içeriğine sahiptir. Ayrıca, hem insanların hem de hayvanların beslenmesinde önemli bir protein ve yağ asiti kaynağıdır (Jegadeesan ve Yu, 2020). Asya’dan gelen soya, Dünya’ya yayılmadan yüzlerce yıl öncesinde, sağlığa faydalarından dolayı Asya diyetinin bir parçası olarak tüketilmekteydi (Cui ve diğ, 2004; Jegadeesan ve Yu 2020). Soya, insanlarda kolesterolü düşürme ve kardiyovasküler hastalık riskini azaltma gibi besinsel özelliklere sahiptir (Omoni ve Aluko, 2005; Jegadeesan ve Yu 2020). Soya fasülyesi, genellikle tuza duyarlı olarak kabul edilmekte (Lauchli, 1984; Yoon ve diğ, 2009) ve tuzlu koşullarda yetiştirilen bu bitkiler, klor kaynaklı toksisite sonucu yaprak klorozu, bodurlaşma ve biyokütlede azalma semptomları sergilemektedir (Abel ve MacKenzie, 1964; Yoon ve diğ, 2009). Dünyada üretilen toplam yağlı tohumlu bitkilerin %50’sinden fazlasını oluşturan soya, ekim alanı, üretim miktarı ve uluslararası ticaret açısından en önemli yağlı tohumlu bitkiler arasında yer almaktadır (<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge>; Anonim, 2018 USDA Oilseed Markets and Tarda). ABD, Brezilya, Arjantin, Hindistan ve Çin gibi ülkelerde yoğun bir şekilde soya tarımı yapılmaktadır (<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge>). Türkiye’de ise ilk defa 1930’lu yıllarda Karadeniz bölgesinde tarımına başlanan soya, 2. ürün projesi ile Ege ve Akdeniz Bölgesi’nde yetiştirilmeye başlanmıştır. Türkiye’de soya tarımı ağırlıklı olarak Çukurova Bölgesi’nde yapılmakta olup özellikle Adana ve Osmaniye illeri üretiminin yaklaşık %80-85’ini karşılamaktadır (<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge>; Anonim, 2018 Web Adresi: <http://www.millermagazine.com/dunyasoya>). Soya bitkisinden; yağ ürünleri (gliserol, rafine soya yağı, soya lesitini), tam soya ürünleri (soya, soya filizi, soya sütü, soya unu vb.) ve soya protein ürünleri (soya unu, soya proteini konsantresi ve izolatları) olmak üzere başlıca 3 ana ürün elde edilmektedir (Liu, 1999; Endres 2001, Liu, 2004; Nilüfer ve Boyacıoğlu 2008).

Kingdom (Alem) - Plantae

Phylum (Şube) - Magnoliophyta

Class (Sınıf) - Magnoliopsida

Order (Takım) - Fabales

Family (Aile) - Fabaceae

Genus (Cins) - *Glycine*

Species (Tür) - *Glycine max* (<https://www.cabi.org/isc/datasheet/25400>)

1.11.1. *Glycine max.* bitkisinin yetiştirilmesi

Soya, değişik özellikteki çeşitleriyle farklı iklim koşullarında yetişebilen bir bitkidir. Mayıs-Eylül aylarında, günlük sıcaklığın ortalama 25°C olduğu yerler soya üretimi için uygundur. 18°C'nin altı ve 40°C'nin üstündeki sıcaklıklar soyanın gelişimini engellemektedir. Gelişme dönemi boyunca 550-600 mm suya ihtiyaç duyan soya, bol yağış alan Karadeniz Bölgesi dışında ancak sulamayla yetiştirilebilmektedir. Düşük toprak ıslığı, soya bitkisinde çimlenmeyi geciktirdiği için, toprak ıslığının yükseldiği nisan ayı sonlarında ekimi yapılmalıdır. Düşük ve çok yüksek sıcaklıklar, yaprak ve çiçek gelişimini de olumsuz yönde etkilemektedir. Örneğin, 29°C'den yüksek gece ıslığı, verimde yaklaşık %10 oranında azalmaya yol açar. Ayrıca, hava neminin düşük olması da verimi olumsuz etkilediğinden, kuru hava şartlarında, sulamayla gerekli nem ortamının sağlanması gerekmektedir. Soya, farklı toprak tiplerinde yetişebilmesine rağmen, en iyi yetişme ortamı kumlu-killi topraklardır. Çorak topraklara, arpa ve buğdaydan daha hassas ama mısırdan daha dayanıklı olan soya, genel olarak tuzlu ve çorak topraklarda verim kaybı yaşamaktadır. Soya gelişimi için toprak asitliği genellikle nötr seviyelerde (pH: 6.0-6.5) olmalıdır. Ayrıca soya bakterileri asitli topraklarda iyi gelişemediği için üretiminde asidik gübreler tercih edilmemektedir (<https://arastirma.tarimorman.gov.tr>).

Tuz stresi bitkileri, dolaylı olarak da insanları etkileyen en önemli abiyotik stres faktörlerinin başında gelmektedir. Dünya'da ekim alanlarının gittikçe azalmasına paralel birçok tarım alanında, tuzlu toprakların olduğu alanların ekim için kullanılması gerekmektedir. Ancak tuz sorununun toprakta çözülmesi oldukça zaman alan ve maliyet gerektiren bir durumdur. Bu nedenle günümüzde bilimsel araştırmalar tuz sorununa karşı daha pratik yöntemler geliştirme üzerine yoğunlaşmıştır (Günel, 2011). Araştırmamızda bu amaçla; bitkilerin tuz stresine karşı korunabilmesi için, farklı stres şartlarında olumlu etkileri olduğu bilinen ASA ve MeJA gibi

içsel düzenleyicilerin, bitki büyüme ortamına eklenerek, tuz stresinin neden olduğu osmotik ve oksidatif stres faktörlerine karşı, bitki savunma mekanizmasının uyarılması ve bitkinin stres faktörüne karşı, bitkilerin direnç mekanizmaları üzerindeki etkilerini araştırmak hedeflendi. Bu bağlamda araştırmamızda, soya fasülyesinin tuza duyarlı (Asya) ve dirençli (Agroyal) olarak seçilen çeşitlerinde; dışsal uygulanan ASA ve MeJA'nın tuz stresi üzerindeki etkileri; antioksidan sistem, lipid peroksidasyonu, prolin, içsel hormonlar, pigment sistemi ve fizyolojik kriterler üzerindeki değişimler baz alınarak değerlendirildi.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Yapılan araştırmalar incelendiğinde; dünya genelinde abiyotik stres faktörlerinden, bitkiler üzerinde en fazla verim kaybına neden olanlardan ikisinin; tuz stresi ve kuraklık stresi olduğu görölmektedir. Bu nedenle çalışmaların önemli kısmının bu iki konu üzerinde yoğunlaştığı dikkat çekmektedir (Nasircılar ve diğ, 2019). Bitkiler, stres koşullarından kaçamadıkları için çevresel stres faktörlerine karşı, biyokimyasal, fizyolojik, moleküler tepkilere sahip olmakla birlikte, farklı adaptasyon ve direnç mekanizmaları da geliştirmişlerdir. Bu tepkiler; gen ekspresyonu, spesifik proteinlerin biyosentezi, sekonder metabolitlerdeki modifikasyonlar, antioksidan aktivite ve hormonal sinyal değişimlerini kapsamaktadır (Farhangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani, 2019). Fizyolojik olaylardaki ana mekanizmalardan biri olan, moleküler seviyedeki gen ekspresyonu ve fitohormonlar bu olaylarda önemli rol oynamaktadır. Fitohormonlar; oksin, giberellin, sitokinin, ABA, JA, SA ve etilen gibi birçok hormonu içine alan doğal moleküllerdir (Wani ve diğ, 2016; Ghassemi-Golezani ve Nikpour-Rashidabad, 2017; Farhangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani, 2019). Tuz stresine toleranslı tarımsal bitkilerin üretilmesi; geleneksel seleksiyon, ıslah yöntemleri veya moleküler biyoloji yaklaşımları ile sağlanabilmektedir. Bitki ıslahçıları, geleneksel ıslah yöntemleri veya transgenik yaklaşımlar ile tuza toleranslı genotipler üretmiş olmasına rağmen (Ashraf ve Akram, 2009; Yıldız ve diğ, 2014), abiyotik stres toleransının genetik olarak karmaşık mekanizmaları bu durumu oldukça zorlaştırmaktadır (Vinocur ve Altman, 2005; Yıldız ve diğ, 2014). Geleneksel ıslah yöntemleri ile tuza karşı tolerans geliştirilmesi oldukça karmaşık ve zor bir süreç olmakla birlikte, bitki büyüme düzenleyicilerinin dışardan uygulanmasının toleransı artırdığı bildirilmektedir (Yıldız ve diğ, 2014).

Shu ve diğ. (2017) tarafından, soya fasülyesi tohumlarının çimlenmesi üzerine eksojen NaCl'in etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, çimlenme analizleri sonucunda NaCl'ün ND-12 kültüründe tohum çimlenmesini geciktirdiği rapor edilmiştir. Ayrıca Önal Aşçı ve Eriş (2013) tarafından yapılan bir araştırmada, *Pisum arvense* (yem bezelyesi) gölyazı çeşidine 4 farklı tuz konsantrasyonu (0, 25, 50, 75 mM NaCl) uygulanmıştır. 75 mM NaCl uygulanan bitkilerde; hem bitki boyunun hem de toprak üstü yaş ağırlığının önemli düzeyde azaldığı rapor edilmiştir (Önal Aşçı ve Eriş, 2013). Hızla uzayan hücreler, genişleyen vakuelleri içinde ksileme gelen tuzu barındırabildiğinden, gelişen dokularda büyüme engelleyen konsantrasyonlarda tuz birikimi görülmez. Yani bitkinin aldığı tuz, yeni yaprakların büyümesini doğrudan engellemez (Munns, 2005; Nawaz ve diğ, 2010). Yaprak ve kök büyüme oranındaki azalmalar ise,

muhtemelen tuzdan daha çok su stresi ile ilişkili faktörlerden kaynaklanmaktadır (Munns, 2002; Nawaz ve diğ, 2010). Büyüyen hücrelerde Na^+ ve Cl^- 'un toksik konsantrasyonların altında bulunması bu kanıyı desteklenmektedir. Örneğin, 120 mM NaCl içinde büyüyen buğdayda, yaprakların büyüyen dokularındaki Na^+ en fazla sadece 20 mM ve hızla genişleyen bölgelerde yalnızca 10 mM ve Cl^- 'un sadece yaklaşık 50 mM olduğu bildirilmiştir (Hu ve diğ, 2005; Nawaz ve diğ, 2010).

Wani ve diğ. (2013) tarafından, Varuna ve RH-30 olmak üzere iki çeşit *Brassica juncea* bitkisinde tuz stresinin büyüme, fotosentez ve antioksidan sistemin düzenlenmesi üzerine yaptıkları araştırmada toprağa farklı konsantrasyonlarda sodyum klorid (2.8, 4.2 ve 5.6 dsm1) uygulanmış ve her iki çeşitte de en yüksek NaCl seviyesi ile düzenlenmiş toprakta yetişen bitkilerin, en yüksek antioksidan enzim değerlerine sahip olduğu belirtilmiştir. CAT, POX ve SOD aktivite değerleri bitkilerin kontrol grupları ile karşılaştırıldığında Varuna'da sırasıyla %39.8 , %57.0 ve %96.8 ve RH-30'da %22.9 , %34.9 ve %80.6 arttığı görülmüştür. Aynı çalışmada; yaprakta ölçülen prolin içeriğinin tuz ile beslenen bitkilerde daha yüksek olduğu ve tuz konsantrasyonundaki artışla prolin içeriğinin arttığı saptanmıştır. Her iki çeşitte de topraktan 5.6 dsm1 NaCl ile beslenen bitkilerde en yüksek prolin değerleri bulunmuş ve artış kontrole kıyasla Varuna ve RH-30'da sırasıyla %84.9 ve %68.9 olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca toprakta artan NaCl seviyelerine maruz kalan bitkilerde stomal iletkenlik, içsel CO_2 konsantrasyonu ve terleme hızında önemli bir azalma ile elde edilen net fotosentez oranında düşüş görüldüğü ortaya konulmuştur. Tuzluluk stresi altında fotosentetik kapasite seviyesindeki azalma, büyük ölçüde, fotosentetik CO_2 asimilasyonunu otomatik olarak sınırlayacak olan tuz uyarımlı ABA birikiminin neden olduğu stomal kapanmadan kaynaklanıyor olabileceği belirtilmiştir.

Andre Dias de Azevedo Neto ve diğ. (2005) tarafından, hassas ve tolerant iki mısır genotipinde, kök ve yapraklarda lipid peroksidasyon ve antioksidan sistem üzerinde tuz stresinin (100 mM) etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, tuz stresi uygulanmış bitkilerin yapraklarında SOD, APX, GPX ve GR aktivitelerinin kontrol ile karşılaştırıldığında arttığı, ayrıca enzim aktivitesindeki bu artışın, tuz toleransı olan bitkilerde hassas bitkilere göre daha belirgin olduğu rapor edilmiştir. Tuz stresi, tolerant genotipte CAT aktivitesi üzerinde önemli etkiye sahip değilken tuza duyarlı genotipte ise önemli bir azalmaya neden olduğu belirtilmiştir. Tuza tolerans gösteren genotiplerin, tuz stresine maruz kalmış köklerinde SOD ve CAT aktiviteleri arttığı ve APX, GPX ve GR aktivitelerinin kontrolle kıyaslandığında, değişmeden kaldığı ayrıca duyarlı genotiplerin köklerinde tuzluluğun tüm çalışılan enzim aktivitelerinde

azalmaya neden olduğu, araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir. Araştırmacılar, tuz stresinin sadece hassas genotipin yapraklarında lipid peroksidasyonunu artırdığını rapor etmişlerdir (Avezedo Neto ve diğ, 2005).

Stres durumları altında özellikle prolin, glisin-betain ve şeker gibi çözünen maddelerin birikimi yaygın gözlenen bir durumdur (Ashraf ve diđ, 1994; Qasim ve diđ, 2003; Molazem ve diđ, 2010). Ashraf ve diđ. (1998), kurak ve tuzlu şartlar altında, Pro molekülünün bitkiyi bu olumsuz şartlara alıştıran önemli bir osmolit olduğunu rapor etmişlerdir. Molazem ve diđ. (2010) ise çalışmalarının sonucunda; tuzluluk stresi altında tahıl verimi ačíısından mısır çeşitlerinin performansı ile prolin birikimi arasında pozitif bir ilişki olduğunu rapor etmişlerdir. Dođan (2011), soya fasülyesinde tuz stresinin, Pro ve antioksidan potansiyel üzerindeki etkilerini araştırdığı çalışmasında, artan NaCl konsantrasyonunun taze-kuru ağırlık ve Kl içeriğini azalttığını; Pro konsantrasyonunun, tuz uygulaması yapılmayan bitkilere kıyasla yüksek tuzlulukta arttığını rapor etmiştir. Yüksek tuzluluğun, hem köklerde (yüksek tuzlulukta %28) hem de yapraklarda (yüksek tuzlulukta %38 ve düşükte %16) SOD aktivitesini azalttığı ancak düşük tuzluluğun, kökte % 2,85'e kadar SOD aktivitesinin artırdığı bildirilmiştir. Köklerde, düşük tuzluluk altında SOD aktivitesinde hafif bir artış bulunurken yüksek tuzlulukta yapraklarda, SOD aktivitesinde azalma tespit edilmiştir.

Bitkiler, tuz stresi gibi abiyotik ve biyotik streslerin pek çoğuna karşı, Pro gibi düşük molekül ağırlıklı uygun çözünen maddeler biriktirirler (Ashraf ve Harris, 2004; Tripathi ve diđ, 2007; Aghaei ve diđ, 2009; Amirjani, 2010). Pro, tuzluluk gibi farklı çevresel stresler altında hızla artan ilk amino asitlerdendir (Gadallah, 1999; Farhangi-Abriz ve Ghassemi- Golezani, 2018). Amirjani (2010) soya fasülyesinde tuz stresinin bitki gelişimi, mineral yapı, Pro içeriği ve antioksidan enzimler üzerine etkisi ile ilgili yaptığı bir araştırmada NaCl'ün artan konsantrasyonlarının bitki de Pro içeriğinin artmasına yol ačítıđını rapor etmiştir. Bu sonuçlar Su ve Bai (2008)'nin daha önceki araştırmalarıyla da desteklenmektedir. Oksidatif stres, antioksidan savunmada bir azalma veya oksidan türlerin artışı olarak tanımlanabilir. Yine aynı araştırmada, 50 mM NaCl uygulamasında antioksidan enzim aktivitelerinin kontrole kıyasla değişmeden kaldığı rapor edilmiş, bu sonuca bağlı olarak; bu konsantrasyonda bitkide oksidatif hasar ortaya çıkmadığı belirtilmiştir. Ancak bitkilere 100 ve 200 mM NaCl uygulandığında ise SOD, CAT ve POD gibi antioksidan enzim aktivitelerinde önemli bir düşüş olduğu rapor edilmiştir

Bitkinin tuz stresine karşı tolerans yeteneğini geliştiren önemli bileşiklerden biri SA'dır. SA, bitki türlerinde abiyotik strese karşı rol oynayan ve fizyolojik olayların düzenlenmesine katılan fenolik yapıya sahip içsel bir büyüme düzenleyicisidir (Farangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani, 2016; Pasala ve diğ, 2016). Eksojen SA uygulaması tuzlu koşullar altında, bitki büyümesini ve fotosentetik kapasiteyi artırmaktadır (Noreen ve diğ, 2012; Farangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani, 2016). SA uygulaması, tuzlu koşullarda mısır (Khodary, 2004), domates (Stevens ve diğ, 2006) ve soya fasulyesinin (Gutierrez-Coronado ve diğ, 1998) kök ve kök üstü kısımlarının kuru ağırlıklarını önemli ölçüde artırmıştır (Farangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani, 2016). Ayrıca Khodary (2004), SA'nın karbonhidrat metabolizması ve fotosentez performansını artırarak mısır bitkisinde tuz stresini uyardığını rapor etmiştir. SA'nın bitkinin tuz stresine karşı tolerans yeteneğini geliştirerek bitki hücrelerinin protein birikimini artırdığı rapor edilmektedir (Kumar ve diğ, 1999; Farangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani, 2016).

Toksoy Köseoğlu (2019) tarafından, mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin ADA 9510 genotipinde, SA'nın tuz stresi altındaki etkileri araştırılmıştır. Tuz stresinin şiddeti artarken, antioksidan enzim aktivitelerinin arttığı; büyüme parametreleri ve fotosentetik pigment içeriklerinin düştüğü belirtilmiştir. SA uygulamasının ise antioksidan enzim aktivitesini bir miktar azalttığı; büyüme parametrelerini artırdığı, aynı zamanda fotosentetik pigment miktarlarına da olumlu etkilediğini gözlemişlerdir. Tuz stresi 100 mM'lık konsantrasyonda en olumsuz etkiyi gösterirken; SA kombinasyonunda 75 mM'lık tuz konsantrasyonunun en iyi sonuçları verdiği rapor edilmiştir.

Yapılan birçok araştırma, membran bütünlüğünü korumada, SA'nın rolünü ortaya koymaktadır (El-Tayeb, 2005; Eraslan ve diğ, 2007; Güneş ve diğ, 2007 Toksoy Köseoğlu 2019). Örneğin; SA, mısır ve arpa bitkisinde tuz stresinin sonucu olarak oluşan MDA içeriğini düşürmüştür (Güneş ve diğ, 2007; Fayez ve Bazaid, 2014; Toksoy Köseoğlu 2019). Toksoy Köseoğlu (2019) tarafından mısır bitkisinde yapılan bir çalışmada, diğer çalışmalara paralel olarak tuz stresine bağlı MDA miktarında bir artış gözlenmiş ayrıca kontrole göre foliar SA uygulamasının MDA miktarını önemli ölçüde düşürdüğü rapor edilmiştir.

Güneş ve diğ. (2005), mısır bitkisinde tuzlu koşullarda, SA'nın bazı fizyolojik parametreler üzerindeki etkilerini araştırdıkları bir çalışmada, eksojen SA uygulamasının hem tuzlu hem de tuzlu olmayan koşullarda bitki büyümesini önemli ölçüde artırdığı rapor edilmiştir. Tuz stresinin sonucu olarak; MDA içeriğine göre ölçülen lipid peroksidasyonu ve membran geçirgenliğinin SA uygulaması ile azaldığı belirtilmiştir. Ayrıca artan SA

uygulamasının kontrol bitkilerine göre hem tuzlu hem tuzlu olmayan koşullarda, H₂O₂ konsantrasyonunu artırdığı ve buna bağlı olarak SA'nın oksidatif stres durumuna yol açabileceği ileri sürülmüştür. Tütün bitkisinde de SA uygulanmış yaprakların H₂O₂ biriktirdiği bildirilmiştir (Chen ve diğ, 1993; Rao ve diğ, 1997; Güneş ve diğ, 2005).

Ma ve diğ. (2017), tuz stresinin, stres uygulanmayan bitkilerle karşılaştırıldığında; Kl a, Kl b, toplam Kl ve karotenoid içeriği üzerinde önemli bir azalışa neden olduğunu rapor etmişlerdir. Kl a içeriğinin, %0.3 tuzlulukta %29.5, %0.6 tuzlulukta %72.3 ve %0.9 tuzlulukta %77.1 azaldığı belirtilmiştir. Tuz stresine maruz kalan bitkilerde SA uygulamasının, SA ile işleme tabi tutulmamış bitkilerle karşılaştırıldığında, SA'nın Kl a içeriğindeki azalmayı %0.3, tuzlulukta yaklaşık %16.2 ve %0.6 tuzlulukta %41.3 oranında yavaşlattığını tespit etmişlerdir. Kl b içeriğinin, %0.3 tuzlulukta %20.4, %0.6 tuzlulukta %71.4 ve %0.9 tuzlulukta %77.5 azaldığını bildirmişlerdir. Tuz stresine maruz kalan bitkilerde SA uygulamasının, SA ile işleme tabi tutulmamış bitkilerle karşılaştırıldığında, Kl b içeriğindeki azalmayı %0,3 tuzlulukta yaklaşık %14.7 ve %0.6 tuzlulukta %7,1 yavaşlattığı rapor edilmiştir.

Türkyılmaz Ünal ve Aktaş (2005) tarafından farklı konsantrasyonlardaki (50, 100 ve 200 ppm) SA'nın, sera ve tarla koşullarında yetiştirilen *Phaseolus vulgaris* L. fidelerinin bitki büyümesi ile bazı fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerindeki etkisini araştırdıkları bir çalışmada; sera bitkilerinde Kl a miktarı 50 ve 100 ppm SA uygulamalarında kontrole göre önemli biçimde ve sırasıyla %25 ile %29 değerinde arttığı rapor edilmiştir. Kl b miktarının ise, tüm SA uygulama gruplarında kontrole göre artmış ve en yüksek artışın %32 ile 100 ppm SA uygulamasında görüldüğü belirtilmiştir. Karotenoid miktarı üzerinde 100 ppm SA uygulamasının %30 oranında artışa neden olduğu, diğer konsantrasyonların bu pigment miktarı üzerinde önemli bir etkisi olmadığı belirtilmiştir. Tarla bitkilerinde, Kl a, Kl b ve karotenoid miktarları bakımından 50 ppm SA'nın etkili bir konsantrasyon olarak bulunduğu ve pigment miktarlarında neden olduğu artışın %10 dolayında gerçekleştiği bildirilmiştir. Karotenoid miktarlarındaki artışın, bu pigmentlerin bitkide fotosentezin yanı sıra antioksidan metabolizma ile ilişkili ve SA'nın stres tolerans mekanizmasında etkin bir sinyal molekül olmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir.

Farhangi-Abriz ve Ghassemi- Golezani (2018), tuz stresine maruz kalmış soya fasülyesi bitkisinde, SA'nın prolin sentezini azaltarak yaprakların klorofil içeriğini arttırdığını rapor etmiştir. Molazem ve diğ. (2010) tuz stresinin 8 çeşit mısır bitkisinde Na, Kl ve Pro içeriği

üzerindeki etkilerini araştırdıkları bir çalışmada tuz stresinin Kl içeriğini azalttığı ve bu azalışın hassas genotiplerde toleranlara göre daha önemli olduğu tespit edilmiştir.

Jini ve Joseph (2017), pirinçte tuz stresini azaltmada, SA'nın fizyolojik mekanizmasını araştırdıkları çalışmalarında ASD16 (tuza duyarlı çeşit) ve BR26 (tuz toleranlı çeşit) çeşitleri kullanılmıştır. Her iki çeşitte de NaCl, SA ve NaCl+SA uygulanan gruplar ile kontrol grupları oluşturulmuş ve içsel SA seviyesi ASD16'da kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, NaCl uygulamasıyla oldukça önemli bir seviyeye düşürüldüğü rapor edilmiştir. Bununla birlikte BR26'da NaCl uygulamasıyla önemsiz bir artış bulunduğu belirtilmiştir. Ek olarak, SA uygulamasının her iki çeşitte de içsel SA seviyesini, tuz stresi ve tuz stresi olmayan koşullarda önemli ölçüde artırdığı bildirilmiştir. Her iki çeşitte de içsel SA seviyesi, NaCl uygulanan gruplarda karşılaştırıldığında, SA+NaCl uygulamasıyla önemli ölçüde artırdığı rapor edilmiştir. Ayrıca, SOD, CAT ve POX gibi antioksidan enzim aktiviteleri tuz stresi ile artarken SA uygulamasıyla azaldığı belirtilmiştir. SOD ve CAT aktivitesi uygulama görmüş bitkilerde ASD16'da BR26'dan daha yüksek iken POD aktivitesi BR26'da ASD26'ya göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bu çalışma, SA uygulamasının pirinç bitkilerinde fizyolojik mekanizmaların düzenlenmesiyle tuz stresinin olumsuz etkilerinin hafifletilebileceğine kanıt olarak sunulmuştur (Jini ve Joseph, 2017).

JA, biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı bitki cevabını düzenleyen önemli bir bitkisel hormon olmakla birlikte, bitki büyüme ve gelişiminde de önemli birçok role sahiptir (Dar ve diğ, 2015; Siva ve diğ, 2015; Farhangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani, 2019). JA ve onun metil esteri, oktadekanoid sinyal yolunun anahtar molekülüdür. JA'nın; çimlenme, kök gelişimi, verimlilik, meyve olgunlaşması ve senesens gibi gelişimsel olayların çoğu ile ilgili bir molekül olduğu rapor edilmiştir (Wasternack ve Hause, 2002; Farangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani 2016). JA içeriği tuzluluk gibi stres koşulları altında artabilmektedir (Pedranzani ve diğ, 2007; Farangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani, 2016). Kang ve diğ. (2005), JA uygulamasının, abiyotik ve biyotik birçok strese karşı toleransı artırabildiğini belirtmişlerdir (Farangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani, 2016). Tuz stresi altındaki soya fasülyesi yapraklarına uygulanan JA, tuzun zarar verici etkisini azaltmakta ve fotosentez verimi artırmaktadır (Yoon ve diğ, 2009; Farangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani, 2016). Jasmonatların bitkilerdeki tuz stresinin zararlı etkilerini azalttığına dair bulgular gün geçtikçe artmaktadır.

Kang ve diğ. (2005) tarafından yapılan bir araştırmada, JA'nın pirinç bitkisinde biyokütle verimi üzerinde, tuz inhibisyonunu azalttığı; Velitchkova ve Fedina (1998) tarafından

yapılan bir çalışmada ise *Pisum sativum*'da protein sentezi ve karbon fiksasyonu oranları üzerinde, JA'nın tuz toksisitesinin inhibitör etkisini azalttığı rapor edilmiştir. (Farhangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani 2019). Yoon ve diğ. (2009), soya fasülyesi fidelerinde JA'nın yapraklara püskürtme yolu ile uygulanmasının, tuz toksisitesi semptomlarının azalttığı belirtilmiştir (Farhangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani, 2019). Ayrıca, tuz stresi altında eksojen JA uygulamasının, antioksidan aktiviteyi artırdığı, lipid peroksidasyonunu azalttığı ve potasyum içeriğini düzenlediği belirtilmiştir (Faghieh ve diğ, 2017; Farhangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani 2018; Farhangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani, 2019). Wang ve diğ. (2001), tuz stresine cevap olarak içsel jasmonik asit içeriğindeki artışları, *Iris hexagona* yapraklarında rapor etmiştir (Farhangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani, 2019). Tuzluluk ve kuraklığa karşı bitki yanıtlarını yöneten fizyolojik mekanizmalar yüksek benzerlik göstermektedir. Her iki stres de, bitki hücrelerinde su yokluğunun algılanmasının gerekliliğini düşündürmektedir (Jakab ve diğ, 2005; Santino ve diğ, 2013).

Toprakda yüksek tuz (en yaygın NaCl) konsantrasyonları su potansiyelinin azalmasına neden olmaktadır (Hasegawa ve diğ, 2000; Santino ve diğ, 2013). Hiperosmotik şok ve ardından gelen oksidatif strese (Borsani ve diğ, 2001) ek olarak, apoplasttaki yüksek NaCl konsantrasyonunun zararlı sonuçları arasında iyon toksisitesi ve besin dengesizliği de yer almaktadır (Serrano ve diğ, 1999; Hasegawa ve diğ, 2000; Rodriguez-Navarro, 2000; Santino ve diğ, 2013). Abdala ve diğ. (2003), NaCl'e karşı farklı duyarlılığa sahip iki domates çeşidinde tüylü köklerin tuz stresine tepkisini incelemiştir. Sonuçlar, endojen JA seviyesindeki değişikliklerin, zıt tuz toleransına sahip genotipler de farklı olduğunu göstermiştir (Santino ve diğ, 2013). Turunçgil bitkilerinde, tuz stresi uygulaması, köklerde JA konsantrasyonunda hızlı bir artışa neden olarak, stresin başlamasından 6 saat sonra maksimum seviyelere ulaştığını saptamışlardır (Mahouachi ve diğ, 2007; Arbona ve Gomez-Cadenas, 2008; Arbona ve diğ, 2010; Santino ve diğ, 2013).

Alisofi ve diğ. (2020), tuz stresi altındaki *Momordica charantia* fidelerinde, Kl a ve toplam Kl içeriğinin kademeli olarak artarken, Kl b içeriğinin kontrole göre düşük ve orta tuzluluklarda önemli olmamakla birlikte azalış gösterdiğini, ancak yüksek tuzluluğa yanıt olarak bu pigmentlerin miktarının önemli ölçüde azaldığını bildirmişlerdir. JA uygulanan fidelerde Kl a, Kl b ve toplam Kl içeriklerinin, uygulama görmeyen kontrol fidelerine göre, tuz stresi altında önemli ölçüde arttığı rapor edilmiştir. Bununla birlikte, JA uygulamasının yüksek tuzluluk altında, Kl içerikleri üzerindeki olumlu etkisinin anlamlı olmadığı belirtilmiştir.

Kaur ve diğ. (2017), tuz stresi uygulanmış *Brassica napus* fidelerinde, JA'nın bazı biyokimyasal ve fizyolojik parametreler üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, JA'nın toplam Kl miktarında yüksek sevide birikime neden olduğunu, ayrıca JA'nın, *B. napus* bitkilerinde hem normal ve hem de yüksek tuzluluk koşullarında A, C, E vitaminleri ile birlikte karotenoid, β -karoten, antosiyanin ve likopen birikiminin daha yüksek olmasına neden olduğunu rapor etmişlerdir. Bu sonuçlar, JA'nın tuzluluk stresine karşı *B. napus* bitkisinde yüksek koruma sağladığını göstermektedir. Ayrıca mevcut çalışmada 80 mM NaCl'ün, protein içeriğini kontrole göre önemli ölçüde yükselttiği, ardından bu yükselmeyi 100 mM NaCl konsantrasyonunun izlediği, ancak 120 mM NaCl uygulamasının *B. napus* L. fidelerinde toplam protein içeriğini azalttığı belirtilmiştir.

Kaur ve Sirhindi (2015), tuz stresine maruz kalan *Brassica napus* L. GSC 6 varyetelerinde JA'nın stres tepkileri üzerindeki etkilerini inceledikleri bir çalışmada fidelerin büyüme ortamında 180 mM NaCl varlığının, kontrol (distile su) ile karşılaştırıldığında prolin içeriğini artırdığını belirtmişlerdir. Öte yandan, NaCl'nin prolin içeriği üzerindeki teşvik edici etkisi, azalan JA konsantrasyonunun varlığıyla prolin içeriğini düşürdüğü rapor edilmiştir.

Farhangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani (2018) tarafından, tuz stresine maruz kalmış soya fasülyesi bitkisinde, JA ve SA'nın bitkiyi nasıl etkilediğini araştırdıkları çalışmalarında, JA ve SA uygulamasının, soya fasülyesi bitkilerinde antioksidan enzim aktivitelerini artırarak oksidatif hasarı azalttığı rapor edilmiştir. Tuzluluktan dolayı soya fasülyesi yapraklarında artan osmotik ve oksidatif stresin, Kl sentezini azalttığı, JA'nın tuz toksisitesinin neden olduğu osmotik ve oksidatif zararı hafiflettiği fakat Kl içeriği üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı belirtilmiştir. Bu durumun, Kl sentezi üzerine JA'nın inhibitör etkisiyle ilişkili olduğu bildirilmiştir (Weidhase ve diğ, 1987). Eksojen SA'nın tuzluluğun zararlı etkilerini azaltarak soya fasülyesinde tohum verimi ve bitki kütlesini artırdığı fakat JA uygulamasının bitkide nihai verim üzerinde önemli etki göstermediği rapor edilmiştir. Tuz stresi altında soya fasülyesinde artan prolin içeriğinin JA ve SA uygulamasıyla azaldığı da araştırmacılar tarafından belirtilmiştir. Ek olarak, eksojen SA ve JA uygulamasıyla MDA'nın azalmasının, bu büyüme düzenleyicileri tarafından antioksidan enzimlerin aktivitelerinin artırılmasıyla doğrudan ilişkili olduğu rapor edilmiştir (Farhangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani, 2018).

JA uygulaması, MDA içeriğini azaltarak çeşitli stres faktörlerinin neden olduğu membran hasarlarından bitkiyi korumaktadır (Bandurska vd. 2003; Kaur ve Sirhindi 2015). Kaur ve Sirhindi (2015) tarafından yapılan bir araştırmada, JA'nın tuz stresine maruz kalan

Brassica napus L. GSC'nin 6 varyetesinde stres tepkileri incelenmiş ve NaCl varlığında, lipid peroksidasyonunun arttığı rapor edilmiştir. 180 mM NaCl varlığında lipid peroksidasyonunda % 139 artış gösterdiği belirtilmiştir. JA uygulamasının ise MDA içeriğini yaklaşık olarak % 23 azalttığı belirtilmiştir.

Seçkin Dinler ve diğ. (2019) tarafından yapılan bir araştırmada tuz stresinin, K1 içeriğini azaltırken MeJA uygulamasının bu değişkeni artırdığı, ayrıca sadece MeJA uygulamasının soya köklerinde ve yapraklarında MDA içeriğini etkilemezken tuz stresinin (200 mM NaCl) hem kök hem de yapraklarda bu değişkeni 1,5 kat artırdığı rapor edilmiştir. MDA, oksidatif hasarı gösteren bir lipid peroksidasyon ürünüdür (Seçkin Dinler ve diğ, 2019). In- Jung Lee ve diğ. (2009) tarafından yapılan bir araştırmada K1 içeriğinin, NaCl uygulanan soya fasülyesi bitkilerinde kısmen azalırken, MeJA uygulaması yapılan bitkilerde önemli ölçüde arttığı rapor edilmiştir. Serbest prolin konsantrasyonu tuz uygulanan gruplarda, MeJA + NaCl uygulanan gruplardan daha yüksek bulunmuştur. 30 µM MeJA uygulanan bitkilerde klorofil ve serbest prolin içeriği 20 µM MeJA uygulanan gruplardan daha yüksek olduğu rapor edilmiştir. Popova ve diğ. (2003), SA ve MeJA ön uygulamasının arpa bitkisinde parakuata karşı fotosentez mekanizmasını koruduğunu saptamışlardır.

ABA, tuzluluk gibi çevresel streslere yanıtta rol oynayan ve bitkilerde stres toleransı için gerekli bir hormondur (Jia ve diğ, 2002). Tuz ve kuraklık stresine maruz kalındığı süre boyunca ABA seviyesi arttıkça, bitkilerde su kaybının indüklendiği rapor edilmiştir (Hamayun ve diğ. 2010). Bu nedenle, ABA'nın bu streslere yanıtta sinyal vermede merkezi bir rol oynadığı varsayılmıştır (Zeevaart ve Creelman, 1988; Hamayun ve diğ, 2010). Hamayun ve diğ. (2010), soya fasülyesi çeşidi Hwangkeumkong'un büyüme nitelikleri ve endojen büyüme hormonları üzerine tuz stresinin etkisini araştırdıkları bir çalışmada, NaCl stresinin artması ile yapraklarda ABA içeriğinin de önemli ölçüde arttığını gözlemişlerdir. ABA içeriğindeki bu artış, tuz stresi altındaki soya fasülyesi bitkisinin büyüme ve gelişmesini engellemekte ve ayrıca fotosentezi etkileyerek stomaların kapanmasına neden olmaktadır.

JA içeriği ise yükselen NaCl stresi ile artarken, çiçeklenme sonrası büyüme aşamasında uygulanan NaCl ile çok daha fazla bir artış göstermiştir. Çiçeklenme sonrası evrelerde daha yüksek JA varlığı, bitki büyüme ve gelişmesiyle JA içeriğinin arttığını göstermiştir. Hamayun ve diğ. (2010) bulguları, artan tuzluluk stresine cevap olarak bitkilerde JA'nın genellikle arttığını gösteren Wang ve diğ. (2001) önceki raporlarıyla da doğrulamışlardır. Bununla birlikte

Hamayun ve diğ. (2010)'nin bulguları, yüksek NaCl uygulandığında içsel jasmonatların artmadığını gözlemleyen Kramell ve diğ. (1995) ile uyuşmadığı belirtilmektedir.

SA; fungus, bakteri, virüs (Delaney ve diğ, 1995), dondurucu soğuk, kuraklık ve sıcaklık (Senaratna ve diğ, 2003) gibi abiyotik ve biyotik birçok strese karşı, bitkinin toleransını artırır (Hamayun ve diğ, 2010). SA'ın tolerans mekanizması ile birlikte, biyokimyasal yolların aktivasyonunda düzenleyici bir role sahip olduğu açıktır (Sticher ve diğ, 1997; Hamayun ve diğ, 2010). Bu araştırmada, JA'nın genel olarak arttığı, SA ve indol-3-asetik-asit (IAA)'ın tuzluluğa cevap olarak azaldığı bildirilmiştir (Hamayun ve diğ, 2010).

Ghassemi-Golezani ve Hosseinzadeh-Mahootchi, (2015) tuz stresi altındaki *Carthamus tinctorius* L.'de SA ve JA'nın fizyolojik parametreler üzerindeki etkilerini araştırmış ve artan tuzluluğun yaprak alanını azalttığını, bununla birlikte yapraktan uygulanan SA ve JA'nın yaprak alanını artırdığını bildirmişlerdir.

Genel olarak, düşük SA konsantrasyonları, abiyotik streslere toleransı kolaylaştırırken, yüksek konsantrasyonlar, alevlenen ROT oluşumu nedeniyle hücre ölümüne yol açan oksidatif stresi indüklemektedir (Jayakannan ve diğ, 2015). Poor ve diğ. (2012), domates hücrelerinin tuza maruz kalması sonucu kontrolle kıyaslandığında, sadece %70'inin yaşayabildiğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte, 300 mM NaCl uygulamasının, hızlı hücre ölümüyle sonuçlandığı bildirilmiştir. 0.1 mM SA konsantrasyonunun hücre çoğalmasını engellediği, 1 mM NaCl konsantrasyonunun ise hücre ölümüne yol açtığı bildirilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Soyada tuz stresinin etkilerinin ayrıntılı olarak değerlendirilmesi için yapılan bu araştırmada, öncelikle tuza duyarlı ve dirençli çeşitleri saptamak amacı ile 8 çeşit (Agroyal, Nova, Planet, Blaze, SA88, Bravo, Safır, Asya) üzerinde ön deneme çalışmaları yapıldı. Temin edilen tohumlar için hazırlanan deney düzeneğinde kontrol, 150 mM ve 300 mM NaCl grupları oluşturuldu. Petri ve perlitte iki ayrı grup halinde çimlenme denemeleri yapıldı. Yapılan denemeler sonucunda dirençli soya tohum çeşidi Agroyal olarak saptanırken, duyarlı soya tohum çeşidi ise Asya olarak belirlendi. 300 mM NaCl uygulanan grupta tohum gelişimi tamamen inhibe olduğundan dolayı, 75 mM ve 150 mM NaCl uygulama konsantrasyonları olarak seçildi.

Agroyal tohumları Agrova tohumculuktan, Asya tohumları ise Atay tarımdan temin edildi. *Glycine max* bitkileri iklim odasında 25 °C de, perlit içeren saksılarda yetiştirildi. Besi ortamı olarak Hoagland ve Arnon (1938)'a göre hazırlanan Hoagland kültür çözeltisi kullanıldı (Çizelge 3.1). Asya (duyarlı) ve Agroyal (dirençli) çeşidi soya tohumları 3 gruba ayrılarak çimlenme öncesi, distile su, 250 µM ASA, 1 µM MeJA çözeltilerinde 6 saat bekletildi. Nemlendirilen perlitlere 8 tekrarlı olmak üzere 4'er tohum ekildi. Ekimden sonra sulanan saksıların üzeri, perlitlerin çabuk kurumasını engellemek için alüminyum folyo ile kapatıldı. 4. gün alüminyum folyolar çıkarılarak, toplamda bir hafta olacak şekilde hoagland solusyonu ile sulama yapıldı. Bu sürenin sonunda, örnekler 12 gün boyunca 75 mM ve 150 mM NaCl ile hazırlanan çözeltiler ile sulanarak tuz stresine maruz bırakıldı (Şekil 3.1, Şekil 3.2). Tuz stresine takiben 21. günde analiz edilecek örnekler alınarak derin dondurucuda muhafaza edildi.

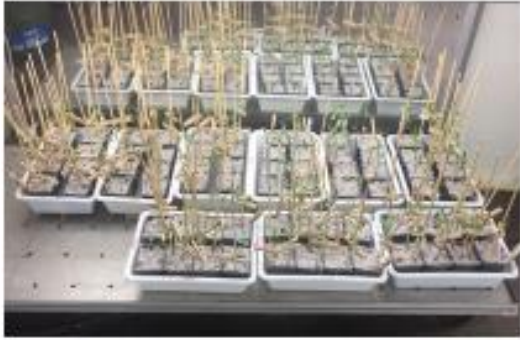
Çizelge 3.1 : Hoagland kültür çözeltisinin bileşimi (Hoagland ve Arnon, 1938).

Makro elementler	g/L
Ca(NO ₃) ₃ .4H ₂ O	0.821
KNO ₃	0.506
KH ₂ PO ₄	0.136
MgSO ₄ .7H ₂ O	0.120
Mikro elementler	mg/L
C ₆ H ₅ FeO ₇ .5.H ₂ O	50.00
MnCl ₂ .2H ₂ O	1.47
H ₃ BO ₃	2.90
ZnCl ₂	0.12
CuCl	0.03

Yapılan bu araştırmada, *Glycine max* duyarlı ve dayanıklı bitkilerinde tuz stresinin; SOD, APX, CAT, GPX, GR, POD, GST, GSH, toplam protein , prolin, lipid peroksidasyonu, yaprak alanı, pigment sistemi, fenolik bileşik içeriği, ölü hücre yüzdesi, yaş ve kuru ağırlık, içsel ASA, içsel JA ve içsel ABA üzerine etkileri incelendi. Ek olarak, bitkilerde strese karşı savunma cevabında etkili olduğu bilinen ASA ve MeJA'nın tuz stresine karşı savunmadaki rolünü görebilmek için, ASA+tuz, MeJA+tuz ve kontrol gruplarında (ASA'lı, MeJA'lı, ASA'sız ve MeJA'sız) parametreler karşılaştırmalı olarak değerlendirildi.



ASYA



Şekil 3.1 : Çimlenme öncesi ASA ve MeJA, çimlenme sonrası tuz stresi uygulanmış *Glycine max* cv. Asya bitkileri.



Şekil 3.2 : Çimlenme öncesi ASA ve MeJA, çimlenme sonrası tuz stresi uygulanmış *Glycine max* cv. Agroyal bitkileri.

3.1. Süperoksit Dismutaz Aktivitesi Tayini

Chen ve Zhang (2016)'a göre 0.1 g taze yaprak örneği 1.5 mL 100 mM (pH:7.8) PBS tamponu eklenerek homojenize edildi. Örnekler 4 °C'de 1500 rpm'de 25 dakika santrifüj edildi. 100 mM PBS (pH:7.8), 1 mM EDTA-2Na, 130 mM metionin, 750 µM NBT, 20 µM riboflavin karıştırılarak ölçüm tamponu oluşturuldu. Örneklerin ölçümü için, 1 mL ölçüm tamponu üzerine 50 µL örnek eklendi. Kontrol I için, 1 ml ölçüm tamponu üzerine 50 µL 100 mM PBS (pH:7.8) eklenerek karanlıkta tutuldu. Kontrol II için, 1 mL ölçüm tamponu üzerine 50 µL 100 mM PBS (pH:7.8) eklenerek aydınlıkta tutuldu. Örnek ve kontrol II 4,000 lux. ışık altında 15 dakika tutulurken kontrol I karanlıkta tutuldu. Blanc olarak kontrol I kullanıldı. Ölçümler EPOCH2 mikroparka spektrofotometre cihazında 560 nm dalga boyunda yapıldı. SOD aktivitesi (unit: u/mg protein) = $[(Ack-As) \times V]/(0.5 \times Ack \times Vt)/Cp$ formülüne göre hesaplandı.

3.2. Askorbat Peroksidaz Aktivitesi Tayini

Chen ve Zhang (2016)'a göre 0.1 g taze yaprak örneği 1.5 mL 100 mM (pH:7.8) PBS tamponu eklenerek homojenize edildi. Örnekler 4 °C'de 1500 rpm'de 25 dakika santrifüj edildi. APX aktivitesini ölçmek için, toplam hacim 2 mL olacak şekilde 50 mM NaPO₄ tamponu (Ph: 7.0) içerisinde 0.5 mM L-askorbat, 1.0 mM H₂O₂, 0.1 mM EDTA ve 50 µL enzim ekstraktını içeren reaksiyon karışımındaki enzim aktivitesi askorbatın okside olmasına dayalı olarak 290 nm deki absorbans azalışı spektrofotometrede 2 dakika boyunca ölçüldü ve sonuç unit/mg.protein olarak hesaplandı (Nakano ve Asada, 1981).

3.3. Katalaz Aktivitesi Tayini

Chen ve Zhang (2016)'a göre 0.1 g taze yaprak örneği 1.5 mL 100 mM (pH:7.8) PBS tamponu eklenerek homojenize edildi. Örnekler 4 °C'de 1500 rpm'de 25 dakika santrifüj edildi. 100 mM PBS (pH:7.0) tamponuna % 30 H₂O₂ eklendi. 50 µL örnek üzerine 1 mL ölçüm tamponu eklenerek spektrofotometrede 240 nm dalga boyunda ölçümler yapıldı. Blanc olarak, 1 mL ölçüm tamponu üzerine 50 µL ekstre tamponu eklenerek kullanıldı. CAT aktivitesi (unit: u/mg protein) = $\Delta A_{240} \times (V/V_t) / (0.1 \times t) / C_p$ formülüne göre hesaplandı.

3.4. Glutasyon Peroksidaz Aktivitesi Tayini

GPX aktivitesi Flohe ve diğ. (1979), Flohe, (1982) ve Debora ve diğ. (2017)'nin yöntemleri dikkate alınarak modifiye edildi. Enzim aktivitesinin tayini için 1 mM EDTA içeren 0.1 M potasyum fosfat tamponu (pH:7.0), 10 mM Tris-HCL (pH 7) içerisinde 2 mM NADPH, 4 mM GSH (L-glutasyon redükte) ve 500 µL H₂O₂, 50 µL distile suda çözünerek hazırlandı. Enzim aktivitesi spektrofotometrede (Biochrom Libra S22) 340 nm dalga boyunda 3. dakikada elde edilen absorbans değerleri ölçüldü. GPX aktivitesi (unit/mL) = $(A_{340}/\text{min}) \times 121 / (0.00622)$ formülüne göre hesaplandı (Paglia ve Valentine, 1967).

3.5. Glutasyon Redüktaz Aktivitesi Tayini

GR aktivitesi Carlberg ve Mannervik, (1985)'e göre belirlendi. Enzim aktivitesinin tayini için 2 mM EDTA içeren 0.2 M potasyum fosfat tamponu (pH:7), 10 mM Tris-HCL (Ph:7) içerisinde 2 mM NADPH ve 10 mL distile suda 20 mM GSSG hazırlandı. Reaksiyon karışımı 500 µL 0.2 M potasyum fosfat tamponu, 50 µL 2 mM NADPH, 50 µL 20 mM GSSG, 100 µL distile su ve 300 µL örnek olarak hazırlandı. Enzim aktivitesi spektrofotometrede (Biochrom Libra S22) 340 nm dalga boyunda 1. dakikada elde edilen absorbans değerleri ölçüldü.

3.6. Peroksidaz Aktivitesi Tayini

Chen ve Zhang (2016)'a göre 0.1 g taze yaprak örneği 1.5 mL 100 mM (pH:7.8) PBS tamponu eklenerek homojenize edildi. Örnekler 4 °C'de 1500 rpm'de 25 dakika santrifüj edildi. 28 µL % 0.2 guaiakol, 50 mL 100 mM PBS (pH:7.0) tamponuna eklendi. Üzerine 19 µL % 30 H₂O₂ eklendi. 190 µL tampon üzerine 10 µL örnek koyularak 470 nm'de 1 dakika boyunca EPOCH2 mikropilaka spektrofotometre cihazında ölçüm yapıldı. Blanc olarak, 190 µL tampon üzerine 10 µL ekstre tamponu eklenerek kullanıldı. POD aktivitesi (unit: u/mg protein) = $\Delta A_{470} \times (V/V_t) / (0.01 \times t) / C_p$ formülüne göre hesaplandı.

3.7. Glutasyon S-Transferaz Aktivitesi Tayini

GST tayini Habig ve diğ. (1974)'ne göre yapıldı. GST aktivitesi tayini için 0.1 M potasyum fosfat tamponu, 0.01 M Tris HCl (Ph:7.4) içerisinde 0,002 M redükte glutasyon ve % 96'lık etil alkol içerisinde 0,15 M CDNB (1-chloro,2-4dinitrobenzen) hazırlandı. Reaksiyon karışımı 400 µL 0.1 M potasyum fosfat tamponu, 400 µL redükte glutasyon, 100 µL örnek ve 150 µL CDNB olarak hazırlandı. Enzim aktivitesi için spektrofotometrede (Biochrom Libra S22) 344 nm dalga boyunda 2. dakikada elde edilen absorbans değerleri hesaplandı.

3.8. Glutasyon Miktarı Tayini

Total glutasyon içeriği Akerboom ve Sies (1981)'e göre belirlendi. Glutasyon içeriğini belirlemek için 6.3 mM EDTA içeren 125 mM sodyum difosfat tamponunun millitresinde 23.78 mg DTNB ve 0.248 mg NADPH hazırlandı. 700 µL NADPH ve 100 µL DTNB sıcak su banyosunda 30 °C'de 10-12 dakika inkübe edildikten sonra üzerine 150 µL distile su, 5 µL GR ve 50 µL örnek ilave edildi. Spektrofotometrede (Biochrom Libra S22) 412 nm dalga boyunda 1. dakikada elde edilen absorbans değerleri ölçüldü.

3.9. Protein Miktarı Tayini

Protein miktarı tayini, Chen ve Zhang (2016)'a göre yapıldı. 0,1 g taze yaprak örneği 1.5 mL 100 mM (pH:7.8) PBS tamponu eklenerek homojenize edildi. Örnekler 4 °C'de 1500 rpm'de 25 dakika santrifüj edildi. Ölçüm elisa reader cihazında yapıldı. Bunun için her bir kuyucuğa 125 µL Bradford ayırıcı konuldu. Daha sonra üzerine 25 µL örnek eklendi. Blank olarak PBS tamponu kullanıldı. Örnekler 15 dakika karanlıkta bekletildikten sonra 595 nm'de ölçüm yapıldı. Sonuçlar BSA standart grafiğine göre hesaplandı. Protein miktarı mg/mL olarak hesaplandı.

3.10. Prolin Analizi

Pro analizi, Chen ve Zhang (2016)'a göre yapıldı. 0.1 g taze yaprak örneği 100 mM (pH:7.8) PBS tamponu eklenerek homojenize edildi. Örnekler 4 °C'de 1500 rpm'de 25 dakika santrifüj edildi. Ölçüm için %3 sulfosalisilik asit, asetik asit ve %2.5 asit ninhidrin içeren reaksiyon solüsyonu hazırlandı. 1.5 mL'lik santrifüj tüpünde, 1 mL reaksiyon solüsyonuna 50 µL örnek eklendi. Kör olarak 1 mL reaksiyon solüsyonuna 50 µL 100 mM PBS (pH:7.0) eklendi. Reaksiyon karışımı kaynayan su banyosunda 15 dakika bekletildi. Karışım kırmızı renge döndü, örnekler reaksiyonu durdurmak için buza alındı. 200 µL örnek 520 nm dalga boyunda EPOCH2 mikropilaka spektrofotometre cihazında okundu. Pro miktarı standart grafiğe karşı µg/mg.TA cinsinden hesaplandı.

3.11. Lipid Peroksidasyonu Analizi

Lipid peroksidasyonunun son ürünü olan Malondialdehid (MDA) içeriğinin ölçümü Chen ve Zhang (2016)'a göre yapıldı. Öncelikle örnekler 0.1 g taze yaprak örneği 1.5 mL 100 mM (pH:7.8) PBS tamponu eklenerek homojenize edildi. Örnekler 4 °C'de 1500 rpm'de 25 dakika santrifüj edildi. Ölçüm için % 10 TCA ve % 0.25 TBA taze olarak hazırlandı. 1,5 mL'lik santrifüj tüpünde 1 mL %0.25 TBA solüsyonuna 100 µL örnek eklendi. Kör olarak 1 mL % 0.25 TBA'ya 100 µL 100 mM PBS (pH:7.8) eklendi. Reaksiyon karışımı 15 dakika kaynar su bulunan su banyosunda tutuldu. Reaksiyonun sonlanması için örnekler buza alındı. 200 µL reaksiyon karışımı 532 ve 600 nm'de ölçüldü. Ekstinksiyon katsayısı 155 mM⁻¹cm⁻¹ olarak alındı.

3.12. Yaprak Alanı Ölçümü

Yaprak alanı ölçümü için kontrol ve deney gruplarındaki bitki yapraklarının en geniş kısımları baz alınarak en ve boyları ölçüldü ve alanları hesaplanarak cm cinsinden grafik çizildi.

3.13. Pigment Analizi

Pigment analizi Parsons ve Strickland (1963)'e göre yapıldı. Pigment analizi için taze ağırlıkları alınan yaprak örnekleri bir miktar CaCO₃ ile birlikte havanda %90 aseton ile homojenize edildi. Örnekler +4 °C de karanlıkta bir gece bekletildikten sonra 3000 g'de 10 dakika santrifüj edildi. Süpernatantın klorofil için 630, 645 ve 665 nm dalga boyları, karotenoid için 480 ve 750 nm dalga boylarında absorbansı ölçüldü. Her bir örneğin Kl a, b ve karotenoid içerikleri (mg/g.TA) cinsinden tayin edildi.

$$Kl\ a = (11.6 \times D_{665}) - (1.31 \times D_{645}) - (0.14 \times D_{630})$$

$$Kl\ b = (20.7 \times D_{645}) - (4.34 \times D_{665}) - (4.42 \times D_{630})$$

$$Kl\ c = (55 \times D_{630}) - (4.64 \times D_{665}) - (1.63 \times D_{645})$$

$$Karotenoid = 10 \times [D_{480} - (3 \times D_{750})] \quad \text{Toplam Kl} = Kl\ a + Kl\ b$$

3.14. Total Fenolik Tayini

Total fenolik bileşik tayini Mc Cue ve diğ. (2000)'ne göre yapıldı. Total fenolik bileşiklerin içeriğinin ölçülmesi için yapraklardan alınan 50 mg taze örnekler 2.5 mL %95 etanol içinde -20 °C'de 72 saat boyunca bekletildi. Örnekler sıvı azot ile homojenize edildikten sonra 10 dakika boyunca 1000 g'de santrifüj edildi. Süpernatandan 1 mL alınarak üzerine %95 etanol, distile su ve %50 Folin-Ciocalteu fenol reaktifi eklendi. Karışım 5 dakika inkübe edildikten sonra üzerine %5 sodyum karbonat eklendi ve vortekslendi. Karışım karanlıkta 1 saat inkübe edildi ve vortekslendi. Örnekler 4000 g'de 5 dakika santrifüj edilerek süpernatantın 725 nm'deki absorbansı ölçüldü. Hesaplamalarda ferulik asit standardı kullanılarak fenolik madde miktarı µg/g.TA cinsinden ifade edildi.

3.15. Ölü Hücre Yüzdesi

Ölü hücre yüzdesi Guo ve Crawford (2005)'e göre belirlendi. Plazma membran bütünlüğünün kaybı olarak gösterilen hücre ölümü, hasat edilmiş yaprakların Evan's blue ile boyanması ile spektrofotometrik olarak ölçüldü. Yapraklar %0.1'lik Evan's blue solüsyonuna gömüldü. Örnekler 30 dakika boyunca vakum altında tutuldu. Daha sonra yapraklar 3 defa 15'er dakikalık süre ile distile su ile yıkandı. Ölü hücreler tarafından tutulan boya, örneklerin %50 metanol ve %1 SDS içeren solüsyonda 60 °C de 30 dakika tutulması ile çözüldü. Solüsyonun absorbansı 600 nm de ölçüldü. %100 hücre ölümünün hesaplanması için, hasat edilen yapraklar boyamadan önce 100 °C'de 5 dakika bekletildi. Hücre ölümü % olarak hesaplandı.

3.16. Yaş ve Kuru Ağırlık Tayini

Yaş ve kuru ağırlık tayini Kacar (1972) ve Kaya (2012)'e göre yapıldı. Tuz uygulamasını takip eden 21. günün sonunda hasat edilen bitki yaprak dokusundan alınan örneklerin yaş ağırlıkları (YA) belirlendi. Örnekler 48 saat boyunca 70 °C etüvde bekletildi. Belirli aralıklarla yapılan tartımlar sonucunda son 2 tartım eşit olduğunda etüvden çıkarılarak kuru ağırlıklar hesaplandı.

3.17. Hormon Analizi

İçsel SA, JA ve ABA tayininde Raskin ve diğ. (1989)'nin yöntemi modifiye edilerek kullanıldı. Tuz uygulamasından sonra 21. günün sonunda hasat edilen yapraklardan 0.5 g tartılarak %90'lık 3 mL metanol içerisinde homojenize edildi. Daha sonra homojenat 12000 rpm'de 15 dakika santrüfjü edilerek süpernatant kısmı ayrıldı. Elde edilen pellet 2 mL %100'lük metanolde tekrar homojenize edildikten sonra 12000 rpm'de 15 dakika santrüfjü edilerek bir kez daha süpernatant kısmı alındı. Her iki uygulamada elde edilen süpernatantlar bir araya getirilerek rotary evaporator (IKA RV 05)'de kurutuldu. Kalıntı 2.5 mL %5'lik TCA ile alındıktan sonra 12.000 g'de 10 dk santrifjü işlemi uygulandı. Bu işlem sonucunda elde edilen süpernatant 5 mL etilasetat, siklopentan, isopropanol (100:99:1) ile muamele edildi. Bir kez daha Rotary evaporatörde kurutma işlemi yapıldıktan sonra kalıntı % 20'lik metanol ile alındı ve örnekler İnönü Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında HPLC cihazında okundu (Beker Akbulut, 2008).

3.18. Salisilik Asit İçin HPLC Standart Grafiği

HPLC analizinde Ace 5 C 18 kolonu (4.6 mm, 25 cm) kullanıldı.

Salisilik asit için HPLC cihaz koşulları;

Enjeksiyon hacmi: 20 µL

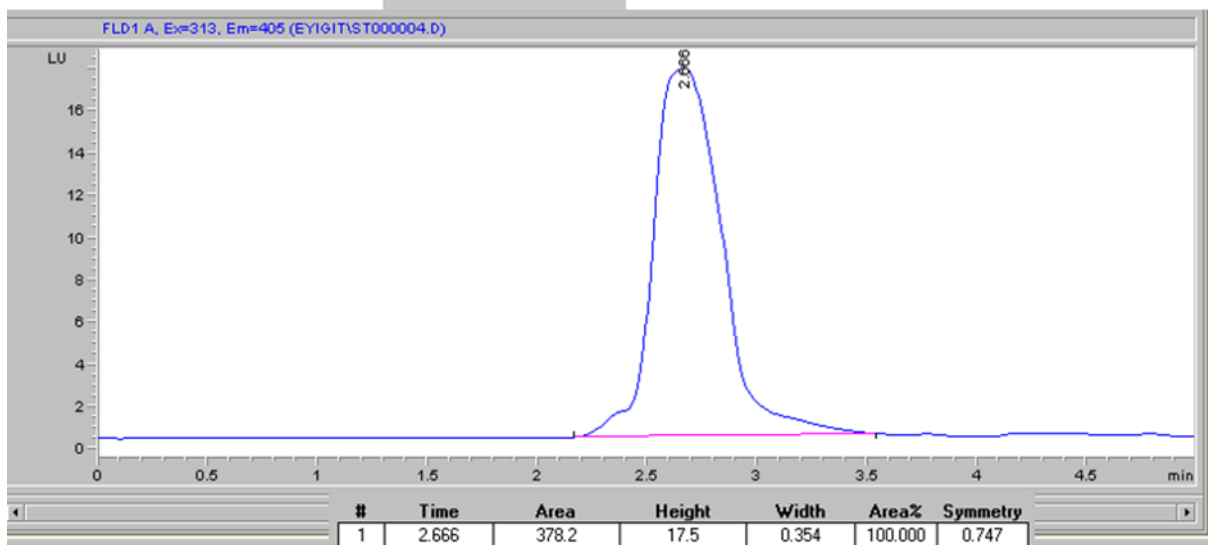
Akış: 1 mL/dk

Çözgen sistemi: %50 asetronitril+ %50 metanol

Dedektör: FLD1A dedektör

Dalga boyu: (ekstinksiyon) 313 nm, (emissiyon) 405 nm

Alıkonma zamanı: 2.66 dk



Şekil 3.3 : SA'nın alıkonma zamanı

3.19. Jasmonik Asit İçin HPLC Standart Grafiği

HPLC analizinde Ace 5 C 18 kolonu (4.6 mm, 25 cm) kullanıldı.

Jasmonik asit için HPLC cihaz koşulları;

Enjeksiyon hacmi: 20 µL

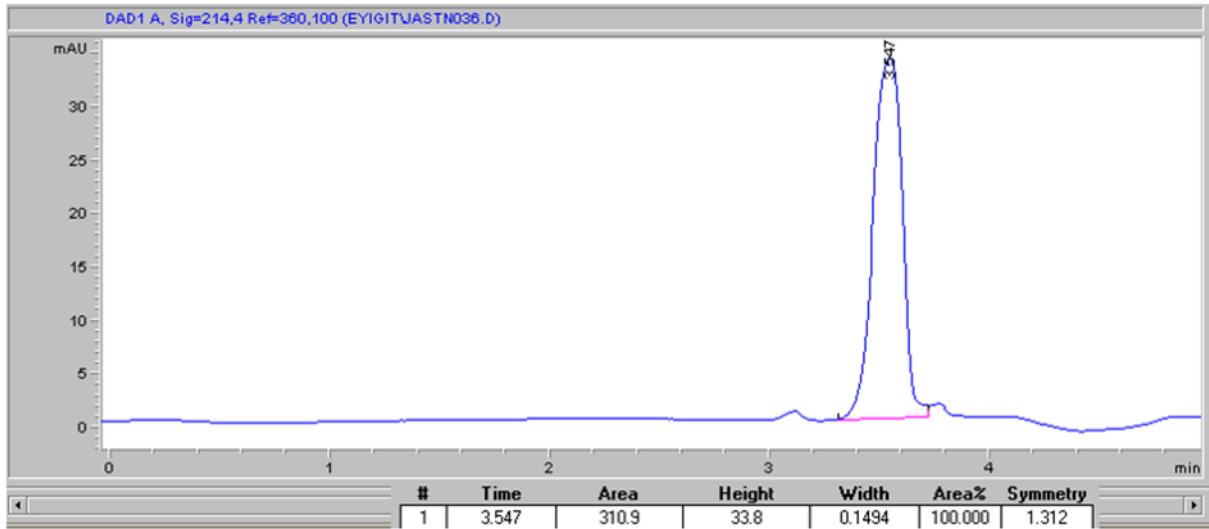
Akış: 1 mL/dk

Çözgen sistemi: %75 asetonitril+ %25 su

Dedektör: DAD1A dedektör

Dalga boyu: 214 nm

Alıkonma zamanı: 3.54 dk



Şekil 3.4 : MeJA'nın alıkonma zamanı

3.20. Absisik Asit İçin HPLC Standart Grafikleri

HPLC analizinde Ace 5 C 18 kolonu (4.6 mm, 25 cm) kullanıldı.

Absisik asit için HPLC cihaz koşulları;

Enjeksiyon hacmi: 20 µL

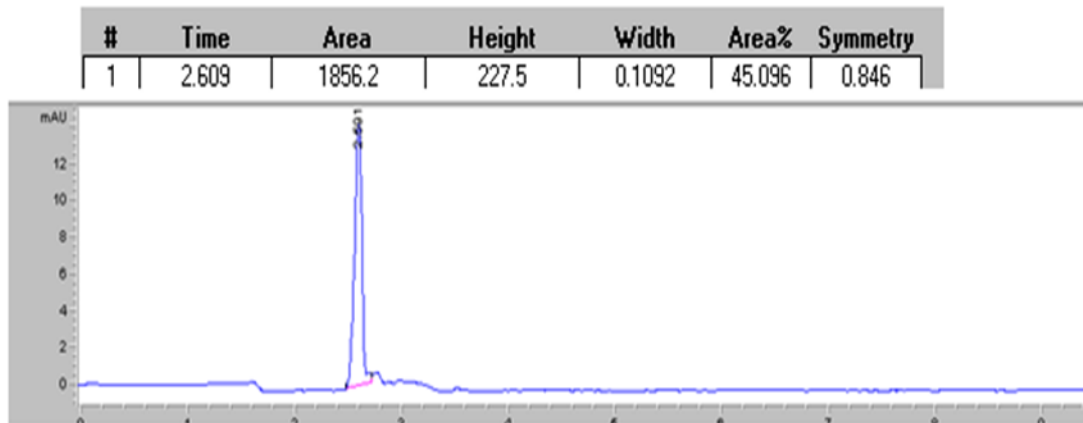
Akış: 1 mL/dk

Çözgen sistemi: %70 asetonitril+ %30 metanol

Dedektör: DAD dedektör

Dalga boyu: 265 nm

Alıkonma zamanı: 2.61 dk



Şekil 3.5 : ABA'nın alıkonma zamanı

3.21. İstatistiksel Analizler

Elde edilen veriler Instat İstatistiksel Paket Programı (Instat GraphPad Software, San Diego, CA, USA) aracılığı ile analiz edildi. Sonuçlar tek yönlü varyans analizi uygulanarak Tukey çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirildi. Değerler, $\pm$ standart hata olarak verildi ve tüm analizlerde $p < 0.05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de SOD Enzim Aktivitesi Değişimi

Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Asya'da SOD aktivitesi üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek SOD aktivitesi MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 21.35 U/mg protein, en düşük SOD aktivitesi kontrol grubunda 8.76 U/mg protein olarak bulundu (Çizelge 4.1). Tuz stresine bağlı olarak Asya'da, SOD aktivitesinin tüm gruplarda paralel olarak gösterdiği artış önemli bulundu. Kontrol grubuyla kıyaslandığında SOD aktivitesinde, ASA uygulamasıyla %80.37, MeJA uygulamasıyla %47.49 artış bulundu. Tüm 150 mM NaCl uygulanan gruplarda, en yüksek SOD aktivitesinin olduğu saptandı. Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Agroyal'de, SOD enzim aktivitesi üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek SOD aktivitesi 150 mM NaCl uygulanan grupta 18.65 U/mg protein, en düşük SOD aktivitesi ASA uygulanan grupta 7.48 U/mg protein olarak bulundu. Agroyal'de kontrol grubuna kıyasla tuz konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak SOD aktivitesinin artış gösterdiği görüldü. ASA ve MeJA uygulanan gruplarda da tuz stresine bağlı olarak artış gözlemlendi. Kontrol grubuyla kıyaslandığında SOD aktivitesinde, ASA uygulamasının %39.33 azalışa, bununla birlikte MeJA uygulamasının %22.79 artışa neden olduğu tespit edildi. Kontrol ve tuz stresi uygulanan gruplarda SOD aktivitesi ASA ve MeJA uygulanan gruplara göre daha yüksek belirlendi. Asya ve Agroyal çeşitleri kıyaslandığında kontrol grubu, 75 mM ve 150 mM tuz stresi uygulanan gruplarda SOD aktivitesi Agroyal çeşidinde daha yüksek saptandı. Ancak Agroyal çeşidinde SOD aktivitesi ASA ve MeJA uygulanan gruplarda baskılandığı belirlendi. Bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 : Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal’de SOD enzim aktivitesi değişimi.

UYGULAMA	SOD (U/mg protein) (Asya)	SOD (U/mg protein) (Agroyal)
Kontrol	8.76±1.58g	12.33±1.12f
75 mM NaCl	15.65±1.35e	21.09±1.61b
150 mM NaCl	21.22±1.21a	23.97±1.79a
ASA	15.80±1.30e	7.48±1.05h
ASA+75 mM NaCl	18.50±1.55c	10.84±1.42g
ASA+150 mM NaCl	20.32±1.45b	16.57±1.76d
MeJA	12.92±1.27f	15.14±1.18e
MeJA+75 mM NaCl	16.53±1.75d	16.24±1.61d
MeJA+150 mM NaCl	21.35±1.71a	18.65±1.63c

Farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamlı, aynı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamsız olarak kabul edilmektedir (Duncan Karşılaştırma Testi) ($p<0.05$).

4.2. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de APX Enzim Aktivitesi Değişimi

Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Asya'da APX aktivitesi üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek APX aktivitesi 150 mM NaCl uygulanan grupta 1.35 U/mg protein, en düşük APX aktivitesi kontrol grubunda 0.39 U/mg protein olarak belirlendi. Kontrol grubuyla kıyaslandığında APX aktivitesinde, ASA uygulamasıyla %28.21; MeJA uygulamasıyla %30.77 artış belirlendi. Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Agroyal'de APX aktivitesi üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek APX aktivitesi 150 mM NaCl uygulanan grupta 1.13 U/mg protein, en düşük APX aktivitesi kontrol grubunda 0.40 U/mg protein olarak bulundu. Kontrol grubuyla kıyaslandığında APX aktivitesinde, ASA uygulamasıyla %20; MeJA uygulamasıyla %22.5 artış belirlendi. Hem Asya ve hem de Agroyal'de artan tuz konsantrasyonuna paralel olarak tüm gruplarda enzim aktivitesinde görülen artış dikkat çekti. Bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0,05$) (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 : Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de APX enzim aktivitesi değişimi.

UYGULAMA	APX (U/mg protein) (Asya)	APX (U/mg protein) (Agroyal)
Kontrol	0.39±0.02h	0.40±0.04h
75 mM NaCl	0.85±0.02e	0.72±0.05d
150 mM NaCl	1.35±0.04a	1.13±0.03a
ASA	0.50±0.05f	0.48±0.03g
ASA+75 mM NaCl	0.86±0.06d	0.66±0.02e
ASA+150 mM NaCl	0.91±0.04c	0.72±0.05d
MeJA	0.51±0.06f	0.49±0.02f
MeJA+75 mM NaCl	0.77±0.05g	0.73±0.03c
MeJA+150 mM NaCl	0.92±0.05b	0.83±0.04b

Farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamlı, aynı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamsız olarak kabul edilmektedir (Duncan Karşılaştırma Testi) ($p<0.05$).

4.3. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de CAT Enzim Aktivitesi Değişimi

Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Asya'da CAT aktivitesi üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek CAT aktivitesi MeJA+75 mM NaCl uygulanan grupta 86.53 U/mg protein, en düşük CAT aktivitesi kontrol grubunda 18.76 U/mg protein olarak bulundu. Asya'da CAT aktivitesi dışsal ASA ve MeJA uygulanan gruplarda kontrole göre sırasıyla %144.14, %75.48 daha yüksek bulundu. Tuz stresinin artmasına paralel olarak bitkide hem kontrol ve tuz stresi uygulanan gruplarda hem de ASA+tuz ve MeJA+tuz uygulanan gruplarda, CAT aktivitesinin artmasına neden oldu. Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Agroyal'de CAT aktivitesi üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek CAT aktivitesi MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 98.65 U/mg protein, en düşük CAT enzim aktivitesi kontrol grubunda 22.33 U/mg protein olarak bulundu. Agroyal'de CAT aktivitesi dışsal ASA ve MeJA uygulanan gruplarda kontrol grubuna göre sırasıyla %67.85, %12.58 daha yüksek saptandı. Hem Asya hem de Agroyal çeşitlerinde, yalnız ASA ve yalnız MeJA uygulanan gruplara bakıldığında, MeJA uygulanan gruplarda CAT aktivitesi sırasıyla %28.12 ve %32.92 düşük saptandı. Hem Asya ve hem de Agroyal'de artan tuz konsantrasyonuna paralel olarak tüm gruplarda enzim aktivitesinde görülen artış istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 : Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de CAT enzim aktivitesi değişimi.

UYGULAMA	CAT (U/mg protein) (Asya)	CAT (U/mg protein) (Agroyal)
Kontrol	18.76±4.58ı	22.33±5.12ı
75 mM NaCl	75.65±7.35d	81.09±8.61d
150 mM NaCl	71.22±7.21e	83.97±8.79c
ASA	45.80±4.30g	37.48±8.05g
ASA+75 mM NaCl	68.50±6.55f	50.84±5.42f
ASA+150 mM NaCl	80.32±6.45c	86.57±8.76b
MeJA	32.92±3.27h	25.14±6.18h
MeJA+75 mM NaCl	86.53±7.75a	76.24±7.61e
MeJA+150 mM NaCl	81.35±6.71b	98.65±8.63a

Farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamlı, aynı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamsız olarak kabul edilmektedir (Duncan Karşılaştırma Testi) ($p<0.05$).

4.4. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de GPX Enzim Aktivitesi Değişimi

Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Asya'da GPX aktivitesi üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek GPX aktivitesi 75 mM NaCl uygulanan grupta 0.40 U/mg protein, en düşük GPX aktivitesi kontrol ve 150 mM NaCl uygulanan grupta 0.15 U/mg protein bulundu. Kontrol grubuyla kıyaslandığında GPX aktivitesinde, ASA uygulamasıyla %66.67, MeJA uygulamasıyla %26.67 artış belirlendi. Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Agroyal'de GPX aktivitesi üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek GPX aktivitesi 75 mM NaCl grubunda 0.28 U/mg protein, en düşük MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 0.13 U/mg protein olarak saptandı. Agroyal'de artan tuz stresiyle tüm gruplar kendi içinde değerlendirildiğinde, enzim aktivitesinde azalma dikkat çekti. Kontrol grubuyla kıyaslandığında GPX aktivitesi, ASA uygulamasıyla %43.9, MeJA uygulamasıyla %48.78 azaldı. Bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4 : Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de GPX enzim aktivitesi değişimi.

UYGULAMA	GPX (U/mg protein) (Asya)	GPX (U/mg protein) (Agroyal)
Kontrol	0.15±0.02h	0.21±0.06a
75 mM NaCl	0.40±0.03a	0.28±0.04b
150 mM NaCl	0.15±0.01h	0.24±0.04c
ASA	0.25±0.01d	0.23±0.02d
ASA+75 mM NaCl	0.18±0.02f	0.20±0.01e
ASA+150 mM NaCl	0.28±0.04b	0.21±0.01f
MeJA	0.19±0.02e	0.21±0.001f
MeJA+75 mM NaCl	0.17±0.03g	0.21±0.003f
MeJA+150 mM NaCl	0.26±0.07c	0.13±0.02g

Farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamlı, aynı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamsız olarak kabul edilmektedir (Duncan Karşılaştırma Testi) ($p<0.05$).

4.5. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de GR Enzim Aktivitesi Değişimi

Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Asya'da GR aktivitesi üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek GR aktivitesi ASA+75 mM NaCl ve MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 0.65 U/mg protein, en düşük GR aktivitesi kontrol grubunda 0.21 U/mg protein bulundu. Asya'da ASA ve MeJA uygulanan gruplarda enzim aktivitesinde artış dikkat çekti. Kontrol grubuyla kıyaslandığında GR aktivitesinde, ASA uygulamasıyla %180.95, MeJA uygulamasıyla %185.71 artış belirlendi. Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Agroyal'de GR aktivitesi üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek GR aktivitesi ASA+150 mM NaCl uygulanan grupta 1.73 U/mg protein, en düşük GR aktivitesi MeJA uygulanan grupta 0.51 U/mg protein bulundu. Agroyal'de ASA uygulanan grupta NaCl konsantrasyonunun artmasına paralel olarak enzim aktivitesinde artış görülürken, MeJA uygulaması yapılan gruplarda enzim aktivitesindeki azalma dikkat çekti. Bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5 : Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de GR enzim aktivitesi değişimi.

UYGULAMA	GR (U/mg protein) (Asya)	GR (U/mg protein) (Agroyal)
Kontrol	0.21±0.01h	0.81±0.18d
75 mM NaCl	0.33±0.03f	1.01±0.15c
150 mM NaCl	0.23±0.01g	1.02±0.17c
ASA	0.59±0.06d	0.62±0.03e
ASA+75 mM NaCl	0.65±0.09a	1.13±0.05b
ASA+150 mM NaCl	0.38±0.06e	1.73±0.004a
MeJA	0.60±0.01c	0.51±0.01g
MeJA+75 mM NaCl	0.64±0.06b	0.58±0.04f
MeJA+150 mM NaCl	0.65±0.02a	0.48±0.00h

Farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamlı, aynı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamsız olarak kabul edilmektedir (Duncan Karşılaştırma Testi) ($p<0.05$).

4.6. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de POD Enzim Aktivitesi Değişimi

Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Asya'da POD aktivitesi üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek POD aktivitesi 150 mM NaCl uygulanan grupta 64.68 U/mg protein, en düşük POD aktivitesi ASA uygulanan grupta 28.05 U/mg protein bulundu. Kontrol grubuyla kıyaslandığında, 75 mM NaCl uygulamasının GR aktivitesini %0.20 artırırken, 150 mM NaCl uygulamasının GR aktivitesini %18.03 artırdığı belirlendi. Asya'da POD aktivitesinin kontrol ve tuz stresi uygulanan gruplarda, ASA ve MeJA uygulanan gruplara göre daha yüksek olduğu saptandı. Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Agroyal'de POD aktivitesi üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek POD aktivitesi MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 89.90 U/mg protein, en düşük POD aktivitesi kontrol grubunda 14.47 U/mg protein olarak belirlendi. POD aktivitesi, kontrol ve yalnız tuz stresi uygulanan gruplarda Asya'da Agroyal'e göre yüksek bulunurken, ASA ve MeJA uygulanan gruplarda Agroyal'de artan tuz konsantrasyonuna paralel görülen artış istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6 : Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de POD enzim aktivitesi değişimi.

UYGULAMA	POD (U/mg protein) (Asya)	POD (U/mg protein) (Agroyal)
Kontrol	54.80±2.37c	14.47±2.91ı
75 mM NaCl	54.91±2.42c	26.89±2.98g
150 mM NaCl	64.68±2.41a	25.94±2.59h
ASA	28.05±2.45h	58.92±2.22f
ASA+75 mM NaCl	39.14±2.98f	64.25±2.39e
ASA+150 mM NaCl	56.29±2.98b	81.91±2.28c
MeJA	38.44±2.69g	73.03±2.82d
MeJA+75 mM NaCl	41.64±2.92e	82.01±2.99b
MeJA+150 mM NaCl	44.17±1.78d	89.90±3.12a

Farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamlı, aynı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamsız olarak kabul edilmektedir (Duncan Karşılaştırma Testi) ($p<0.05$).

4.7. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan *Glycine max.* cv. Asya ve cv. Agroyal'de GST Enzim Aktivitesi Değişimi

Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Asya'da GST aktivitesi üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek GST aktivitesi 150 mM NaCl ve MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 1.54 U/mg protein, en düşük GST aktivitesi MeJA+75 mM NaCl uygulanan grupta 1.44 U/mg protein olarak belirlendi. Kontrol grubuyla kıyaslandığında, ASA uygulaması GST aktivitesini %1.36 artırırken, MeJA uygulamasının GST aktivitesini %2.04 artırdığı belirlendi. Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Agroyal'de GST aktivitesi üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek GST aktivitesi ASA+150 mM NaCl uygulanan grupta 1,61 U/mg protein, en düşük GST aktivitesi ASA+75 mM NaCl uygulanan grupta 1.42 U/mg protein bulundu. GST aktivitesinin; 150 mM NaCl uygulamasının, 75 mM NaCl uygulanan gruba göre, ASA+150 mM NaCl uygulanan grubun ASA+75 mM NaCl uygulanan gruba göre ve MeJA+150 mM NaCl uygulamasının, MeJA+75 mM NaCl uygulanan gruba göre daha yüksek olduğu saptandı. Bulgularda saptanan bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7: Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max.* cv. Asya ve cv. Agroyal'de GST enzim aktivitesi değişimi.

UYGULAMA	GST (U/mg protein) (Asya)	GST (U/mg protein) (Agroyal)
Kontrol	1.47±0.004d	1.51±0.01d
75 mM NaCl	1.47±0.01d	1.52±0.05c
150 mM NaCl	1.54±0.02a	1.58±0.11b
ASA	1.49±0.02c	1.47±0.01f
ASA+75 mM NaCl	1.50±0.02b	1.42±0.05h
ASA+150 mM NaCl	1.45±0.01e	1.61±0.005a
MeJA	1.50±0.01b	1.47±0.001f
MeJA+75 mM NaCl	1.44±0.03f	1.46±0.01g
MeJA+150 mM NaCl	1.54±0.004a	1.50±0.01e

Farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamlı, aynı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamsız olarak kabul edilmektedir (Duncan Karşılaştırma Testi) ($p<0.05$).

4.8. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de GSH İçeriği Değişimi

Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Asya'da GSH içeriği üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek GSH içeriği MeJA uygulanan grupta 0.13 U/mg protein, en düşük GSH içeriği 150 mM NaCl uygulanan grupta 0.05 U/mg protein olarak bulundu. Kontrol grubu GSH içeriği 0.06 U/mg protein olarak belirlenirken tuz stresiyle birlikte GSH içeriği azaldı. ASA ve MeJA uygulaması yapılan gruplarda GSH içeriği kontrolle kıyaslandığında sırasıyla %50 ve %116.67 daha yüksek bulundu. Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Agroyal'de GSH içeriği üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek GSH içeriği ASA uygulanan grupta 0.14 U/mg protein olarak bulundu. Agroyal'de 75 mM ve 150 mM NaCl uygulanan gruplarda GSH içeriği, kontrol grubuna göre sırasıyla %38.46 ve %30.77 düşüş gösterdi. Agroyal'de kontrol grubunda GSH içeriği Asya'ya göre %216.67 daha yüksek bulundu. Bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8: Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de GSH içeriği değişimi.

UYGULAMA	GSH (U/mg protein) (Asya)	GSH (U/mg protein) (Agroyal)
Kontrol	0.06±0.02d	0.13±0.01b
75 mM NaCl	0.06±0.03d	0.08±0.02d
150 mM NaCl	0.05±0.03e	0.09±0.02c
ASA	0.09±0.001c	0.14±0.01a
ASA+75 mM NaCl	0.09±0.01c	0.14±0.002e
ASA+150 mM NaCl	0.10±0.004b	0.13±0.002b
MeJA	0.13±0.002a	0.09±0.002c
MeJA+75 mM NaCl	0.10±0.003b	0.08±0.02d
MeJA+150 mM NaCl	0.10±0.02b	0.13±0.001b

Farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamlı, aynı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamsız olarak kabul edilmektedir (Duncan Karşılaştırma Testi) ($p<0.05$).

4.9. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal’de Toplam Protein Miktarı Değişimi

Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Asya’da toplam protein üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek protein miktarı MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 21.35 U/mg protein, en düşük protein miktarı kontrol grubunda 8.76 U/mg protein olarak bulundu. Kontrol grubuyla kıyaslandığında 75 mM NaCl uygulanan grupta %21.58, 150 mM NaCl uygulanan grupta %73.74; ASA uygulanan grupta %131.96 ve MeJA uygulanan grupta ise %47.49 artış belirlendi. Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Agroyal’de toplam protein miktarı üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek protein miktarı 150 mM NaCl uygulanan grupta 23.97 U/mg protein, en düşük protein miktarı ASA uygulanan grupta 7.48 U/mg protein olarak bulundu. Bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9 : Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal’de toplam protein miktarı değişimi.

UYGULAMA	Protein (U/mg protein) (Asya)	Protein (U/mg protein) (Agroyal)
Kontrol	8.76±1.58h	22.33±1.12b
75 mM NaCl	10.65±1.35g	21.09±1.61c
150 mM NaCl	15.22±1.21e	23.97±1.79a
ASA	20.32±1.30b	7.48±1.05h
ASA+75 mM NaCl	18.50±1.55c	10.84±1.42g
ASA+150 mM NaCl	15.80±1.45e	16.57±1.76e
MeJA	12.92±1.27f	15.14±1.18f
MeJA+75 mM NaCl	16.53±1.75d	18.65±1.61d
MeJA+150 mM NaCl	21.35±1.71a	16.24±1.63e

Farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamlı, aynı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamsız olarak kabul edilmektedir (Duncan Karşılaştırma Testi) ($p<0.05$).

4.10. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal’de Prolin İçeriği Değişimi

Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Asya’da Pro miktarı üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek Pro miktarı 150 mM NaCl uygulanan grupta 37.60 µg/mg, en düşük Pro miktarı ASA uygulanan grupta 8.60 µg/mg bulundu. Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Agroyal’de prolin miktarı üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek Pro miktarı 150 mM NaCl uygulanan grupta 22.60 µg/mg, en düşük Pro miktarı ASA uygulanan grupta 6.80 µg/mg bulundu. Agroyal’de, Asya’da olduğu gibi tüm gruplarda kendi içerisinde tuz stresine bağlı olarak Pro artışı görüldü. Kontrol gruplarında Pro miktarı Agroyal’de Asya’ya göre %14.77 daha düşük bulunurken Pro değerlerinin gruplar arasındaki değişimi Asya çeşidi ile uyum gösterdi. Bu sonuçlar, istatistiksel olarak da önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10: Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal’de Pro içeriği değişimi.

UYGULAMA	Pro (µg/mg) (Asya)	Pro (µg/mg) (Agroyal)
Kontrol	8.80±0.70h	7.50±0.20f
75 mM NaCl	18.20±0.80d	9.30±0.90d
150 mM NaCl	37.60±0.90a	22.60±0.70a
ASA	8.60±0.70h	6.80±0.70g
ASA+75 mM NaCl	11.30±0.60f	8.10±0.60e
ASA+150 mM NaCl	22.40±0.50c	11.80±0.40c
MeJA	9.50±0.80g	8.20±0.60e
MeJA+75 mM NaCl	12.80±0.90e	8.60±0.80e
MeJA+150 mM NaCl	24.60±0.90b	13.40±0.50b

Farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamlı, aynı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamsız olarak kabul edilmektedir (Duncan Karşılaştırma Testi) ($p<0,05$).

4.11. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de MDA İçeriği Değişimi

Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Asya'de MDA miktarı üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek MDA miktarı 150 mM NaCl uygulanan grupta 59.24 nmol/g, en düşük MDA miktarı ASA uygulanan grupta 19.57 nmol/g bulundu. MeJA+75 mM NaCl uygulanan grupta MDA miktarı ASA+75 mM NaCl uygulanan gruba göre %37.81; MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta MDA miktarı ASA+150 mM NaCl uygulanan gruba göre %44,51 daha düşük belirlendi. Kontrole göre ASA uygulamasının MDA miktarını %23.83, MeJA uygulaması %16.17 azalttığı bulundu. Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Agroyal'de MDA miktarı üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek MDA miktarı 150 mM NaCl uygulanan grupta 42.37 nmol/g, en düşük MDA miktarı ASA uygulanan grupta 12.36 nmol/g bulundu. Agroyal'de Asya görüldüğü gibi tüm gruplarda kendi içinde, artan tuz stresine bağlı olarak MDA miktarında doğrusal bir artış görülürken MDA içeriği Agroyal'de daha düşük bulundu. Kontrole göre ASA uygulaması MDA miktarını %44.40, MeJA uygulaması %26.59 azalttığı saptandı. Agroyal'de ASA+75 mM NaCl uygulanan gruptaki MDA miktarı MeJA+75 mM NaCl uygulanan gruba göre %10.33; ASA+150 mM NaCl uygulanan gruptaki MDA miktarı MeJA+150 mM NaCl uygulanan gruba göre %25.25 daha düşük belirlendi. Gruplar arasındaki bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11: Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de MDA içeriği değişimi.

UYGULAMA	MDA (nmol/g) (Asya)	MDA (nmol/g) (Agroyal)
Kontrol	25.36±1.71g	22.23±1.25e
75 mM NaCl	47.46±1.83c	38.35±1.92b
150 mM NaCl	59.24±1.94a	42.37±1.72a
ASA	19.57±1.74ı	12.36±1.77h
ASA+75 mM NaCl	32.11±1.63f	19.97±1.64f
ASA+150 mM NaCl	46.24±1.54d	25.66±1.46d
MeJA	21.26±1.87h	16.32±1.64g
MeJA+75 mM NaCl	38.24±1.94e	22.27±1.87e
MeJA+150 mM NaCl	52.11±1.93b	34.33±1.54c

Farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamlı, aynı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamsız olarak kabul edilmektedir (Duncan Karşılaştırma Testi) ($p<0.05$).

4.12. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de Yaprak Alanı Değişimi

Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Asya'da yaprak alanı üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek yaprak alanı 150 mM NaCl uygulanan grupta 19.54 cm², en düşük yaprak alanı 75 mM NaCl uygulanan grupta 16.10 cm² bulundu. Asya'da kontrole kıyaslandığında, 75 mM NaCl uygulanan grupta yaprak alanı %15.75 azalırken 150 mM NaCl uygulaması yaprak alanını %2.25 artırdı. Kontrole göre; ASA uygulaması yaprak alanını %9.52, MeJA uygulaması %7.54 azalttı. Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Agroyal'de yaprak alanı üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek yaprak alanı MeJA+75 mM NaCl uygulanan grupta 22.14 cm², en düşük yaprak alanı ASA+150 mM NaCl uygulanan grupta 11.41 cm² bulundu. Agroyal'de ASA ve MeJA uygulaması yaprak alanını kontrole göre sırasıyla %4.15 ve %1.45 artırdığı belirlendi. Genel olarak uygulamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak da önemli bulundu ($p<0,05$) (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12: Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de yaprak alanı değişimi.

UYGULAMA	Yaprak Alanı (cm ²) (Asya)	Yaprak Alanı (cm ²) (Agroyal)
Kontrol	19.11±1.40a	19.26±0.65c
75 mM NaCl	16.10±1.60c	15.74±1.24f
150 mM NaCl	19.54±1.23a	18.29±1.18d
ASA	17.29±1.51b	20.06±1.65b
ASA+75 mM NaCl	16.48±1.16c	17.61±1.08e
ASA+150 mM NaCl	17.77±0.99b	11.41±1.06g
MeJA	17.67±1.77b	19.54±1.27c
MeJA+75 mM NaCl	16.55±0.96c	22.14±1.26a
MeJA+150 mM NaCl	19.44±1.39a	17.14±1.04h

Farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamlı, aynı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamsız olarak kabul edilmektedir (Duncan Karşılaştırma Testi) ($p<0,05$).

4.13. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de Fotosentetik Pigment Analizi

Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Asya'da Kl a miktarı üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek Kl a miktarı 75 mM NaCl uygulanan grupta 1063.01 µg/g, en düşük Kl a miktarı MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 812.73 µg/g saptandı. Asya'da kontrol grubuna göre 75 mM NaCl uygulaması Kl a miktarını %22.17 artırırken, 150 mM NaCl uygulaması %6.09 azalttı. Kontrole göre ASA'nın kontrol grubunda Kl a miktarı %0.23 azalırken, MeJA uygulaması %13.63 artırdı. Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Agroyal'de Kl a miktarı üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek Kl a miktarı MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 1541.09 µg/g, en düşük Kl a miktarı MeJA+75 mM NaCl uygulanan grupta 819.23 µg/g saptandı. Kl a miktarı Agroyal'de Asya'ya göre; kontrol grubunda %9.84, ASA uygulanan grupta %30,56 daha yüksek bulunurken; MeJA uygulanan grupta Kl a içeriği Agroyal Asya'ya göre %9.36 daha düşük belirlendi. Bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13: Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de Kl a miktarı değişimi.

UYGULAMA	Kl a (µg/g) (Asya)	Kl a (µg/g) (Agroyal)
Kontrol	870.13±59.25f	955.74±49.40g
75 mM NaCl	1063.01±150.58a	1173.32±111.00b
150 mM NaCl	817.16±54.62g	984.99±50.49f
ASA	868.12±55.14f	1133.41±86.80d
ASA+75 mM NaCl	1040.28±109.17b	1098.40±121.30e
ASA+150 mM NaCl	971.99±45.45d	1169.32±55.56c
MeJA	988.77±87.33c	896.27±67.99h
MeJA+75 mM NaCl	968.46±63.68e	819.23±27.48ı
MeJA+150 mM NaCl	812.73±111.32h	1541.09±96.18a

Farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamlı, aynı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamsız olarak kabul edilmektedir (Duncan Karşılaştırma Testi) ($p<0.05$).

Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Asya'da Kl b miktarı üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek Kl b değeri ASA uygulanan grupta 482.52 µg/g, en düşük Kl b değeri MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 305.23 µg/g saptandı. Asya'da Kl b miktarını ASA uygulaması kontrole göre %32.86 ve MeJA uygulaması % 22.87 oranında artırdı. Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Agroyal'de Kl b miktarı üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek Kl b değeri kontrol grubunda 771.33 µg/g, en düşük Kl b değeri ASA+150 mM NaCl uygulanan grupta 368.27 µg/g saptandı. Agroyal'de tüm gruplarda kendi içinde artan tuz stresine bağlı olarak Kl b miktarında düşüş görülürken, Asya'ya göre genel olarak Kl b içeriği daha yüksek bulundu. Gruplar arasındaki bu değişimler, istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0,05$) (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14: Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de Kl b miktarı değişimi.

UYGULAMA	Kl b (µg/g) (Asya)	Kl b (µg/g) (Agroyal)
Kontrol	363.19±32.00f	771.33±72.73a
75 mM NaCl	367.81±70.71f	566.64±62.59e
150 mM NaCl	406.70±48.25e	584.45±38.82d
ASA	482.52±52.75a	713.75±47.69b
ASA+75 mM NaCl	439.35±37.35d	603.99±35.72c
ASA+150 mM NaCl	479.73±86.89b	368,27±21.60h
MeJA	446.25±42.84c	565.04±71.49e
MeJA+75 mM NaCl	443.22±31.63c	470.15±58.93f
MeJA+150 mM NaCl	305.23±59.56g	440.15±88.01g

Farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamlı, aynı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamsız olarak kabul edilmektedir (Duncan Karşılaştırma Testi) ($p<0.05$).

Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Asya'da Kl c miktarı üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek Kl c değeri ASA uygulanan grupta 526.05 µg/g, en düşük Kl c değeri MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 198.45 µg/g saptandı. Asya'de kontrol grubuyla kıyaslandığında yalnız ASA uygulanan grupta Kl c içeriği %73.96 ve yalnız MeJA uygulanan grupta %9.11 artış gösterdi. Asya'de tüm gruplarda tuz konsantrasyonunun artmasına paralel olarak Kl c içeriğinde düşüş saptandı. Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Agroyal'de Kl c miktarı üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek Kl c değeri kontrol grubunda 765.46 µg/g, en düşük Kl c değeri ASA+150 mM NaCl uygulanan grupta 163.95 µg/g saptandı. Agroyal'de tuz konsantrasyonunun artmasına paralel olarak Kl c içeriği azaldı. Agroyal'de Kl c miktarı kontrolle kıyaslandığında yalnız ASA uygulamasıyla %20.7 ve yalnız MeJA uygulamasıyla %48.1 azaldı. Bulgularımızda gözlenen bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15: Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de Kl c miktarı değişimi.

UYGULAMA	Kl c (µg/g) (Asya)	Kl c (µg/g) (Agroyal)
Kontrol	302.40±36.78g	765.26±117.21a
75 mM NaCl	257.31±81.30h	384.61±67.96f
150 mM NaCl	314.61±49.02f	402.18±36.34d
ASA	526.05±103.35a	606.82±98.06b
ASA+75 mM NaCl	409.28±97.54c	410.33±54.87c
ASA+150 mM NaCl	444.82±52.62b	163.95±21.73ı
MeJA	329.95±46.64d	397.18±57.04e
MeJA+75 mM NaCl	318.04±33.43e	342.07±54.18g
MeJA+150 mM NaCl	198.45±45.70ı	201.10±65.83h

Farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamlı, aynı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamsız olarak kabul edilmektedir (Duncan Karşılaştırma Testi) ($p<0.05$).

Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Asya'da toplam Kl miktarı üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek toplam Kl miktarı ASA+75 mM NaCl uygulanan grupta 1479.63 µg/g olarak, en düşük toplam Kl değeri MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 1117.96 µg/g olarak saptandı. Kontrol grubuyla kıyaslandığında ASA uygulaması toplam Kl miktarını %1.07 azaltırken, MeJA uygulamasının %16.35 artırdığı saptandı. MeJA uygulaması gören gruplarda tuz stresinin artışı ile toplam Kl içeriği azaldı. Asya'da 75 mM NaCl uygulanan grup kontrol grubuna kıyasla daha yüksek toplam Kl içeriğine sahipken 150 mM NaCl uygulanan grupta toplam Kl miktarı düşüş gösterdi. Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Agroyal'de toplam Kl miktarı üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek toplam Kl miktarı MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 1981.24 µg/g olarak, en düşük toplam Kl miktarı MeJA+75 mM NaCl uygulanan grupta 1289.38 µg/g olarak saptandı. Toplam Kl miktarı kontrol grubunda Agroyal'de Asya'ya göre daha yüksek bulundu. Agroyal'de kontrol grubuyla karşılaştırıldığında ASA uygulaması toplam Kl miktarını %6.95 artırırken MeJA uygulaması toplam Kl miktarını %15.39 azalttı. ASA uygulaması gören gruplarda tuz stresinin artışı ile toplam Kl miktarı azaldı. MeJA uygulaması gören gruplarda 75 mM NaCl uygulanan grupta toplam Kl miktarı düşerken 150 mM NaCl uygulanan grupta artış gösterdi. Bu değişimler istatistiksel olarak da önemli bulundu ($p<0,05$) (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16: Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de toplam Kl miktarı değişimi.

UYGULAMA	Toplam Kl (µg/g) (Asya)	Toplam Kl (µg/g) (Agroyal)
KONTROL	1233.32±49.90d	1727.06±76.28c
75 mM NaCl	1430.82±92.03b	1739.96±86.28c
150 mM NaCl	1223.86±32.93d	1569.44±44.74d
ASA	1220.08±14.73d	1847.16±79.84b
ASA+75 mM NaCl	1479.63±88.06a	1702.40±93.70c
ASA+150 mM NaCl	1451.72±109.63a	1537.59±69.13d
MeJA	1435.02±72.64b	1461.32±131.02e
MeJA+75 mM NaCl	1411.69±72.98c	1289.38±67.35f
MeJA+150 mM NaCl	1117.96±67.56e	1981.24±128.17a

Farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamlı, aynı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamsız olarak kabul edilmektedir (Duncan Karşılaştırma Testi) ($p<0.05$).

Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Asya'da karotenoid madde miktarı üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek karotenoid miktarı 75 mM NaCl uygulanan grupta 835.00 µg/g, en düşük karotenoid miktarı MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 542.13 µg/g saptandı. Asya'da kontrol grubuna kıyasla ASA uygulanan grupta karotenoid miktarı %8.54 ve MeJA uygulanan grupta %8.71 daha düşük bulundu. Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Agroyal'de karotenoid madde miktarı üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek karotenoid miktarı MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 979.99 µg/g, en düşük karotenoid miktarı MeJA+75 mM NaCl uygulanan grupta 589.39 µg/g olarak saptandı. Agroyal'de kontrol grubuna kıyasla ASA uygulanan grupta karotenoid miktarı %2.10 artış ve MeJA uygulanan grupta %23.95 azalış saptandı. Agroyal ve Asya'da karotenoid içeriği kıyaslandığında Agroyalde daha yüksek bulundu. Sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirildiğinde değişimler önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17: Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de karotenoid içeriği değişimi.

UYGULAMA	Karotenoid (µg/g) (Asya)	Karotenoid (µg/g) (Agroyal)
Kontrol	754.87±31.09b	879.13±50.63c
75 mM NaCl	835.00±46.77a	907.10±40.43b
150 mM NaCl	595.66±27.55d	841.26±33.34c
ASA	690.42±14.92c	897.60±45.08b
ASA+75 mM NaCl	762.75±46.59b	895.70±46.49b
ASA+150 mM NaCl	721.19±41.25b	816.03±52.24c
MeJA	689.09±44.98c	668.60±69.20d
MeJA+75 mM NaCl	646.97±40.89c	589.39±24.57e
MeJA+150 mM NaCl	542.13±45.01d	979.99±57.12a

Farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamlı, aynı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamsız olarak kabul edilmektedir (Duncan Karşılaştırma Testi) ($p<0.05$).

4.14. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de Fenolik Madde İçeriği Değişimi

Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Asya'da fenolik madde içeriği üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek fenolik madde miktarı 150 mM NaCl uygulanan grupta 7.42 µg/g, en düşük fenolik madde miktarı kontrol grubunda 4.14 µg/g bulundu. Asya'da kontrol grubuna kıyasla hem ASA hem de MeJA uygulanan grupta fenolik madde miktarı %10,14 arttı. Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Agroyal'de fenolik madde içeriği üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek fenolik madde miktarı 150 mM NaCl uygulanan grupta 6.24 µg/g, en düşük fenolik madde miktarı kontrol grubunda 4.02 µg/g bulundu. Agroyal'de kontrol grubuna kıyasla fenolik madde miktarı ASA uygulanan grupta %11.69 ve MeJA uygulanan grupta %12.94 arttı. Asya ve Agroyal'de fenolik madde miktarının tüm gruplarda kendi içerisinde tuz stresine paralel olarak artış gösterdi. Ayrıca Asya ve Agroyal'de sadece tuz stresi uygulanan gruplarla tuz stresi ile birlikte dışsal ASA ve MeJA uygulanan gruplar kıyaslandığında fenolik madde miktarının sadece tuz stresi uygulanan gruplarda daha yüksek olduğu dikkat çekti. Ayrıca her iki çeşitte de en yüksek fenolik madde miktarı 150 mM NaCl uygulanan grupta iken en düşük fenolik madde miktarı kontrol grubunda saptandı. Bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0,05$) (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18: Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de fenolik madde içeriği değişimi.

UYGULAMA	Fenolik madde (µg/g) (Asya)	Fenolik madde (µg/g) (Agroyal)
Kontrol	4.14±0.09e	4.02±0.07d
75 mM NaCl	6.26±0.09b	5.80±0.08b
150 mM NaCl	7.42±0.07a	6.24±0.09a
ASA	4.56±0.07d	4.49±0.07d
ASA+75 mM NaCl	5.02±0.06c	4.97±0.06c
ASA+150 mM NaCl	6.05±0.09b	5.69±0.05b
MeJA	4.56±0.06d	4.54±0.08c
MeJA+75 mM NaCl	5.12±0.08c	4.99±0.09c
MeJA+150 mM NaCl	6.35±0.05b	5.89±0.09b

Farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamlı, aynı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamsız olarak kabul edilmektedir (Duncan Karşılaştırma Testi) ($p<0.05$).

4.15. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de Ölü Hücre Yüzdesi Değişimi

Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Asya'da ölü hücre yüzdesi üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek ölü hücre yüzdesi MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta %25, en düşük ölü hücre yüzdesi kontrol grubunda %15 bulundu. Asya'da artan tuz konsantrasyonuna paralel olarak ölü hücre yüzdesi tüm gruplarda kendi içerisinde artış göstermiştir. Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Agroyal'de ölü hücre yüzdesi üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek ölü hücre yüzdesi MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta %24, en düşük ölü hücre yüzdesi kontrol grubunda %13 bulundu. Agroyal'de artan tuz konsantrasyonuna paralel olarak ölü hücre yüzdesi tüm gruplarda kendi içerisinde artış gösterdi. Asya ile kıyaslandığında ölü hücre yüzdesi değerleri Agroyal'de daha düşük saptandı. Bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$)(Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19: Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de ölü hücre yüzdesi değişimi.

UYGULAMA	Ölü Hücre (%) (Asya)	Ölü Hücre (%) (Agroyal)
Kontrol	15.00±0.70h	13.00±0.70g
75 mM NaCl	20.00±0.80e	18.00±0.80e
150 mM NaCl	22.00±0.90d	20.00±0.90d
ASA	16.00±0.70g	15.00±0.70f
ASA+75 mM NaCl	22.00±0.60d	20.00±0.60d
ASA+150 mM NaCl	24.00±0.50b	23.00±0.50b
MeJA	17.00±0.80f	15.00±0.80f
MeJA+75 mM NaCl	23.00±0.90c	22.00±0.90c
MeJA+150 mM NaCl	25.00±0.90a	24.00±0.90a

Farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamlı, aynı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamsız olarak kabul edilmektedir (Duncan Karşılaştırma Testi) ($p<0.05$).

4.16. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal Yapraklarında Yaş ve Kuru Ağırlık Tayini

Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Asya’da yaş ağırlık üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, kontrolle kıyaslandığında 150 mM NaCl uygulanması yaş ağırlığı %1.92 artırdı. ASA ve MeJA uygulaması sırasıyla yaş ağırlıkta %3.85 ve %1.92 azalışa neden oldu. En yüksek yaş ağırlık MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 0.59 g, en düşük yaş ağırlık ASA uygulanan grupta 0.50 g saptandı. Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Agroyal’de yaş ağırlık üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, kontrolle kıyaslandığında 75 mM NaCl ve 150 mM NaCl uygulanması yaş ağırlığı sırasıyla %9.62 ve %15.35 artırdı. ASA ve MeJA uygulaması sırasıyla yaş ağırlıkta %1.92 ve %5.77 azalışa neden oldu. En yüksek yaş ağırlık 150 mM NaCl uygulanan grupta 0.60 g, en düşük yaş ağırlık MeJA uygulanan grupta 0.49 g bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20: Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal’de yaş ağırlık değişimi.

UYGULAMA	Yaş ağırlık (g) (Asya)	Yaş ağırlık (g) (Agroyal)
Kontrol	0.52±0.007b	0.52±0.007b
75 mM NaCl	0.52±0.001b	0.57±0.003a
150 mM NaCl	0.53±0.003ab	0.60±0.003a
ASA	0.50±0.001b	0.51±0.003b
ASA+75 mM NaCl	0.53±0.001ab	0.55±0.007a
ASA+150 mM NaCl	0.55±0.007a	0.55±0.003a
MeJA	0.51±0.003b	0.49±0.006b
MeJA+75 mM NaCl	0.54±0.003ab	0.54±0.003ab
MeJA+150 mM NaCl	0.59±0.005a	0.56±0.003a

Farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamlı, aynı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamsız olarak kabul edilmektedir (Duncan Karşılaştırma Testi) ($p<0.05$).

Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Asya’da kuru ağırlık üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, kontrole göre 75 mM NaCl uygulaması kuru ağırlığı %4.65 artırırken, 150 mM NaCl uygulaması %6.98 azalttı. ASA uygulaması kontrole göre kuru ağırlığı %9.30 artırırken; MeJA uygulaması %9.30 azalttı. En yüksek kuru ağırlık MeJA uygulanan grupta 0.50 g, en düşük kuru ağırlık MeJA uygulanan grupta 0.39 g bulundu. Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Agroyal’de kuru ağırlık üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde kontrole göre 75 mM NaCl %10.87 artırırken, 150 mM NaCl uygulaması %13.04 azalttı. ASA uygulaması kontrole göre kuru ağırlığı %4.35 artırırken; MeJA uygulaması ise %10.87 azalttı. En yüksek kuru ağırlık 75 mM NaCl uygulanan grupta 0.51 g, en düşük kuru ağırlık 150 mM NaCl uygulanan grupta 0.40 g bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21: Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal’de kuru ağırlık değişimi.

UYGULAMA	Kuru ağırlık (g) (Asya)	Kuru ağırlık (g) (Agroyal)
Kontrol	0.43±0.003b	0.46±0.002a
75 mM NaCl	0.45±0.003a	0.51±0.003a
150 mM NaCl	0.40±0.001b	0.40±0.004b
ASA	0.47±0.003a	0.48±0.003a
ASA+75 mM NaCl	0.47±0.003a	0.47±0.002a
ASA+150 mM NaCl	0.42±0.001b	0.42±0.001ab
MeJA	0.39±0.003b	0.41±0.003ab
MeJA+75 mM NaCl	0.49±0.003a	0.42±0.002ab
MeJA+150 mM NaCl	0.50±0.001a	0.46±0.003a

Farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamlı, aynı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamsız olarak kabul edilmektedir (Duncan Karşılaştırma Testi) ($p<0.05$).

4.17. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de İçsel SA Miktarı

Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Asya'da SA miktarı üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek ASA miktarı ASA+75 mM NaCl uygulanan grupta 0.318 ppm, en düşük ASA miktarı 75 mM NaCl grubunda 0.163 ppm bulundu. Asya'da kontrol grubuna kıyasla ASA uygulanan grupta ASA miktarı %1,59 artarken, MeJA uygulanan grupta ASA miktarı %6.88 artış gösterdi. Asya'da ASA miktarı 75 mM NaCl uygulanan gruba göre ASA+75 mM NaCl uygulanan grupta %95.09 artarken, 150 mM NaCl uygulanan gruba göre ASA+ 150 mM NaCl uygulanan grupta %70 arttı. Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Agroyal'de ASA miktarı üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek ASA miktarı ASA+150 mM NaCl uygulanan grupta 0.290 ppm, en düşük ASA miktarı MeJA uygulanan grupta 0.175 ppm olarak saptandı. Agroyal'de kontrol grubuna kıyasla ASA uygulanan grupta ASA miktarı %8.21 ve MeJA uygulanan grupta %6.88 azaldı. Kontrol grubunda Asya'ya göre Agroyal'de ASA miktarı %41.80 arttı. Genel olarak Agroyal'de içsel ASA miktarı daha yüksek bulundu. Gruplar arasındaki bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.22: Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de içsel SA miktarı değişimi.

UYGULAMA	SA (ppm)	
	Asya	Agroyal
Kontrol	0.189 ±0.003e	0.268±0.003c
75 mM NaCl	0.163±0.004f	0.231±0.003f
150 mM NaCl	0.170±0.003f	0.255±0.005d
ASA	0.192±0.003e	0.246±0.005e
ASA+75 mM NaCl	0.318±0.003a	0.253±0.004d
ASA+150 mM NaCl	0.289±0.004c	0.290±0.003a
MeJA	0.176±0.002f	0.175±0.002g
MeJA+75 mM NaCl	0.304±0.002b	0.266±0.005c
MeJA+150 mM NaCl	0.271±0.003d	0.275±0.002b

Farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamlı, aynı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamsız olarak kabul edilmektedir (Duncan Karşılaştırma Testi) ($p<0.05$).

4.18. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de MeJA Miktarı

Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Asya'da MeJA miktarı üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek MeJA miktarı MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 5.168 ppm, en düşük MeJA miktarı kontrol grubunda 0.886 ppm bulundu. Asya'da kontrol grubuna kıyasla ASA uygulanan grupta MeJA miktarı %47.07 artarken, MeJA uygulanan grupta MeJA miktarı %596.84 arttı. Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Agroyal'de MeJA miktarı üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek JA miktarı ASA uygulanan grupta 5.561 ppm, en düşük JA miktarı kontrol grubunda 2.261 ppm bulundu. Agroyal'de kontrol grubuna kıyasla ASA uygulanan grupta MeJA miktarı %145.95 ve MeJA uygulanan grupta %104.16 arttı. Kontrol grubunda Asya'ya göre Agroyal'de MeJA miktarı %115.19 daha yüksek belirlendi. Gruplar arasındaki bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.23: Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de içsel MeJA miktarı değişimi.

UYGULAMA	MeJA (ppm)	
	Asya	Agroyal
Kontrol	0.886±0.005g	2.261±0.006h
75 mM NaCl	3.651±0.011d	3.315±0.009g
150 mM NaCl	0.894±0.007g	5.023±0.003d
ASA	1.303±0.001f	5.561±0.006a
ASA+75 mM NaCl	3.539±0.006e	3.720±0.001f
ASA+150 mM NaCl	5.138±0.002b	5.547±0.009a
MeJA	6.174±0.007a	4.616±0.006e
MeJA+75 mM NaCl	4.382±0.007c	5.402±0.003b
MeJA+150 mM NaCl	5.168±0.006b	5.238±0.009c

Farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamlı, aynı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamsız olarak kabul edilmektedir (Duncan Karşılaştırma Testi) ($p<0.05$).

4.19. Çimlenme Öncesi ASA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de İçsel ABA Miktarı

Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Asya'da ABA miktarı üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek ABA miktarı MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 51.20 ppm, en düşük ABA miktarı 75 mM NaCl grubunda 24.38 ppm olarak saptandı. Asya'da kontrol grubuna kıyasla ABA miktarı ASA uygulanan grupta %41.10 ve MeJA uygulanan grupta %31.64 arttı. Asya'da ASA uygulanan gruplarda tuz stresinin artmasına bağlı olarak ABA miktarı azaldı. Tuz stresi, ASA ve MeJA uygulamalarının Agroyal'de ABA miktarı üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek ABA miktarı 150 mM NaCl uygulanan grupta 53.49 ppm, en düşük ABA miktarı kontrol grubunda 27.04 ppm olarak saptandı. Agroyal'de kontrol grubuna kıyasla ABA miktarı, ASA uygulanan grupta %3.66 ve MeJA uygulanan grupta %46.45 arttı. Agroyal'de Asya'ya göre ABA miktarı kontrol grubunda %7.47; 75 mM NaCl uygulanan grupta %12.76 ve 150 mM NaCl uygulanan grupta %85.79 yüksek olduğu saptandı. Gruplar arasındaki bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.24: Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve cv. Agroyal'de içsel ABA miktarı değişimi.

UYGULAMA	ABA (ppm)	
	Asya	Agroyal
Kontrol	25.16±0.009c	27.04±0.009e
75 mM NaCl	24.38±0.012c	27.49±0.015e
150 mM NaCl	28.79±0.026c	53.49±0.023a
ASA	35.50±0.029b	28.03±0.006e
ASA+75 mM NaCl	31.06±0.009b	34.26±0.012d
ASA+150 mM NaCl	30.54±0.023b	48.36±0.017b
MeJA	33.12±0.030b	39.60±0.014c
MeJA+75 mM NaCl	33.30±0.006b	38.17±0.021c
MeJA+150 mM NaCl	51.20±0.009a	39.41±0.034c

Farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamlı, aynı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamsız olarak kabul edilmektedir (Duncan Karşılaştırma Testi) ($p<0.05$).

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Tuz stresi, bitkilerin fizyolojik süreçlerini ve morfolojik yapısını önemli düzeyde etkileyerek bitki büyümesinde azalmaya neden olmaktadır (Ma ve diğ, 2017). Aynı zamanda tuz, toprakta yüksek seviyede birikiminden kaynaklanan, bitki büyüme ve gelişiminde gerilemeye ve ürün kaybına neden olan önemli bir abiyotik stres faktörüdür (Abdelaal ve diğ, 2020). Doğada, bitkiler için en büyük abiyotik stres faktörlerinin başında tuza maruz kalan topraklar gelmektedir (Al-Karaki, 2000; Talei ve diğ, 2012; Zribi Ot ve diğ, 2018; Roy ve Chowdhury, 2020). Dünya’da ekili alanların yaklaşık %20’si ve sulanabilen arazilerin de yarısı tuzluluktan etkilenmektedir (Zhu, 2001; Sairan, 2004). Bitkiler, yüksek tuzlu ortamda büyüme kapasitelerine göre glikofitler ve halofitler olarak sınıflandırılır. Çoğu bitki, glikofit olduğu için tuz stresini tolere edemez (Sairam, 2004). Tuza duyarlı olan baklagiller, yüksek tuzluluğa maruz kaldıkları ilk saatlerde osmotik strese bağlı olarak hızlı bir şekilde fizyolojik ve morfolojik yanıtlar oluşturmaktadır (Franzisky ve diğ, 2020). İlerleyen yıllarda bitkilerin, çok sayıda ve ard arda gelen farklı çevresel stres koşullarına maruz kalacağı belirtilmektedir. Bu faktörlerin, baklagil verimliliğini, gıda kalitesini ve güvenliğini tehdit edeceği belirtilmektedir (Navarro-Torre, 2020). Fabaceae familyasına ait olan *Glycine max* Merr. (soya fasülyesi), dünyanın en önemli mahsullerinden biridir. Soya fasülyesi tohumları, özellikle %40 protein içeriğiyle diğer baklagil tahıllarından ayrılır (Jegadeesan ve Yu, 2020). Bu bakımdan, insan ve hayvan beslenmesinde önemli bir protein kaynağı ve %20’lik yağ oranıyla önemli bir yağ asidi içeriğine sahiptir. Soya fasülyesi aynı zamanda doğal bir izoflavon ve iyi bir Ca kaynağıdır (Vob, 2014 Jegadeesan ve Yu, 2020).

Çevresel stres faktörleri, bitki verimliliği açısından oldukça sınırlayıcı olması nedeniyle, bu tür olumsuzlukların üstesinden gelebilmek için bitkiler, stres sinyalinin algılamaya yardımcı mekanizmalar geliştirmişlerdir (Verma ve diğ, 2016; Yu, 2020). Fitohormonlar, bitki büyüme ve gelişiminde önemli olup, birçok metabolik olayda rol oynayan, çok düşük konsantrasyonlarda etkili olan ve bitkilerde doğal olarak sentezlenen kimyasal bileşiklerdir. Bitkiler herhangi bir strese maruz kaldığında sentezlenen hormon çeşidi ve miktarı önemli değişkenlikler göstermektedir. Tuz toleransına karşı oynadıkları rollerle oldukça önemli iki hormon olan SA ve JA, tuzluluk gibi çevresel şartlarda bitkinin fizyolojik ve moleküler cevaplarını düzenlemektedir (Farhangi Abriz ve diğ, 2019). Bu fitohormonlardan biri olan SA, bir hidroksil grubu veya fonksiyonel türevini taşıyan aromatik bir halkadan oluşan, bitkiler tarafından sentezlenen, patojen enfeksiyonu veya abiyotik stres tarafından uyarılan, çok çeşitli fenolik bileşikler grubundan biridir (Raskin 1992; Fragniere ve diğ, 2011; Pal ve diğ, 2013; Yu,

2020). Buğday bitkisinde, SA'nın yapraktan püskürtme yoluyla uygulanması ile bitki hücrelerinde, prolin ve ABA sentezi aracılığıyla tuz stresine karşı bitki direncini artırdığı bildirilmektedir (Shakirova ve diğ, 2003). Bir başka araştırmada; SA uygulamasının tuzlu şartlar altında yetiştirilen soya fasulyesinde bitki kuru ağırlığını önemli ölçüde artırdığı rapor edilmiştir (Farhangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani, 2018; Farhangi Abriz ve diğ, 2019).

Fitohormonlar gibi ROT'larda, bitkide stres yanıtının oluşumunda anahtar araçlardır. Ayrıca ROT, bitkide SA sentezinin uyarılmasında da rol oynamaktadır (Torun ve diğ, 2017). Bitkilerde ROT üretimi, hem normal hem de stresli koşullar altında olağan bir durumdur. Ancak olumsuz koşullar altında ROT'ların üretimi, antioksidan sisteminin kapasitesini aşabilmektedir (Hasanuzzaman ve diğ, 2019). ROT'ların üretimi; askorbat, salisilat, glutatyon, tokoferol gibi antioksidan bileşikler ve SOD, APX, PPO gibi antioksidan enzimleri içeren antioksidan bir sistem tarafından temizlenmekte veya sınırlandırılmaktadır (Foyor ve Noctor, 2003; Fghire ve diğ, 2013; Anaya ve diğ, 2017). ROT, bitki hücrelerinde enzimatik ve enzimatik olmayan birçok mekanizma ile detoksifiye edilmekle birlikte bunların hızla artışı ve temizleyici sistemlerin düzgün çalışmaması sonucu oksidatif stres dolayısıyla oksidatif hasarın ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Yeşil bitkilerde, suyun fotolizi ile devamlı olarak üretilen oksijen, organel içinde her daim hazır bulunduğu için, ROT üretimi açısından en önemli organel kloroplast olmakla birlikte, mitokondri, peroksizom, plazma zarı ve apoplast da ROT üretim yerleri arasında yer almaktadır (Gupta ve diğ, 2015).

JA ve metabolitleri, bitkilerin biyotik ve abiyotik streslere tepkilerini düzenleyen, büyüme ve gelişmenin çeşitli aşamalarında rol oynayan önemli fitohormonlardır (Dar ve diğ, 2015; Siva, ve diğ, 2015; Farhangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani, 2019). Jasmonatlar, büyüme ve gelişmeyi basit bir yolla değil, çeşitli sinyal yolları arasındaki çok yönlü ara bağlantılar yoluyla ayarlar. Genellikle bitki hücrelerinde JA ile SA ve/veya ABA arasında geniş bir etkileşim olur (Per ve diğ, 2018 Farhangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani, 2019). Araştırmacılar, soya fasülyesinde JA'nın yapraktan uygulanmasının bitki gelişimini artırırken tuzluluğun zararlı etkilerini hafiflettiğini saptamıştır (Farhangi-Abriz ve Ghassemi Golezani, 2018). Anjum (2011) tarafından, JA'nın soya fasulyesinde, bazı osmotik düzenleyicilerin sentezini uyararak su potansiyelini ayarlama da önemli görevleri yerine getirdiğini rapor edilmiştir (Anjum, 2011).

Tuz stresinin neden olduğu bitki metabolizmasındaki değişimlere verilecek en önemli örnekler, iyon toksisitesi, osmotik stres ve ROT üretimidir (Anaya ve diğ, 2017). Yapılan birçok çalışma, dışardan uygulanan salisilik asit, metil jasmonat gibi fitohormon veya kimyasalların, tuz stresine karşı tolerans oluşumu sağladığını göstermektedir (Yoon ve diğ, 2009; Nguyen ve diğ, 2017; Soliman ve diğ, 2018; Abdelaal ve diğ, 2019). MeJA'nın, tuzluluğun neden olduğu olumsuz etkilerden bitkiyi koruduğu belirtilmektedir (Seçkin-Dinler ve diğ, 2019). SA uygulaması, bitkilerde geçici ve düşük düzeyde oksidatif strese neden olabilirken, bitkilerin antioksidan kapasitesini artırarak ve koruyucu bileşiklerin sentezini indüklemeye yardımcı olup, bitkinin strese alışmasını sağlamaktadır (Janda ve diğ, 2007; Saeidnejad ve diğ, 2012). Bu bağlamda, yüksek düzeyde antioksidan enzim üreten bitkiler, tuzun neden olduğu oksidatif hasarı etkili bir şekilde tolere edebilmektedir (Ashraf ve diğ, 2008; Pirasteh-Anosheh ve Emam, 2018).

5.1. *Glycine max* cv. Asya ve *Glycine max* cv. Agroyal'de Antioksidan Enzim Aktivitelerindeki Değişimler

Çimlenme öncesi ASA ve MeJA'nın ayrı olarak uygulandığı, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan Asya ve Agroyal çeşitlerinde antioksidan enzim aktivitelerindeki değişimleri incelediğimizde; Asya çeşidinde, SOD aktivitesi strese paralel olarak artış gösterdi. ASA ve MeJA uygulanan gruplarda SOD aktivitesinde, kontrole göre ASA'nın %80.37 ve MeJA'nın ise % 47.49 artış sağladığı saptandı. En yüksek SOD aktivitesi MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 21.35 U/mg protein, en düşük SOD aktivitesi kontrol grubunda 8.76 U/mg protein olarak belirlendi (Çizelge 4.1).

Agroyal çeşidinde, Asya çeşidinde olduğu gibi SOD aktivitesinde artan strese paralel olarak artış görülmekle birlikte ASA ve MeJA uygulanan gruplarda, sadece tuz stresi uygulanan gruba göre daha düşük değerler saptandı (Çizelge 4.1). Bununla birlikte, sadece tuz stresi uygulanan grupta Asya ile kıyaslandığında, Agroyal'deki SOD enzim aktivitesindeki artış önemli görüldü. Agroyal'de ASA uygulaması, kontrol grupları kıyaslandığında; SOD aktivitesini %39.33 azaltırken, MeJA uygulamasının %22.79 artırdığı saptandı. ASA ve MeJA uygulamasını takiben artan tuz konsantrasyonlarında SOD aktivitesi artış gösterdi. SOD ile ilgili sonuçlarımızı değerlendirdiğimizde; duyarlı grup olan Asya'da 75 mM tuz stresinin uygulandığı grupta, kontrol grubu ile kıyaslandığında hem ASA hem de MeJA'nın SOD enzim aktivitelerindeki artış önemli bir cevap olarak görülmektedir. Dirençli grup olarak değerlendirilen Agroyal'de ise SOD enzim aktivitesi ASA ve MeJA uygulanmayan stres

grubunda daha yüksek çıktı. Duyarlı olan grupta gözlenen bu artış, stresten daha fazla etkilenen grup olmasına istinaden antioksidan enzim sisteminin daha fazla uyarıldığını göstermektedir. Dirençli olan grupta, ASA ve MeJA uygulamasından sonra SOD aktivitesinde, kontrol grubu olarak uygulanan gruba göre gözlenen düşüş ise, bitkide mevcut direnç mekanizması ile ASA ve MeJA'nın birlikte hareket ederek, strese yanıtta etkili olduğunu düşündürmektedir. Bu cevabın daha iyi aydınlatılması için, moleküler düzeyde gen ifadelerinin analizinin yapılması gerekmektedir.

De Azevedo Neto ve diğ. (2005), hassas ve toleranslı iki mısır genotipinde, kök ve yapraklarda antioksidan sistem ve lipid peroksidasyonu üzerine tuz stresinin (100 mM NaCl) etkilerini araştırmışlar ve tuz stresi uygulanmış bitkilerin yapraklarında SOD, APX, GPX, GR aktivitelerinin kontrolle kıyaslandığında arttığını saptamışlardır. Ayrıca enzim aktivitesindeki bu artışın tuz toleransı olan bitkilerde hassas bitkilere göre daha belirgin olduğu rapor edilmiştir. Çalışmamızda Asya ve Agroyal çeşidinde tuz stresinin artmasına paralel olarak görülen SOD aktivitesi artışı, araştırmacıların sonuçlarıyla uyumlu bulundu. Ayrıca araştırmacılar tarafından, duyarlı çeşide göre toleranslı olan çeşitte de daha yüksek bulunan SOD enzim aktivitesi sonuçları Çizelge 4.1'de görüldüğü gibi bizim bulgularımızla benzerdir. Jini ve Joseph (2017), ASD16 (duyarlı) ve BR26 (toleranslı) pirinç varyetelerinde tuz stresinin kontrolle kıyaslandığında; SOD, CAT ve POD gibi antioksidan enzim aktivitelerini önemli ölçüde artırdığı, bununla birlikte her iki çeşitte; NaCl ve SA'nın birlikte uygulanmasının enzim aktivitelerini önemli ölçüde düşürdüğü rapor edilmiştir. SA uygulamasının antioksidan enzim aktivitelerinin çoğu üzerinde önemli değişimlere neden olduğu belirtilmiştir. Uygulama gören tüm gruplarda SOD ve CAT enzim aktiviteleri ASD16'da BR26'dan, POD aktiviteleri ise BR26'da ASD16'dan daha yüksek olduğunu saptamışlardır. Tuz stresinin uygulanması ile SOD enzim aktivitesinde görülen artış Asya ve Agroyal çeşitlerinde elde ettiğimiz sonuçlarla uyumludur. Bu da, Asya'nın tuza duyarlı grup olması nedeni ile, strese cevapta antioksidan sistemin daha fazla uyarılması ile ilişki olduğunu düşündürmektedir. Sheteiwy ve diğ. (2020), tuz stresine maruz bırakılan soya fasülyesi bitkilerine yapraktan püskürtme yoluyla ve tohum ön ıslatma işlemiyle MeJA uygulamışlar ve bu uygulamaların SOD, POD, CAT, APX enzim aktivitelerini önemli ölçüde artırdığını saptamışlardır. JA uygulaması gören ve tuz stresine maruz kalan bitkiler, uygulama görmeyen bitkilerle karşılaştırıldığında; net fotosentetik oranı, terleme oranı, stoma iletkenliği, hücreler arası karbondioksit konsantrasyonu ve toplam K1 içeriğinin arttığı rapor edilmiştir. MeJA uygulamasının SOD enzim aktivitesi üzerinde neden olduğu bu artışın, Asya ve Agroyal çeşitlerinde elde ettiğimiz sonuçlarla uyumlu olduğu Çizelge 4.1'de

görülmektedir. JA uygulamasının soya fasülyesi fidelerinde antioksidan enzim aktivitelerini artırarak tuz stresine karşı bitkide toleransın geliştirilebileceği düşünülmektedir.

O_2^- , $\cdot OH$ ve $^1O_2$ gibi farklı ROT'ların üretiminin tuz stresi sebebiyle arttığı ve bu artışın bitkide membran hasarına neden olduğu bilinmektedir (Kim ve diğ., 2005; Pirasteh-Anosheh ve Emam, 2018). Bitkiler genellikle, O_2^- 'i, H_2O_2 ve O_2 'e dönüştüren SOD enzimi ile ortadan kaldırmaktadır. SOD aktivitesi sonucu oluşan H_2O_2 içeriği, POD, CAT, APX ve SOD aktivitesi ile negatif ancak anlamlı bir ilişki içerisinde. APX, H_2O_2 detoksifikasyonu için elektron donörü olarak askorbatı kullanır (Pirasteh-Anosheh ve Emam, 2018). Askorbat glutatyon döngüsüne giren H_2O_2 , H_2O ve O_2 'ye kadar parçalanır. Bu döngüde yer alan bir diğer enzim ise GR'dır (Saedmouchheshi ve diğ., 2014; Pirasteh-Anosheh ve Emam, 2018).

Çizelge 4.2'de APX enzim aktivitesi ile ilgili bulgularımızda, Asya çeşidinde artan tuz stresine paralel olarak aktivitenin yükseldiği saptandı. ASA ve MeJA uygulanan gruplarda da benzer şekilde artış saptandı. Kontrol grubuyla kıyaslandığında APX aktivitesinde, ASA uygulamasıyla %28.21; MeJA uygulamasıyla %30.77 artış belirlendi. En yüksek APX enzim aktivitesi 150 mM NaCl uygulanan grupta 1.35 U/mg protein olarak saptanırken ASA ve MeJA uygulanan gruplarda, sadece NaCl uygulanan gruba göre %32.59 ve %31.85 oranında daha düşük enzim aktivitesi saptandı. Agroyal çeşidinde APX enzim aktivitesi strese paralel olarak artış gösterdi ve bu artış ASA ve MeJA uygulanan gruplarda da saptandı. Agroyal'de kontrol grubu ile kıyaslandığında ASA uygulamasının APX enzim aktivitesi %20, MeJA uygulamasının ise %22.5 artırdığı saptandı. En yüksek APX enzim aktivitesi 150 mM NaCl uygulanan grupta 1.13 U/mg protein olarak saptanırken ASA ve MeJA uygulanan gruplarda, sadece NaCl uygulanan gruba göre %36.28 ve %26.55 oranında daha düşük enzim aktivitesi saptandı. Asya'da APX enzim aktivitesi Agroyal'e göre daha yüksek bulundu (Çizelge 4.2).

Pirasteh-Anosheh ve Emam, (2018) tarafından *Hordeum vulgare*'de SA uygulanarak tuz stresinin neden olduğu oksidatif hasarın değişiminin araştırıldığı bir çalışmada, POD, CAT, SOD ve GR aktivitelerinin tuzluluk nedeni ile arttığı, ayrıca SA uygulanan bitkilerin daha yüksek seviyede POD, CAT, APX ve SOD aktivitesine sahip olduğu rapor edilmiştir. Yu ve diğ. (2019) tarafından, *Arabidopsis thaliana*'da 4 saat boyunca 10 veya 20 μM SA ile muamele gören bitkilerde kontrole kıyasla SOD, CAT, APX ve GPX aktivitelerinde önemli artışlar rapor edilmiştir. Çok sayıda literatür, SA'nın tuzluluk stresinin neden olduğu toksik etkiyi azaltabileceğini göstermektedir. Literatürlerde elde edilen bulgularla paralel olarak Asya ve Agroyal çeşidinde ASA uygulamasıyla APX enzim aktivitesindeki artış Çizelge 4.2'de

görülmektedir. Faghih ve diğ. (2017), çilek bitkisinde POX, APX ve SOD gibi antioksidan enzim aktivitelerinin NaCl uygulamasıyla arttığını bildirmişlerdir. SA ve MeJA uygulamasının stres uygulanmayan grupta, fotosentez ve gelişim faktörlerini uyardığı belirtilmiştir. Bununla birlikte SA ve MeJA uygulanan tüm bitki sürgünlerinde POX, APX ve SOD aktivitelerinde önemli bir artış rapor edilmiştir. Araştırmacıların sonuçlarıyla paralel olarak Asya ve Agroyal çeşitlerinde kontrolle kıyaslandığında ASA ve MeJA uygulamasının APX enzim aktivitelerini artırdığı Çizelge 4.2’de görülmektedir. Bu sonuçlar, ASA ve MeJA’nın tuz stresine karşı antioksidan savunma sistemini uyararak bitki savunma kapasitesi üzerinde etkili olduğunu işaret etmektedir. Çizelge 4.2’deki APX enzim aktivitesi ile ilgili bulgularımızı değerlendirdiğimizde; kontrol grubuna karşı artan tuz konsantrasyonlarında aktivitenin arttığı, ancak tuz stresi ile birlikte ASA ve MeJA uygulanan gruplarda ise bu uygulamaların yapılmadığı gruplar ile kıyaslandığında aktivitenin kısmen düştüğü görülmektedir. Burada ASA ve MeJA’nın tuz stresi ile mücadele serbest radikal oluşumunu baskılayarak enzim aktivitesini düşürdüğü tahmin edilmektedir.

Tuz stresinin artarak uygulandığı Asya çeşidinde kontrole kıyasla 75 mM NaCl uygulamasının CAT enzim aktivitesini %300.25; 150 mM NaCl uygulanan grubun ise %279.64 artırdığı saptandı. ASA uygulanan grupta enzim aktivitesi kontrol grubuna göre %144.14 daha yüksek bulunurken, tuz stresinin artmasıyla enzim aktivitesinin arttığı görüldü. MeJA uygulamasının kontrolle kıyaslandığında CAT enzim aktivitesini %75.48 artırdığı saptandı. En yüksek CAT enzim aktivitesi MeJA+75 mM NaCl uygulanan grupta 86.53 U/mg protein, en düşük aktivite kontrol grubunda 18.76 U/mg protein olarak tespit edildi (Çizelge 4.3). Agroyal çeşidinde stres artışına bağlı olarak CAT enzim aktivitesinde artış saptandı. ASA ve MeJA uygulanan gruplarda da tuz stresinin artışına paralel olarak bu artış görüldü. En yüksek CAT enzim aktivitesi MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 98,65 U/mg protein, en düşük aktivite kontrol grubunda 22.33 U/mg protein olarak tespit edildi. Ayrıca, kontrol gruplarına bakıldığında Agroyal çeşidinde CAT enzim aktivitesi daha yüksek bulunurken; Asya çeşidinde ASA ve MeJA uygulanan gruplarda enzim aktivitesi değerleri Agroyal çeşidine göre daha yüksek bulundu (Çizelge 4.3). Burada Agroyal’de, MeJA’nın özellikle 150 mM tuz stresi uygulanan grupta ASA’ye göre %21.27 oranında daha etkin olduğu saptandı. Bulgularımıza dayanarak hem ASA hem de MeJA’nın artan tuz stresine karşı savunmada etkili olduğu düşünülmektedir.

Tahjib-Ul-Arif ve diğ. (2018) mısır bitkisi yapraklarında kontrol bitkisine kıyasla tuz uygulaması gören bitkilerde CAT enzim aktivitesinde %35.83 oranında artış rapor edilirken,

APX aktivitesinde önemli bir değişiklik görülmediği belirtilmiştir. SA püskürtölmüş ve tuz stresi uygulanmış mısır yapraklarında CAT ve APX aktiviteleri, sadece tuz stresi uygulananlara göre sırasıyla %21.34 ve %54.59 oranında artış gösterdiği rapor edilmiştir. Tuz stresinin olmadığı koşullar altında eksojen SA uygulaması, hem CAT hem de APX aktivitelerini SA uygulanmamış bitkilerle kıyaslandığında sırasıyla %77.32 ve %57.48 oranında artırdığını saptamışlardır. Araştırmacıların sonuçlarıyla paralel olarak Asya ve Agroyal çeşitlerinde CAT enzim aktivitesinin, kontrol grubuna kıyasla tuz stresi uygulanan gruplarda; ASA+150 mM NaCl uygulanan gruplara kıyasla sadece 150 mM NaCl uygulanan gruplarda ve tuz stresinin olmadığı gruplara kıyasla, ASA uygulanan grupta arttığı Çizelge 4.3’de görölmektedir. Qui ve diğ. (2014) buğday filizlerinde, JA’nın bitki toleransı üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalAarında, JA ve 150 mM NaCl uygulanan bitki filizleri sadece tuz stresi uygulaması görenlere nazaran daha yüksek SOD, CAT, POD ve APX aktivitesine sahipken, sadece JA uygulaması gören filizlerin kontrole kıyasla daha yüksek enzim aktivitelerine sahip olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacıların sonuçlarıyla paralel olarak, Asya ve Agroyal çeşitlerinde JA+150 mM NaCl uygulanan grupların sadece 150 mM NaCl uygulanan gruplara göre sırasıyla %14.22 ve %17.48 daha yüksek CAT enzim aktivitesine sahip olduğu Çizelge 4.3’de görölmektedir. Sonuçlarımız, MeJA uygulamasının tuz stresinin neden olabileceği oksidatif zararın önüne geçebilecek bir fitohormon olabileceğini göstermektedir.

Asya çeşidinde ASA ve MeJA uygulaması GPX enzim aktivitesini kontrol grubunda sırasıyla %66.67 ve %26.67 artırdı. En yüksek GPX enzim aktivitesi 75 mM NaCl uygulanan grupta 0,40 U/mg, en düşük GPX enzim aktivitesi 0.15 U/mg protein olarak kontrol ve 150 mM NaCl uygulanan grupta bulundu. ASA ve MeJA uygulanan gruplarda; 75 mM NaCl uygulanması GPX aktivitesini düşürürken 150 mM NaCl uygulaması GPX aktivitesini yükseltti (Çizelge 4.4). Agroyal çeşidinde GPX enzim aktivitesi, stresin artmasına paralel olarak azalış gösterdi. En yüksek GPX enzim aktivitesi kontrol grubunda 0,41 U/mg protein, en düşük GPX enzim aktivitesi MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 0,13 U/mg protein olarak saptandı. Bununla birlikte, Agroyal çeşidinde Asya’ya göre ASA ve MeJA uygulamasının GPX enzim aktivitesini baskıladığı saptandı (Çizelge 4.4).

Hasanuzzaman ve diğ. (2014), tuz stresi uygulamasının *Brassica napus* fidelerinde GPX enzim aktivitesinde herhangi bir değişiklik oluşturmadığını saptamışlardır. Tuz çözeltisine maruz kalan ve SA uygulanan fidelede GPX enzim aktivitesinde belirgin bir artış göröldüğü rapor edilmiştir. 100 ve 200 mM NaCl uygulanan fidelede, GPX enzim aktivitelerinin SA uygulaması yapılmadan yetiştirilen fidelere kıyasla SA ile muamele edilmiş fidelede %26 ve

%44 daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte kontrole kıyasla 150 ve 300 mM NaCl uygulanan ve SA ile muamele edilen bitkilerde kontrole kıyasla aktivitenin arttığı rapor edildi. Tuz stresinin artarak uygulandığı Asya ve Agroyal çeşidinde bulgular değişiklik göstermektedir. Araştırmacıların sonuçlarıyla paralel olarak Asya çeşidinde; ASA+150 mM NaCl uygulamasının 150 mM NaCl uygulanan gruba kıyasla GPX enzim aktivitesini artırırken; Agroyal çeşidinde ASA+150 mM NaCl uygulamasının 150 mM NaCl uygulanan gruba kıyasla GPX enzim aktivitesini azalttığı Çizelge 4.4’de görülmektedir. Lang ve diğ. (2020), tuz stresinin *G. uralensis* büyümesini engellediğini ve bu olumsuz etkinin farklı konsantrasyonlarda uygulanan MeJA’nın antioksidan sistemi etkileyerek tersine çevrildiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, 45-60 µM arasındaki MeJA uygulamasının, tuz stresine maruz kalan *G. uralensis* fidelerinde SOD, APX ve GPX aktivitelerinin önemli ölçüde artmasına neden olduğu ayrıca 15-30 µM arasında uygulanan MeJA’nın POD ve CAT, APX aktivitelerini ve GSH içeriğini de artırdığını bildirmişlerdir. Araştırmacıların sonuçlarıyla paralel olarak Asya çeşidinde kontrole kıyaslandığında MeJA uygulanan grupta GPX enzim aktivitesinin arttığı Çizelge 4.4’de görülürken Agroyal çeşidinde MeJA uygulamasının kontrole kıyasla GPX enzim aktivitesini azalttığı dikkat çekti. Bulgularımızdaki GPX aktivitesindeki değişimler, Asya’da tuz stresine verilen cevapta; ASA ve MeJA ile 150 mM NaCl uygulanan gruplarda gözlenen artış ile Agroyal’deki düşüş kıyaslandığında; yine tuza toleransı olan grupta direnç genlerinin bu stresi baskılamada etkili olduğu görülmektedir.

GR enzim aktivitesi; Asya çeşidinde kontrole kıyasla ASA uygulanan grupta %180.95 ve MeJA uygulanan grupta %185.71 daha yüksek bulundu. En yüksek GR enzim aktivitesi SA+75 mM NaCl ve MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 0,65 U/mg protein, en düşük GR enzim aktivitesi kontrol grubunda 0.21 U/mg protein olarak belirlendi. GR enzim aktivitesinin 75 mM NaCl uygulanan grup ile kıyaslandığında ASA+75 mM NaCl uygulanan grupta %96.97 ve MeJA+75 mM NaCl uygulanan grupta %93.94; 150 mM NaCl uygulan grup ile kıyaslandığında ASA+150 mM NaCl uygulanan grupta %65.22 ve MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta %182.61 daha yüksek bulundu (Çizelge 4.5). Agroyal çeşidinde kontrole kıyasla tuz stresinin artmasına paralel olarak GR enzim aktivitesi artarken; kontrole kıyasla ASA uygulanan grupta enzim aktivitesi %23.46 ve MeJA uygulanan grupta %37.04 azaldı. MeJA uygulaması enzim aktivitesini baskılayarak en yüksek GR enzim aktivitesi ASA+150 mM NaCl uygulanan grupta 1.75 U/mg protein, en düşük GR enzim aktivitesi MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 0.48 U/mg protein olarak belirlendi (Çizelge 4.5).

Torun ve diğ. (2020), Akhisar (duyarlı), Erginel (orta) ve Kalaycı (toleranslı) olmak üzere 3 çeşit *Hordeum vulgare* L.'de tuz stresi uygulanmayan kontrol gruplarının benzer GR enzim aktivitesine sahip olduğu belirtilmiştir. Asya ve Agroyal çeşitlerinde elde ettiğimiz sonuçlarda ise, Agroyal çeşidinin Asya çeşidine göre daha yüksek GR enzim aktivitesine sahip olduğu Çizelge 4.5'de görülmektedir. Araştırmacılar GR enzim aktivitesinin, Akhisar çeşidinde kontrole kıyasla 300 mM NaCl uygulamasında %25.4 düştüğünü, Erginel çeşidinde hem 150 hem 300 mM NaCl uygulanmasında 2.2 kat artırdığını ve Kalaycı çeşidinde doza bağımlı olarak enzim aktivitesinde önemli bir artış olduğunu rapor etmişlerdir. Akhisar ve Erginel'de SA+300 mM NaCl uygulamasının GR enzim aktivitesinde güçlü bir artışa neden olduğunu saptamışlardır. Araştırmacıların Erginel ve Kalaycı çeşitlerindeki sonuçlarıyla uyumlu olarak Asya ve Agroyal çeşidinde kontrole kıyasla tuz stresi uygulanan gruplarda GR enzim aktivitesinde artış saptandı. Asya çeşidinde ASA+tuz stresinin kontrole göre uyardığı GR enzim aktivitesi Akhisar ve Erginel'de elde edilen bulgularla uyumlu bulundu (Çizelge 4.5). Saeidnejad ve diğ. (2012) tarafından mısır bitkisinde SA'nın koruyucu etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; tuzluluk ve SA uygulamasının eş zamanlı etkisiyle, CAT ve APX enzim aktivitelerinde artış gözlemlendiği rapor edilmiştir. Ayrıca tuzluluğun, SOD, POD ve GR enzim aktivitelerini artırırken; SA seviyesinin bir sonucu olarak bu enzim aktivitelerinde düşüş eğilimi rapor edilmiştir. Agroyal çeşidinde ASA uygulamasıyla kontrole göre GR aktivitesinde tespit edilen düşüşün, araştırmacıların sonuçlarıyla uyumlu olduğu Çizelge 4.5'de görülmektedir. Bunun nedeni olarak, SA'nın iyileştirici rolünün olabileceği gibi, hafiflemiş oksidatif hasarın bir işareti olabileceği düşünülmektedir (Saeidnejad ve diğ, 2012). Bulgularımıza dayanarak biz de, MeJA'nın Agroyal'de ASA'e kıyasla oksidatif hasarın baskılanmasında etkili olduğunu düşünmekteyiz. Asya'da ise antioksidan sistemin uyarılmasında etkili olmuştur. ASA'nın uygulandığı gerek Asya gerekse Agroyal'deki artışlar ise antioksidan sistemin uyarılmasında ASA'nın etkili olduğunu göstermektedir.

POD enzim aktivitesini, tuz stresinin artarak uygulandığı Asya çeşidinde kontrole kıyasla ASA uygulaması %48.81 ve MeJA uygulaması %29.85 düşürürken, en yüksek POD enzim aktivitesi 150 mM NaCl uygulanan grupta 64,68 U/mg protein, en düşük POD enzim aktivitesi SA uygulanan grupta 28.05 U/mg protein olarak bulundu. MeJA uygulaması, ASA uygulamasına göre daha yüksek POD enzim aktivitesine neden oldu (Çizelge 4.6). Burada gerek ASA gerekse MeJA'nın, tuz stresinin oluşturması muhtemel oksidatif hasarını baskılayarak, enzim aktivitesinde düşmeye neden olduğu düşünülmektedir. Agroyal çeşidinde ASA uygulaması; POD enzim aktivitesini %307.19 ve MeJA uygulaması POD enzim

aktivitesini %404.70 oranında dikkat çekici bir şekilde artırdı. Agroyal çeşidinde kontrol grubu Asya ile kıyaslandığında oldukça düşük POD enzim aktivitesine sahip olduğu belirlendi. En yüksek POD enzim aktivitesi MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 89.90 U/mg protein, en düşük POD enzim aktivitesi kontrol grubunda 14.47 U/mg protein olarak bulundu. ASA ve MeJA uygulanan gruplarda tuz stresinin artmasına paralel olarak POD enzim aktivitesi arttı (Çizelge 4.6). Fahad ve Bano, (2002), Tuzlu koşullarda yetiştirilen mısır bitkisinde SA'nın biyokimyasal ve fizyolojik parametreler üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, tuzlu alanlarda bitki yapraklarında SOD ve POD aktivitelerinin arttığını rapor etmişlerdir. Tuzlu koşullarda yetişen bitkilere SA uygulamasının, SOD ve POD aktivitelerini daha fazla artırdığı bildirilmiştir. Adam Ali ve diğ. (2019), NaCl stresine maruz kalmış *Sorgum* fidelerinde, artan JA uygulamasının POD ve CAT enzim aktivitesini artırdığını rapor etmişlerdir. En yüksek POD enzim aktivitesinin uygulanan en yüksek JA seviyesinde (10 mM) ve en düşük POD enzim aktivitesinin kontrolde olduğu bildirilmiştir. JA uygulamasıyla POD enzim aktivitesinde rapor edilen artış, Agroyal çeşidinde bulunan sonuçlarla uyumlu bulunurken Asya çeşidinde elde edilen sonuçlarla uyuşmadığı Çizelge 4.6'da görülmektedir. ASA ve MeJA'nın; Agroyal'deki tuz stresi sonucu oluşan oksidatif hasarını önlemek için, POD enzim aktivitesini artırarak detoksifikasyonda etkili olduğunu düşünüyoruz.

Asya çeşidinde tuz stresinin GST enzim aktivitesinde artışa neden olduğu, bununla birlikte ASA uygulamasının GST enzim aktivitesini %1.36 ve MeJA uygulamasının GST enzim aktivitesini %2.04 artırdığı saptandı. En yüksek GST enzim aktivitesi 150 mM NaCl ve MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 1.54 U/mg protein, en düşük GST enzim aktivitesi MeJA+75 mM NaCl uygulanan grupta 1.44 U/mg protein olarak bulundu (Çizelge 4.7). Agroyal çeşidinde ise kontrole kıyasla tuz stresinin GST enzim aktivitesini artırdığı; ASA ve MeJA uygulamasının GST enzim aktivitesi üzerinde %2.65 oranında azaltıcı etki gösterdiği bulundu. Bununla birlikte en yüksek GST enzim aktivitesi ASA+150 mM NaCl uygulanan grupta 1.61 U/mg protein, en düşük GST enzim aktivitesi ASA+75 mM uygulanan grupta 1.42 U/mg protein olarak bulundu (Çizelge 4.7).

Barbara-Espin ve diğ. (2011), bezelyede NaCl yokluğunda SA'nın, antioksidan enzim aktiviteleri üzerinde bazı değişiklikler ortaya çıkardığını rapor etmişlerdir. 100 µM SA varlığında APX enzim aktivitesinin arttığı ve 50 µM SA uygulamasıyla GST enzim aktivitesinin yükseldiği belirtilmiştir. Araştırmacılar, konsantrasyona bağlı olarak SA uygulamasının CAT enzim aktivitesini artırdığını, tuzluluğun GR enzim aktivitesinde azalmaya GST ve CAT enzim aktivitesinde artışa neden olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca tuz stresi

uygulanan bitkilerde SA'nın, antioksidan enzimlerde değişikliklere neden olduğunu; APX ve GR enzim aktivitesini azalttığını ve 100 µM SA'nın GST aktivitesini artırdığını belirtmişlerdir. Araştırmacıların tuz stresinin etkisiyle GST aktivitesinde tespit ettikleri değişimler, Asya ve Agroyal çeşidinde elde ettiğimiz bulgularla uyumlu bulundu. Ayrıca araştırmacılar tarafından SA uygulamasıyla GST enzim aktivitesinde elde edilen bulgular Asya çeşidinde elde ettiğimiz sonuçlarla uyumlu bulunurken; Agroyal çeşidinde ASA uygulamasının kontrol ve 75 mM NaCl uygulanan grupta GST enzim aktivitesini azalttığı, 150 mM NaCl uygulanan grupta ise en yüksek olduğu saptandı (Çizelge 4.7).

Alam ve diğ. (2013), eksojen JA'nın farklı *Brassica* türlerinde kuraklık stresine karşı tolerans kazandırmada, antioksidan sistem üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmalarında; kuraklık stresi görmeyen bitkilerle kıyaslandığında, *B. napus*'da GPX ve GST aktiviteleri artarken, CAT aktivitesinin azaldığını; *B. campestris*'de GST, GPX ve GR enzim aktiviteleri artarken CAT aktivitesinin azaldığını; *B. juncea*'da APX, GPX ve GR aktivitelerinin arttığını rapor etmişlerdir. Kuraklık stresi altındaki fidelere uygulanan JA'nın, *B. napus*'da GR aktivitesini artırdığı; *B. juncea*'da GR ve GPX aktivitelerini artırdığı belirtilmiştir. Çalışmamızda Asya çeşidinde kontrole kıyasla MeJA uygulanan grupta GST enzim aktivitesi araştırmacıların sonuçlarını paralel olarak artarken, Agroyal'de GST enzim aktivitesini azaldığı saptandı (Çizelge 4.7) Burada yine, MeJA'nın oksidatif hasarın oluşmasını engellediği tahmin edilmektedir. GST enzim aktivitesinde artış olan gruplarda ise; SA ve MeJA muhtemelen antioksidan savunma sistemini uyararak, tuz stresinin olası hasarlarından bitkiyi korumaktadır.

Enzim aktiviteleri ile ilgili sonuçlarımızı genel olarak değerlendirdiğimizde; sadece tuz stresinin uygulandığı gruplara kıyasla ASA ve MeJA uygulamasının yapıldığı gruplarda enzim aktivitelerinde meydana gelen değişimler anlamlı bulunmuştur. ASA ve MeJA'nın genel olarak oksidatif hasarın oluşmasına engel olarak ya da antioksidan sistemi uyararak etkili olduğu tahmin edilmektedir. Ancak duyarlı ve dirençli olan iki grup arasındaki kıyaslamaları dikkate aldığımızda, en doğru yanıtı ulaşabilmek için, gen ifadelerindeki değişimleri ortaya çıkaracak yeni çalışmalara gerek olduğu düşünölmektedir.

5.2. *Glycine max* cv. Asya ve *Glycine max* cv. Agroyal Bitkilerinde GSH Değişimi

Asya çeşidinde kontrole göre 150 mM NaCl uygulaması GSH miktarını %16.67 azaltırken; ASA uygulaması %50 ve JA uygulaması %116.67 artırdı. En yüksek GSH miktarı MeJA uygulanan grupta 0.13 U/mg protein, en düşük GSH miktarı 150 mM NaCl uygulanan grupta 0,05 U/mg protein olarak bulundu. ASA+NaCl uygulanan tüm gruplar sadece tuz stresi uygulanan gruplarına göre ve MeJA+NaCl uygulanan tüm gruplar sadece tuz stresi uygulanan gruplara göre GSH miktarını artırdığı saptandı (Çizelge 4.8). Agroyal çeşidinde kontrole göre tuz stresi uygulanan gruplarda GSH içeriği düşüş gösterdi. ASA uygulaması GSH içeriğini %7.69 artırırken, JA uygulaması %30,77 azalttı. En yüksek GSH miktarı ASA uygulanan grupta 0,14 U/mg protein, en düşük GSH miktarı ASA+150 mM NaCl uygulanan grupta 0,04 U/mg protein olarak bulundu (Çizelge 4.8).

Ahanger ve diğ. (2020) tarafından tuz stresi uygulanan *Vigna angularis*'te (adzuki fasüyesi) eksojen SA ve NO'in büyüme, fotosentez ve askorbat-glutasyon döngüsü üzerine etkileri araştırılmış ve NaCl uygulamasının GSH içeriğini kontrole göre artırdığı bildirilmiştir. Bununla birlikte, SA uygulamasının hem normal hem tuzluluk stresi altında GSH içeriğinde artışa neden olduğu rapor edilmiştir. Asya çeşidinde araştırmacıların sonuçlarına paralel ASA ve MeJA uygulanan gruplarda GSH içeriğini arttığı gözlemlendi. Agroyalde ise ASA uygulanan grupta artış saptandı (Çizelge 4.8). Agroyal çeşidinin Asya'ya göre daha yüksek GSH içeriğine sahip olması direnç mekanizmasının yüksek olması ile açıklanabilir. ASA uygulamasının Asya ve Agroyal çeşidinde GSH miktarını artırması, tuz stresine karşı toleransın artırılmasında ASA'nın önemine işaret etmektedir.

Qui ve diğ. (2014), 150 mM NaCl uygulamasının buğday fidelerinde, GSH konsantrasyonunu, K1 b ve karotenoid miktarını, SOD, POD, CAT ve APX enzim aktivitelerini önemli ölçüde düşürdüğünü; MDA konsantrasyonunu, H₂O₂ ve O₂⁻ üretimini artırdığını belirtmişlerdir. JA uygulamasının, MDA ve H₂O₂ konsantrasyonunu, O₂⁻ üretimini, SOD, CAT, POD ve APX enzim aktivitelerini, GSH, K1 b ve karotenoid içeriğini artırarak buğday fidelerinin tuz stresine karşı toleransını güçlendirdiğini rapor etmişlerdir. Araştırmacıların sonuçlarıyla paralel olarak; Asya ve Agroyal çeşitlerinde tuz stresinin kontrole kıyasla GSH miktarını azalttığı Çizelge 4.8'de görülmektedir. Asya çeşidinde MeJA uygulamasının GSH miktarını artırması araştırmacıların sonuçları ile uyumlu bulunurken, Agroyal çeşidinde ise MeJA uygulaması GSH içeriği Asya'ya göre daha düşük saptandı (Çizelge 4.8). Tuz stresinin neden olduğu oksidatif zararın etkilerini hafifletmek ve antioksidan sistemi güçlendirmek için

sentezlenen GSH'ın, çalışmalarımız sonucunda ASA ve MeJA uygulamasıyla genel olarak bitkide arttığı saptandı. Bu da; tuz stresine karşı ASA ve MeJA'nın koruyucu rolü olduğunu desteklemektedir.

5.3. *Glycine max* cv. Asya ve *Glycine max* cv. Agroyal Bitkilerinde Toplam Protein Değişimi

Asya çeşidinde kontrol grubu ile kıyaslandığında tuz stresinin artmasına paralel olarak toplam protein miktarında artış saptandı. Kontrole göre ASA ve MeJA uygulaması toplam protein miktarını sırasıyla %131.96 ve %12.92 artırdı. En yüksek toplam protein miktarı MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 21.35 U/mg protein olarak, en düşük toplam protein miktarı kontrol grubunda 8.76 U/mg protein olarak bulundu. ASA uygulanan gruplarda, yalnız ASA uygulaması gören bitkilere göre toplam protein içeriği tuz stresinin artmasına paralel olarak azaldı. MeJA uygulamasının yapıldığı gruplarda, tuz stresinin artmasına paralel olarak toplam protein içeriği arttı (Çizelge 4.9).

Tuz stresinin artarak uygulandığı Agroyal çeşidinde toplam protein miktarı Asya'ya göre dikkat çekici şekilde yüksek bulunurken, ASA ve MeJA uygulamasının toplam protein miktarını sırasıyla %66.50 ve %32.20 düşürdüğü Çizelge 4.9'da görülmektedir. Bununla birlikte, ASA uygulanan gruplarda, tuz stresinin artmasına paralel olarak toplam protein miktarı da arttı. En yüksek toplam protein miktarı 150 mM NaCl uygulanan grupta 23.97 U/mg protein olarak, en düşük toplam protein miktarı ASA uygulanan grupta 7.48 U/mg protein olarak belirlendi (Çizelge 4.9).

Çağ ve diğ. (2009), ayçiçeği kotiledonlarında SA'nın pigment sistemi, protein içeriği ve POD aktivitesi üzerine etkilerini araştırmış ve elde edilen bulgulara göre protein miktarının sırasıyla 0.001, 0.1 ve 10 μ M SA uygulamalarıyla sırasıyla 1.9, 2.3 ve 1.7 kat arttığı rapor edilmiştir. Araştırmacılar tarafından SA uygulamasıyla protein içeriğinde rapor edilen bu artış, Asya çeşidinde kontrole göre elde edilen bulgularımızla paralellik gösterdiği Çizelge 4.9'da görülmektedir. Liu ve diğ. (2019) tarafından, *Limonium bicolor* tohumlarında çimlenme üzerine eksojen SA etkisini araştırmış ve kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, tuz uygulamasının çimlenen tohumlardaki protein içeriğini önemli ölçüde azalttığı, ancak 0.08 ve 0.24 mM SA uygulamalarına yanıt olarak protein içeriğinin arttığı rapor edilmiştir. Asya ve Agroyal çeşidinde 150 mM NaCl uygulamasının protein içeriğini artırması, araştırmacılar tarafından saptanan bulgularla uyum göstermedi. Asya çeşidinde kontrole göre ASA uygulaması ile artan protein içeriğine ait bulgular Liu ve diğ. (2019) sonuçlarıyla uyumlu bulundu. Fakat Agroyal

çeşidinde ASA uygulamasının yapıldığı kontrol grubunda toplam protein içeriğini azalttı. Araştırmacılar, tuz stresi uygulanmayan yalnız SA uygulanan gruplara kıyasla, 200 mM NaCl ve 0.24 mM SA'nın, protein içeriğinin azalmasına neden olduğunu belirtmişlerdir. Bu sonuçlar Asya çeşidinde ASA uygulanan gruba kıyasla ASA+150 mM NaCl uygulanan grupta tespit ettiğimiz toplam protein miktarıyla uyumludur (Çizelge 4.9). Kaur ve diğ. (2017), tuz stresi uygulanmış *Brassica napus* fidelerinde JA'nın bazı biyokimyasal ve fizyolojik parametreler üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, 80 mM NaCl uygulamasının, kontrole göre protein içeriğini önemli ölçüde yükselttiği, ardından bu yükselmeyi 100 mM NaCl konsantrasyonun izlediği, ancak 120 mM NaCl uygulamasının *B. napus* L. fidelerinde toplam protein içeriğini azalttığı belirtilmiştir. Araştırmacılar JA uygulamasının protein sentezini indüklediğini bildirmiştir. Araştırmacıların sonuçlarıyla paralel olarak Çizelge 4.9'da görüldüğü gibi Asya çeşidinde kontrole kıyasla MeJA uygulaması toplam protein miktarını artırdı. Agroyalde MeJA uygulamasının kontrole göre toplam protein miktarını düşürdüğü tespit edilse de içsel olarak toplam protein miktarı Asya'ya göre daha yüksek saptandı (Çizelge 4.9). Bu nedenle Asya'daki MeJA uygulamasına karşı görülen toplam protein miktarındaki artışın, tuz stresinin olumsuz etkilerine karşı bitkinin kendini korumasına yanıt olarak ortaya çıktığı düşünülmektedir. Yüksek miktarda toplam çözünür protein, bitkilerin yüksek tuzluluğa olumlu tepki vermesini ve hayatta kalmasını sağlarken, stres toplam protein miktarını uyararak bitki savunmasına katkı sağlamaktadır. JA'nın aracılık ettiği değişikliklerin jasmonat uyarımlı stres proteinleriyle ilişkili olduğu düşünülmektedir (Kaur ve diğ, 2017). Asya ve Agroyal'de; toplam protein miktarında meydana gelen değişimlerin, her iki grupta farklı şekilde cevaplar verdiği gözlemlendi. Bulgularımıza göre; duyarlı grup olan Asya'da ASA ve MeJA'nın uygulandığı gruplardaki toplam protein miktarındaki artış, strese toleransın geliştirilmesinde önemli bulunmuştur. Dirençli olan Agroyal'de ise tuz stresinin uygulandığı grup ile kıyaslandığında ASA ve MeJA gruplarında görülen düşme de, bu hormonların bitkide oksidatif hasarı engellemesine paralel olarak toplam protein miktarında düşmeye neden olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.9).

5.4. *Glycine max* cv. Asya ve *Glycine max* cv. Agroyal Bitkilerinde Prolin Değişimi

Asya çeşidinde kontrole kıyaslandığında, tuz stresi uygulanan gruplarda Pro miktarında artış belirlendi. Kontrole kıyasla ASA uygulanan grupta Pro miktarı %2.27 azalırken; MeJA uygulanan grupta Pro miktarı %7.95 arttı. En yüksek Pro miktarı 150 mM NaCl uygulanan grupta 37.60 µg/mg, en düşük Pro miktarı ASA uygulanan grupta 8.60 µg/mg olarak bulundu (Çizelge 4.10). Agroyal çeşidinde kontrole kıyaslandığında tuz stresi uygulanan gruplarda Pro

miktarında artış belirlendi. Kontrole kıyasla ASA uygulanan grupta Pro miktarı %9.33 azalırken; MeJA uygulanan grupta prolin miktarı %9.33 arttı. En yüksek Pro miktarı 150 mM NaCl uygulanan grupta 22.60 µg/mg, en düşük prolin miktarı ASA uygulanan grupta 6.80 µg/mg olarak bulundu (Çizelge 4.10).

Tuz stresi, kloroplastta ROT'ların oluşmasına neden olurken çeşitli ozmoprotektanlar ve antioksidanlar, tilakoid protein komplekslerini korumak için birikirler. Pro; osmotik ayarlama, fotosistemi koruma, hücre zarının stabilizasyonunu devam ettirme gibi rollere sahip olan ve antioksidan olarak davranan potansiyel ozmoprotektanlardan biridir (Bukhat ve diğ., 2020). Asya ve Agroyal çeşitlerinde sonuçlarımızla uyumlu olarak, Abdelaal ve diğ. (2019) tarafından yapılan bir araştırmada, tuz stresine karşı tatlı biber bitkilerinde artan Pro içeriği rapor edilmiştir. Yine aynı çalışmada 4000 ppm NaCl+SA uygulamasının kontrole göre Pro içeriğini arttırdığı, ancak sadece 4000 ppm NaCl uygulanan gruba göre daha düşük oranda artış olduğu rapor edilmiş olup bu sonuçlar, Asya ve agroyal çeşidinde elde ettiğimiz bulgularla paralellik göstermektedir. Asya ve Agroyal çeşitlerinde kontrole kıyasla tuz stresi uygulanan gruplarda araştırmacıların sonuçlarıyla uyumlu olarak Pro içeriğinde artış bulundu (Çizelge 4.10). Kaur ve Sirhindi, (2015) tarafından, *Brassica napus* L. GSC 6'da 180 mM NaCl ortamında yetişen fidelerde Pro içeriğinin kontrole göre %533 arttığı rapor edilmiştir. Bununla birlikte JA uygulamasının prolin içeriğini artırırken; JA'nın Pro üzerindeki etkisinin tuz stresi altındaki bitkilerde daha önemli bulunduğunu belirtmişlerdir. Asya ve Agroyal çeşidinde kontrol grubuna kıyasla MeJA uygulamasının Pro miktarında neden olduğu artış araştırmacıların sonuçlarıyla uyumlu olduğu Çizelge 4.9'da görülmektedir. Asya ve Agroyal çeşitlerinde MeJA ve ASA'nın kontrole göre prolin miktarını artırması, ayrıca ASA+NaCl ve MeJA+NaCl uygulamalarının da kontrolle kıyaslandığında Pro birikimini uyarması tuz stresine karşı bitki toleransını artırdığı sonucunu ortaya koymaktadır. Asya'da prolin içeriğinin Agroyal'e göre daha yüksek olmasının nedeni de duyarlı grup olmasından kaynaklanmaktadır. Artan tuz konsantrasyonuna karşı MeJA ve ASA uygulanan gruplarda Pro içeriğindeki azalma da, bu hormonların oksidatif hasarı redüklemesinden kaynaklanmaktadır. Agroyal'de bu değerlerin daha düşük olması da bu hormonlar ve direnç genlerinin birlikte hareket ederek oksidatif hasarı engellediğini göstermektedir.

5.5. *Glycine max* cv. Asya ve *Glycine max* cv. Agroyal Bitkilerinde MDA Değişimi

Asya çeşidinde kontrolle kıyaslandığında, tuz stresinin artmasına paralel olarak MDA miktarı artarken ASA ve MeJA uygulamasının kontrole göre MDA miktarını sırasıyla %22.83 ve %16.17 azalttığı bulundu. En yüksek MDA miktarı 150 mM NaCl uygulanan grupta 59.24 nmol/g, en düşük MDA miktarı ASA uygulanan grupta 19.57 nmol/g bulundu (Çizelge 4.11). Agroyal çeşidinde kontrolle kıyaslandığında tuz stresinin artmasına paralel olarak MDA miktarı artarken ASA ve MeJA uygulamasının kontrole göre MDA miktarını sırasıyla %44.40 ve %26.59 azalttığı bulundu. En yüksek MDA miktarı 150 mM NaCl uygulanan grupta 42.37 nmol/g, en düşük MDA miktarı ASA uygulanan grupta 12.36 nmol/g bulundu (Çizelge 4.11).

Qui ve diğ. (2014) tarafından, buğday filizlerinde kontrolle kıyaslandığında tuz stresinin MDA miktarında önemli bir artışa neden olduğu bildirilmiştir. Bukhat ve diğ. (2019), tuz stresine maruz bırakılmış 5 turp çeşidinde, tuz stresinin turp yapraklarında MDA birikimini artırırken, 2 ve 5 mM eksojen SA uygulamasının tuz stresi uygulanan veya uygulanmayan tüm gruplarda MDA içeriğini azalttığını saptamışlardır. Abdelaal ve diğ. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, lipid peroksidasyonu ürünü olan MDA'nın kontrol bitkilerine kıyasla tuz stresine maruz kalan bitkilerde önemli ölçüde arttığı bildirilmiştir. Diğer taraftan, tuz stresine maruz kalan bitkiler, strese maruz bırakılmayan bitkilerle kıyaslandığında, SA uygulamasının MDA konsantrasyonunu önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir. Araştırmacılar tarafından, tuz stresinin MDA üzerindeki artırıcı etkisinin Asya ve Agroyal çeşitlerinde elde edilen sonuçlarla uyumlu olduğu Çizelge 4.11'de görülmektedir. Ayrıca araştırmacılar tarafından ASA uygulamasının kontrole göre MDA miktarını azaltması Asya ve Agroyal çeşitlerinde elde ettiğimiz sonuçlarla paralellik gösterdi. Asya ve Agroyal çeşitlerinde ASA ile birlikte NaCl uygulamasının, kontrole göre MDA miktarını azaltması da araştırmacıların sonuçlarıyla uyumlu bulundu (Çizelge 4.11). Asya ve Agroyal çeşitlerinde elde edilen bu sonuçlar, tuz stresinin neden olduğu oksidatif hasarın bir belirleyicisi olan MDA miktarının ASA uygulanması sonucu azalması SA'nın bitkilerde koruyucu etkisini ortaya koymaktadır.

Farhangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani, (2018) tarafından soyada SA ve JA uygulaması ve tuz stresi arasındaki etkileşimlerin antioksidan enzim aktiviteleri ve MDA içeriği için oldukça önemli olduğu rapor edilmiştir. Artan tuz stresi ile POD, CAT, SOD, APX aktivitelerinin ve MDA içeriğinin arttığı belirtilirken, tuzsuz ortamda SA ve JA uygulamalarının aynı enzim aktiviteleri ve MDA içeriği üzerinde önemli bir etki göstermediği bildirilmiştir. Bununla birlikte, farklı seviyelerdeki tuz stresi ve hormon uygulaması soya

yapraklarında antioksidan enzim aktivitelerini artırırken MDA içeriğini azalttığı belirtilmiştir. Asya ve Agroyal çeşitlerinde ASA ve NaCl ile MeJA+NaCl uygulanan tüm grupların sadece tuz stresi uygulanan gruplarına göre daha düşük MDA aktivitesi göstermesi araştırmacıların sonuçlarıyla uyumlu bulundu (Çizelge 4.11). Asya ve Agroyal çeşitlerinde ASA ve JA tarafından MDA'nın düşük miktarda saptanması; bu hormonların oksidatif hasarı baskılaması nedeni ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

5.6. Çimlenme Öncesi SA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve *Glycine max* cv. Agroyal Bitkilerinin Yapraklarında Büyüme Kriterlerindeki Değişimler

Asya çeşidinde kontrole kıyasla 75 mM NaCl uygulaması yaprak alanını azaltırken; 150 mM NaCl uygulaması yaprak alanını artırdı. ASA uygulaması yaprak alanını %9.52 ve MeJA uygulaması ise %7.54 azalttı. En yüksek yaprak alanı 150 mM NaCl uygulanan grupta 19.54 cm², en düşük yaprak alanı 75 mM NaCl uygulanan grupta 16.10 cm² bulundu (Çizelge 4.12). Agroyal çeşidinde kontrolle kıyaslandığında tuz stresi uygulaması yaprak alanını azaltırken, ASA ve MeJA uygulaması sırasıyla yaprak alanını %4.15 ve %1.45 artırdı. En yüksek yaprak alanı MeJA+75 mM NaCl uygulanan grupta 22.14 cm², en düşük yaprak alanı ASA+150 mM NaCl uygulanan grupta 11.41 cm² bulundu (Çizelge 4.12).

El-Beltagi ve diğ. (2017) tarafından, tuz stresi altındaki pamuk bitkisinde SA ve PC'nin etkileri araştırılmış ve 12000 ppm tuzluluk stresinin bitki boyu, kuru ağırlık ve yaprak alanı gibi büyüme kriterleri üzerinde azalışa neden olduğu rapor edilmiştir. Bununla birlikte, aynı büyüme kriterleri üzerinde 200 ppm SA uygulamasının iyileştirici etki gösterdiği bildirilmiştir. Benzer sonuçlar Ahmed ve diğ. (2013) tarafından ortaya koyulmuştur. Ahmed ve diğ. (2013), hücre bölünmesi ve büyümesine engel olan tuz stresi sonucu azalan turgor basıncından dolayı yaprak alanının azaldığını rapor etmişlerdir (El-Beltagi ve diğ, 2017). Asya ve Agroyal çeşitlerinde 75 mM NaCl uygulamasının yaprak alanını azaltması araştırmacıların sonuçları ile uyumlu bulundu. Ayrıca araştırmacıların sonuçlarıyla paralel olarak Agroyal çeşidinde ASA uygulaması yaprak alanını artırdı. Ancak Asya çeşidinde görülen azalış araştırmacıların sonuçlarıyla paralel bulunmadı (Çizelge 4.12).

Ghassemi-Golezani ve diğ. (2020), *Carthamus tinctorius* L. cv. Goldasht'da artan tuz stresinin yaprak alanında azalmaya neden olduğu ancak JA ve SA uygulamasının tuz stresi altında bitkilerde yaprak alanını artırdığını bildirmişlerdir. Asya ve Agroyal çeşidinde tuz stresinin yaprak alanı üzerindeki azaltıcı etkisi araştırmacıların sonuçlarıyla paraleldir. Asya ve

Agroyal çeşidinde ASA+75 mM NaCl ve MeJA+75 mM NaCl uygulanan grupların sadece 75 mM NaCl uygulanan gruba göre daha yüksek yaprak alanına sahip olması, tuz stresinin hücre bölünmesi ve büyümesi üzerindeki olumsuz etkisinin giderilmesinde, ASA ve MeJA'nın kısmen koruyucu etkisi olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.12).

Tuz stresinin artarak uygulandığı Asya çeşidinde kontrol grubuyla kıyaslandığında Kl a miktarı 75 mM NaCl uygulanan grupta %22.17 artarken; 150 mM NaCl uygulanan grupta %6.09 azaldı. ASA uygulaması kontrolle kıyaslandığında Kl a miktarını %0.23 azaltırken; MeJA uygulaması Kl a miktarını kontrole göre %13.63 artırdı. En yüksek Kl a miktarı 75 mM NaCl uygulanan grupta 1063.01 µg/g, en düşük Kl a miktarı MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 812.73 µg/g bulundu (Çizelge 4.13). Asya çeşidinde kontrol grubuyla kıyaslandığında artan tuz stresi Kl b miktarını artırdı. Kontrole göre ASA uygulaması Kl b miktarı %32.86 ve MeJA uygulaması %22.87 artırdı. En yüksek Kl b miktarı ASA uygulanan grupta 482.52 µg/g, en düşük Kl b miktarı MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 305.23 µg/g bulundu (Çizelge 4.14). Tuz stresinin artarak uygulandığı Asya çeşidinde kontrol grubuyla kıyaslandığında 75 mM NaCl uygulaması ile toplam Kl miktarı %16.01 artarken, 150 mM NaCl uygulamasıyla %0.77 azalış gösterdi. Asya çeşidinde kontrole göre ASA uygulaması toplam Kl miktarını %1.07 azaltırken, MeJA uygulaması %16.35 artırdı. En yüksek toplam Kl miktarı ASA+75 mM NaCl uygulanan grupta 1479.63 µg/g, en düşük toplam Kl miktarı MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 1117.96 µg/g bulundu (Çizelge 4.16).

Tuz stresinin artarak uygulandığı Agroyal çeşidinde kontrole göre ASA uygulaması Kl a miktarını %18.59 artırırken, MeJA uygulaması kontrole göre Kl a miktarını %6.22 azalttı. En yüksek Kl a miktarı MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 1541.09 µg/g, en düşük Kl a miktarı MeJA+75 mM NaCl uygulanan grupta 812.73 µg/g bulundu (Çizelge 4.13). Agroyal çeşidinde kontrol grubuyla kıyaslandığında artan tuz stresi Kl b miktarını azalttı. Kontrole göre ASA uygulaması Kl b miktarını %7.47 ve MeJA uygulaması %2.74 düşürdü. En yüksek Kl b miktarı kontrol grubunda 771.33 µg/g, en düşük Kl b miktarı ASA+150 mM NaCl uygulanan grupta 368.27 µg/g bulundu (Çizelge 4.14). Tuz stresinin artarak uygulandığı Agroyal çeşidinde kontrol grubuyla kıyaslandığında 75 mM NaCl uygulaması ile toplam Kl miktarı %0.75 artarken, 150 mM NaCl uygulamasıyla %9.13 azalmıştır. Agroyal çeşidinde kontrole göre ASA uygulaması toplam Kl miktarını %6.95 artırırken, MeJA uygulaması %15.39 azalttı. En yüksek toplam Kl miktarı MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 1981.24 µg/g, en düşük toplam Kl miktarı MeJA+75 mM NaCl uygulanan grupta 1289.38 µg/g bulundu (Çizelge 4.16).

Shin ve diğ. (2020), tuz stresinin (50 mM, 100 mM, 200 mM, 300 mM ve 400 mM) marul bitkisinde Kl a ve Kl b pigmentlerini etkileyerek, süreç içerisinde farklı değişimler gösterdiğini saptamışlardır. Kl a miktarı, farklı konsantrasyonlarda NaCl'ün uygulandığı tüm gruplarda, uygulamaya takiben 4. günde düşmeye başlayarak en düşük değerin 6. günden sonra ve 400 mM NaCl uygulanan grupta olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca Kl b için elde edilen sonuçların, Kl a ile benzer olduğu belirtilmiştir. Buna karşılık Goussi ve diğ. (2018), farklı değerlerde NaCl konsantrasyonlarının uygulandığı *Thellungiella salsuginea*'da, 300 mM'a kadar hem Kl a hem de Kl b değerlerinde önemli bir artış görüldüğünü rapor etmişlerdir. Goussi ve diğ. (2018)'nin sonuçlarıyla paralel olarak Asya çeşidinde kontrole kıyaslandığında 75 mM NaCl uygulaması Kl a ve Kl b miktarını artırdı. Agroyal çeşidinde kontrol grubuyla kıyaslandığında Kl a miktarındaki artış Goussi ve diğ. (2018)'nin, tuz stresine kıyasla Kl b miktarındaki artış Shin ve diğ. (2020)'nin sonuçlarıyla uyumlu bulundu (Çizelge 4.13, Çizelge 4.14). Ma vd. (2017), tuz stresinin, stres uygulanmayan bitkilerle karşılaştırıldığında Kl a, Kl b, toplam Kl ve karotenoid içeriği üzerinde önemli bir azalışa neden olduğunu rapor etmişlerdir. Kl a içeriğinin %0.3 tuzlukta %29.5, %0.6 tuzlulukta %72.3 ve %0.9 tuzlulukta %77.1 azaldığı belirtilmiştir. Tuz stresine maruz kalan bitkilerde SA uygulamasının, SA ile uygulanmayan bitkilerle karşılaştırıldığında, SA'nın Kl a içeriğindeki azalmayı %0.3 tuzlulukta yaklaşık %16.2 ve %0.6 tuzlulukta %41.3 oranında yavaşlattığını tespit etmişlerdir. Kl b içeriğinin, %0.3 tuzlulukta %20.4, %0.6 tuzlulukta %71.4 ve %0.9 tuzlulukta %77.5 azaldığını bildirmişlerdir. Tuz stresine maruz kalan bitkilerde SA uygulaması, SA ile işleme tabi tutulmamış bitkilerle karşılaştırıldığında, Kl b içeriğindeki azalmayı %0,3 tuzlulukta yaklaşık %14.7 ve %0.6 tuzlulukta %7,1 yavaşladığı rapor edilmiştir. Asya ve Agroyal çeşitlerinde ASA+150 mM NaCl uygulanan gruplarda sadece 150 mM NaCl uygulanan gruplara kıyasla Kl a miktarı arttı. Kl b miktarı Asya çeşidinde ASA+NaCl uygulanan gruplar sadece tuz stres uygulanan gruplarına göre Kl b miktarında artışa neden oldu (Çizelge 4.13, Çizelge 4.14). Asadi ve diğ. (2013), *Cicer arietinum* L.'de 100 mM NaCl uygulamasının toplam Kl miktarını azalttığı; 3 mM SA uygulamasının ise toplam Kl içeriğini artırdığı rapor edilmiştir. Araştırmacıların sonuçlarıyla paralel olarak, Asya ve Agroyal çeşitlerinde kontrole göre 150 mM NaCl uygulanması toplam Kl miktarını artırdı. Ayrıca, Agroyal çeşidinde araştırmacıların sonuçlarıyla paralel olarak kontrole göre ASA uygulaması, toplam Kl miktarını artırırken; Asyada elde edilen bulgular uyumlu bulunmadı (Çizelge 4.16). Samadi ve diğ. (2019), tuz stresi altında yetiştirilen çilek bitkilerinde, SA uygulamasının fotosentezin fotokimyasal aktivitesini önemli ölçüde arttırdığını saptamışlardır. Alisofi ve diğ. (2020), tuz stresi altındaki *Momordica charantia* fidelerinde, Kl a ve toplam Kl içeriğinin kademeli olarak artarken, Kl b içeriğinin kontrole göre

düşük ve orta tuzluluklarda önemli olmamakla birlikte azalış gösterdiğini, ancak yüksek tuzluluğa yanıt olarak; bu pigmentlerin miktarının önemli ölçüde azaldığını bildirmişlerdir. JA uygulanan fidelerde Kl a, Kl b ve toplam Kl içeriklerinin, uygulama görmeyen kontrol fidelerine göre, tuz stresi altında önemli ölçüde arttığı rapor edilmiştir. Bununla birlikte, JA uygulamasının yüksek tuzluluk altında, klorofil içerikleri üzerindeki olumlu etkisinin anlamlı olmadığı belirtilmiştir. Alisofi ve diğ. (2020)'nin bulgularıyla paralel olarak, Asya çeşidinde kontrole göre MeJA uygulaması Kl a, Kl b ve toplam Kl miktarını artırdı. *Glycine max* cv. Agroyal'de kontrole göre MeJA uygulanan grupta Kl a, Kl b ve toplam Kl miktarı düşük bulundu (Çizelge 4.13, Çizelge 4.14, Çizelge 4.16). Tsonev ve diğ. (1998), *Hordeum vulgare* L. Alfa'da tuzluluğun kontrole göre toplam Kl miktarını azalttığını, JA uygulamasının ise artırdığı bildirilirken tuz ve JA uygulamasının etkilemediği rapor edilmiştir. Asya çeşidinde kontrole göre MeJA uygulamasının toplam Kl miktarını artırması araştırmacıların sonuçları ile paraleldir. Ancak Agroyal çeşidinde, MeJA uygulaması kontrole göre toplam Kl miktarını azalttığı gözlemlendi (Çizelge 4.16).

Bitkilerde en önemli fizyolojik olaylardan biri olan fotosentez, bitki kuru ağırlığının %90'ını karşılamaktadır. Tuzlu koşullarda yetiştirilen bitkilerin fotosentetik kapasitesi, tuzluluğun uygulanma süresine ve bitki türüne bağlı olarak azalmaktadır. Birçok çalışma tuzluluğa tepki olarak fotosentez de görülen azalmanın, stomal iletkenlikte ortaya çıkan düşüş ve dolayısıyla CO₂ alımının sınırlandırılmasıyla ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır (Najar ve diğ, 2018). Fotosentez tuzlulukdan etkilen olayların başında gelmektedir. SA'ya yanıt olarak tuz stresi altında tutulan *Helianthus annuus* (Noreen ve diğ, 2017) ve *Dianthus superbus*'ta (Ma ve diğ, 2017) fotosentetik verimin arttığı rapor edilmiştir. Asya'da toplam klorofil miktarının değişimi üzerinde ASA'nın MeJA'ya göre daha etkili olduğu saptandı. Agroyal çeşidinde ise MeJA ile NaCl'un uygulandığı 150 mM'daki grupta en yüksek değer gözlemlendi (Çizelge 4.16). Bulgularımıza dayanarak; tuzluluğun fotosistem üzerinde yol açtığı olumsuz etkilerin ASA ve MeJA uygulamaları ile kısmen ortadan kaldırılabilceği düşünülmektedir.

Asya çeşidinde kontrol grubuna göre düşük tuz stresi karotenoid miktarını artırırken, yüksek tuz stresi karotenoid miktarına azalttı. Kontrole kıyasla ASA ve MeJA uygulanan gruplarda sırasıyla %8.54 ve %8.71 karotenoid miktarı düşük bulundu. En yüksek karotenoid miktarı 75 mM NaCl uygulanan grupta 835.00 µg/g, en düşük karotenoid miktarı MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 542.13 µg/g bulundu (Çizelge 4.17).

Tuz stresinin artarak uygulandığı Agroyal çeşidinde Asya'ya benzer olarak kontrol grubuna göre düşük tuz stresi karotenoid miktarını artırırken, yüksek tuz stresi karotenoid miktarına azalttı. Bununla birlikte Agroyal çeşidinde karotenoid miktarı Asyaya göre daha yüksek bulundu. Kontrole kıyasla ASA uygulanan grupta karotenoid miktarı %2.10 artarken, MeJA uygulanan grupta %23.95 azaldı. En yüksek karotenoid miktarı MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 979.99 µg/g, en düşük karotenoid miktarı MeJA+75 mM NaCl uygulanan grupta 589.39 µg/g bulundu (Çizelge 4.17).

Farheen ve diğ, (2018) *Vigna radiata*'da tuz stresinin (50, 100, 150 mM) karotenoid üzerinde olumsuz etki gösterdiğini saptamışlardır. Özellikle yüksek tuzluluğun karotenoid miktarını %50'ye kadar azalttığı bildirilmiştir. Bununla birlikte, ASA'nın uygulamasının, 150 mM NaCl stresi altında karotenoid miktarını %41 oranında arttırdığı rapor edilmiştir. Araştırmacılar tarafından, yalnız ASA uygulamasının ise en yüksek karotenoid miktarına sebep olduğu saptanmıştır. Araştırmacıların sonuçlarıyla paralel olarak, Asya ve Agroyal çeşitlerinde 150 mM NaCl uygulamasıyla karotenoid miktarı azaldı. Araştırmacıların bulgularıyla uyumlu olarak, Asya çeşidinde ASA+150 mM NaCl uygulanan grupta karotenoid miktarı sadece 150 mM NaCl uygulanan gruba göre %21.07 daha yüksek bulundu (Çizelge 4.17). Efimova ve diğ. (2019) tarafından, patates bitkisinde JA uygulamasının kontrole kıyasla klorofil ve karotenoid birikimini engellediği rapor edilmiştir. Bununla birlikte tuz stresinin karotenoid miktarı üzerindeki baskılayıcı etkisinin artan JA uygulamasıyla azaltıldığı bildirilmiştir. Araştırmacıların sonuçlarıyla paralel olarak JA uygulaması Asya ve Agroyal çeşitlerinde kontrole göre karotenoid birikimini engelledi. Fakat MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta karotenoid miktarı sadece 150 mM NaCl uygulanan gruba göre daha yüksek bulunması MeJA'nın tuz stresinin olumsuz etkilerine karşı bitki cevabının düzenlenmesinde önemli bir rol oynadığına işaret etmektedir (Çizelge 4.17). Asya ve Agroyal çeşidinde karotenoid değişimleri incelendiğinde, tuz stresinin olumsuz etkilerine karşı ASA ve MeJA'nın oksidatif hasarı engelleyerek antioksidan olarak görev yaptığı düşünülmektedir.

5.7. *Glycine max* cv. Asya ve *Glycine max* cv. Agroyal Bitkilerinde Toplam Fenol İçeriğindeki Değişim

Asya çeşidinde tuz stresinin artmasına paralel olarak fenolik madde miktarında artış belirlendi. Kontrole kıyasla ASA ve MeJA uygulaması fenolik madde miktarını %10,14 artırdı. En yüksek fenolik madde miktarı 150 mM NaCl uygulanan grupta 7.42 µg/g, en düşük fenolik madde miktarı kontrol grubunda 4.14 µg/g bulundu (Çizelge 4.18). Tuz stresinin artarak

uygulandığı Agroyal çeşidinde tuz stresinin artmasına paralel olarak fenolik madde miktarında artış belirlendi. Kontrole kıyasla ASA uygulaması fenolik madde miktarını %11.69 ve MeJA uygulaması fenolik madde miktarını %12.94 artırdı. En yüksek fenolik madde miktarı 150 mM NaCl uygulanan grupta 6.24 µg/g, en düşük fenolik madde miktarı kontrol grubunda 4.02 µg/g bulundu (Çizelge 4.18).

Chaparzadeh ve Hosseinzad-Behboud, (2015) tarafından *Raphanus sativus* L.'de (turp) tuzluluğun neden olduğu oksidatif hasar üzerine SA'nın etkileri araştırılmış ve tuzluluk stresinin; yaprakta flavanoid, antosiyanin, Kl a ve Kl b içeriğini azalttığı, yapraklarda karotenoid miktarını, fenolik içeriğini, H₂O₂, Pro ve lipid peroksidasyonunu artırdığı rapor edilmiştir. Bununla birlikte, SA'nın bu kriterler üzerine benzer etkiler gösterdiği bildirilmiştir. Tuzlulukla birlikte SA uygulanması, Kl a, Kl b ve flavonoid miktarını artırdığı; antosiyanin, yaprak karotenoidleri, fenolik bileşikler, Pro, H₂O₂, lipid peroksidasyonunu azalttığı belirtilmiştir. Asya ve Agroyal çeşidinde kontrole göre tuz stresinin artmasına bağlı olarak artan fenolik madde miktarı araştırmacılar tarafından ortaya koyulan bulgularla uyumludur. Jamalian ve diğ. (2020), çilek bitkisi yapraklarında JA ve ABA'nın metabolizma üzerindeki etkilerini araştırmış ve çilek yapraklarında, kontrole kıyasla NaCl'ün hem kademeli olarak uygulanmasının hem de şok uygulanmasının toplam fenolik içeriğinde önemli bir artışa neden olduğunu kaydetmişlerdir. Bununla birlikte *Fragaria vesca* (yaban çileği) 5 µM JA uygulamasından sonra toplam fenolik içerikte %7.1 oranında önemli bir artış kaydedilmiş fakat artan JA seviyesi ile, oranın %6.4'e düştüğü bildirilmiştir. ASA ve MeJA uygulanan gruplarda ise sadece tuz stresine maruz bırakılan gruplara göre daha düşük olması, ASA ve MeJA'nın oksidatif hasarı engellediğini düşündürmektedir (Çizelge 4.18).

Asya çeşidinde kontrolle kıyaslandığında tuz stresi ölü hücre yüzdesini artırdı. Kontrole göre ASA ve MeJA uygulaması sırasıyla ölü hücre yüzdesinde %1 ve %2'lik artış bulundu. En yüksek ölü hücre yüzdesi MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta %25, en düşük ölü hücre yüzdesi kontrol grubunda %15 bulundu (Çizelge 4.19). Agroyal çeşidinde kontrolle kıyaslandığında tuz stresi ölü hücre yüzdesini artırdı. Kontrole göre ASA ve MeJA uygulamaları ölü hücre yüzdesinde %2'lik artışa sebep oldu. En yüksek ölü hücre yüzdesi grubunda Asya ile benzer olarak MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta %24, en düşük ölü hücre yüzdesi kontrol grubunda %13 bulundu (Çizelge 4.19).

Poor ve diğ. (2012), domates hücrelerinin tuza maruz kalması sonucu, kontrolle kıyaslandığında sadece %70'inin yaşayabildiğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte, 300 mM

NaCl uygulamasının, hızlı hücre ölümüyle sonuçlandığı bildirilmiştir. 0,1 mM SA konsantrasyonunun hücre çoğalmasını engellediği; 1 mM NaCl konsantrasyonunun ise hücre ölümüne yol açtığı bildirilmiştir (Poor ve diğ, 2012). Asya ve Agroyal çeşitlerinde ölü hücre yüzdesinde, kontrole kıyasla hem tuz stresi uygulanan gruplarda hem de ASA uygulanan gruplarda görülen artışın araştırmacılar tarafından elde edilen sonuçlarla paralel olduğu çizelge 4.19'da görülmektedir. Genel olarak; Asya çeşidinin Agroyal çeşidine göre daha yüksek ölü hücre yüzdesine sahip olması, Asya'nın bundan dolayı duyarlı olduğunu kanıtlamaktadır. Burada ASA ve MeJA'nın, ölü hücre yüzdesi üzerinde negatif etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Asya çeşidinde kontrolle kıyaslandığında 150 mM NaCl uygulanması yaş ağırlığı %1.92 artırdı. ASA ve MeJA uygulaması, kontrol gruplarında; sırasıyla yaş ağırlıkta %3.85 ve %1.92 azalışa neden oldu. Ancak sadece tuz stresi uygulanan gruplar ile ASA+tuz ve MeJA+tuz uygulanan gruplar karşılaştırıldığında, ASA ve MeJA uygulanan gruplarda yaş ağırlıkta artış saptandı. En yüksek yaş ağırlık MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 0.59 g, en düşük yaş ağırlık ASA uygulanan grupta 0.50 g bulundu (Çizelge 4.20). Agroyal çeşidinde kontrolle kıyaslandığında 75 mM NaCl ve 150 mM NaCl uygulanması yaş ağırlığı sırasıyla %9,62 ve %15,35 artırdı. ASA ve MeJA uygulaması sırasıyla yaş ağırlıkta %1,92 ve %5,77 azalışa sebep oldu. En yüksek yaş ağırlık 150 mM NaCl uygulanan grupta 0,60 g, en düşük yaş ağırlık MeJA uygulanan grupta 0,49 g bulundu (Çizelge 4.20). Genel olarak Agroyal çeşidinin Asya çeşidine göre daha yüksek yaş ağırlık sahip olması, tuz stresine karşı direnç mekanizmasıyla ilişkilendirilebilir.

Jasim ve diğ. (2016), *Raphanus sativus* L.'de (turp) tuz stresinin artmasına bağlı olarak yaprak yaş ağırlığının azaldığı bildirilmiştir. SA kombinasyonu ile tuz stresinin, turp bitkilerinde bitki uzunluğu, klorofil içeriği, yaprak yüzey alanı, yaprak yaş ağırlığı ve köklerin yaş ağırlığı gibi fizyolojik parametrelerde önemli bir düşüşe neden olduğu rapor edilmiştir. Araştırmacıların sonuçlarıyla paralel olarak, Agroyal çeşidinde ASA+75 mM ve ASA+150 mM NaCl uygulaması sadece NaCl uygulanan gruplarına göre sırasıyla yaş ağırlığı %3.51 ve %8.33 düşürdü.(Çizelge 4.20).

Timman ve Kamil, (2019) tarafından *Ocimum basilicum* L.'da yaş ağırlığın, tuz stresi uygulanan bitkilerde stres uygulanmayan bitkilerle kıyaslandığında önemli ölçüde düşüş gösterdiği rapor edilmiştir. JA uygulamasının, stres uygulanmayan bitkilere kıyasla yaş ağırlığında önemli ölçüde artışa sebep olduğu rapor edilmiştir. Asya ve Agroyal çeşitlerinde

kontrole kıyasla tuz uygulamasının yaş ağırlığı artırması ve yine kontrole kıyasla MeJA uygulamasının yaş ağırlığı düşürmesi araştırmacıların sonuçlarıyla uyumlu bulunmadı (Çizelge 4.20). Araştırmacılar strese maruz kalan ve JA uygulanan bitki gruplarının çoğunda uygulama görmeyen gruplara göre yaş ağırlığının önemli ölçüde azaldığı bildirilmiştir. Bunu tersine araştırmamızda Asya çeşidinde strese maruz kalmayan gruplarla karşılaştırıldığında MeJA+75 mM uygulanan grupta %3,85 ve MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta %13.46 artırırken; Agroyal çeşidinde sırasıyla %3.85 ve %7.69 artırdı (Çizelge 4.20). Asya ve Agroyal çeşitlerinde, özellikle MeJA'nın tuz stresine karşı kullanılmasında, toleransın sağlanmasında önemli rol oynadığı düşünülmektedir.

Asya çeşidinde kontrole göre 75 mM NaCl uygulaması kuru ağırlığı %4.65 artırırken, 150 mM NaCl uygulaması %6.98 azalttı. ASA uygulaması kontrole göre kuru ağırlığı %9.30 artırırken; MeJA uygulaması %9.30 azalttı. En yüksek kuru ağırlık MeJA uygulanan grupta 0.50 g, en düşük kuru ağırlık MeJA uygulanan grupta 0.39 g bulundu (Çizelge 4.21). Agroyal çeşidinde kontrole göre 75 mM NaCl %10.87 artırırken, 150 mM NaCl uygulaması %13.04 azalttı. ASA uygulaması kontrole göre kuru ağırlığı %4.35 artırırken; MeJA uygulaması ise %10.87 azalttı. En yüksek kuru ağırlık 75 mM NaCl uygulanan grupta 0.51 g, en düşük kuru ağırlık 150 mM NaCl uygulanan grupta 0.40 g bulundu. (Çizelge 4.21).

Tunçturk ve diğ. (2008) tarafından, tuz stresi altındaki *Glycine max* L. Merrill çeşitlerinde mikrobesein içeriği, kuru ağırlık ve bitki büyümelerindeki değişimler araştırılmış ve Mancon hariç, tüm çeşitlerde yaprak kuru ağırlığının, tuz uygulaması ile önemli ölçüde azaldığı rapor edilmiştir. Ayrıca araştırmacılar tuzluluğun; kontrole kıyasla %25 azalmaya sebep olduğu Althow'da yaprak kuru ağırlığını diğer çeşitlerden daha fazla etkilediğini bildirmişlerdir. Turhan ve Eriş, (2005) tuz stresi altındaki *Fragaria vesca* bitkisinde kontrol ile karşılaştırıldığında, her iki *Fragaria vesca* çeşidinde 500 ve 1000 mg/L NaCl uygulamalarının yaprak kuru ağırlığını arttırdığı bildirildi. Farklı araştırmacılar, tuz stresi koşullarında farklı bitkilerde yaprak kuru ağırlığı değişimleri üzerinde farklı sonuçlar bildirmektedir. Örneğin, biberde 10 ve 25 mM NaCl (Chartzoulakis ve Klapaki, 2000) ve patlıcanda 25 mM NaCl uygulaması (Savvas ve Lenz, 2000) yaprak kuru ağırlığını etkilemediği bildirilmiştir. Ancak marul ve hindibada (De Pascale ve Barbieri, 1995) ve turunçgillerde (Garcia-Sanchez ve diğ, 2002) tuz uygulamalarının yaprak kuru ağırlığını arttırdığı bildirilmiştir (Turhan ve Eriş, 2005). Araştırmamızda Asya ve Agroyal çeşitlerinde kontrole kıyasla 75 mM NaCl uygulanan gruplarda görülen artış Turhan ve Eriş, (2005)'in sonuçlarıyla uyumlu bulunurken, 150 mM

NaCl uygulanan gruplarda görülen düşüş Tunçturk ve diğ. (2008)'in sonuçlarıyla uyumlu bulundu (Çizelge 4.21).

Hussein ve diğ. (2007), tuz stresi ve SA uygulamasının mısır bitkisi üzerine etkilerini araştırmış ve SA uygulamasının bitki boy uzunluğu, yaprak, gövde ve tüm bitki kuru ağırlığı gibi büyüme parametreleri üzerinde artırıcı etki gösterdiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar; yaprak sayısı ve alanı ile tüm bitki kuru ağırlığı hormon ve tuz etkileşiminden önemli ölçüde etkilenirken, bitki boyu, gövde çapı, yaprak ve gövde kuru ağırlığı değişimlerin önemli bulunmadığı bildirilmiştir. Araştırmacıların sonuçlarıyla uyumlu olarak Asya ve Agroyal çeşitlerinde kontrole kıyasla ASA uygulaması kuru ağırlığı %9.30 ve %4.35 artırdı (Çizelge 4.21). Timman ve Kamil, (2019) tarafından *Ocimum basilicum* L.'da uygulama görmeyen kontrol grubuna göre (0.18 g), tuz stresine maruz kalan bitkilerin daha yüksek kuru ağırlığa sahip olduğunu bildirmişlerdir (8 dSm/cm NaCl konsantrasyonunda kuru ağırlık 0.41 g iken, 10 dSm/cm NaCl konsantrasyonunda 0.14 g). Tuz stresi uygulanmayan fakat 10^{-5} M JA uygulanan bitkilerde, kontrole göre bitki kuru ağırlığında önemli bir artış rapor edilmiştir. 8 dSm/cm NaCl+ 10^{-4} M JA and 6 dSm/cm NaCl+ 10^{-5} M JA uygulamasının, kontrole göre kuru ağırlıkta artışa sebep olduğu belirtilmiştir. Araştırmamızda; Asya ve Agroyal çeşitlerinde MeJA uygulamasının kontrole göre kuru ağırlığı sırasıyla %9.30 ve %10.87 azalttığı ve bu sonuçların Timman ve Kamil, (2009)'in sonuçlarıyla uyumlu olmadığı belirlendi. Fakat araştırmacıların bulgularıyla uyumlu olarak Asya çeşidinde kontrole göre MeJA+75 mM NaCl uygulaması kuru ağırlığı %13,19 ve MeJA+150 mM NaCl uygulaması %16,28 artırdı (Çizelge 4.21). Kuru ağırlık miktarında gözlenen bu artış, bitki büyüme ve gelişme kriterleri içerisinde, SA ve MeJA'nın tuz stresine karşı olumlu bir yanıt oluşturduğunu düşündürmektedir.

5.8. Çimlenme Öncesi SA ve MeJA Uygulanan, Çimlenme Sonrası Tuz Stresine Maruz Bırakılan *Glycine max* cv. Asya ve *Glycine max* cv. Agroyal Bitkilerinin Yapraklarında İçsel SA, MeJA ve ABA Değişimi

Asya çeşidinde kontrole göre tuz stresi içsel SA miktarını 75 mM NaCl uygulanan grupta %13.76 ve 150 mM NaCl uygulanan grupta %10.05 düşürdü. İçsel SA miktarı kontrole göre ASA uygulanan grupta %1.59 artarken, MeJA uygulanan grupta %6.88 azaldı. En yüksek içsel SA miktarı ASA+75 mM NaCl uygulanan grupta 0.318 ppm iken, MeJA+75mM NaCl uygulanan grupta 0.304 olarak gözlemlendi. Diğer gruplarda da sadece tuz stresi uygulanan gruba göre değerler daha yüksek saptandı (Çizelge 4.22). Tuz stresinin artarak uygulandığı Agroyal çeşidinde kontrole göre tuz stresi içsel SA miktarını 75 mM NaCl uygulanan grupta %13.81 ve

150 mM NaCl uygulanan grupta %4.85 düşürdü. İçsel SA miktarı kontrole göre ASA uygulanan grupta %8,21 azalırken, MeJA uygulanan grupta %34.70 azaldı. En yüksek içsel SA miktarı SA+150 mM NaCl uygulanan grupta 0.290 ppm, en düşük içsel SA miktarı MeJA uygulanan grupta 0.175 ppm bulundu. Asya ve Agroyal'deki içsel SA miktarlarını karşılaştırdığımızda Agroyal'de Asya'ya göre daha yüksek oranda olduğu görülmektedir. Artan tuz stresi ile birlikte ASA ve MeJA'nın uygulandığı gruplarda daha yüksek olduğu saptandı (Çizelge 4.22).

SA'nın en önemli rollerinden biri de bitkilerde stres toleransında, direnci indükleyen bir sinyal molekülü olarak rol oynamasıdır (Szepesi ve diğ, 2008; Wang ve diğ, 2013; Horvath ve diğ, 2015; Jayakannan ve diğ, 2015; Sourı ve Tohidloo, 2019). SA, bitkilerde esas olarak çevresel stres toleransı ile ilgili endojen bir sinyal molekülü olarak tanınır. Tuzluluk, toprak verimliliğini olumsuz etkileyen ve bitki üretimini sınırlayan ana sorunlardan biridir (Richards, 1954; Kaydan ve diğ, 2007). SA, oksidatif stresteki rolü açısından en çok çalışılan fitohormondur. Çok çeşitli etkileri nedeniyle bitki hücrelerinde ROT'u detoksifiye etmede oldukça etkili olduğu saptanmıştır (Beker, 2003; Kaya ve Yiğit, 2014; Bayram ve diğ, 2015; Yiğit ve diğ, 2016; Akbulut ve diğ, 2018). Janda ve Ruelland, (2015)'a göre SA, stres kaynaklı antioksidan sistemin aktivasyonunda, dondurucu soğuk, sıcaklık, ağır metal, osmotik stres ve tuzluluk gibi abiyotik stres faktörlerine karşı toleransı artırdığı belirtilmiştir (Hasanuzzaman ve diğ, 2017). Dirençli olan Agroyal'de içsel SA miktarının Asya'ya göre daha yüksek olduğu gözlemlendi. Asya'da da hem ASA hem de MeJA uygulanan grupta içsel SA miktarının stres uygulama gruplarda arttığı saptandı. Bulgularımıza istinaden, Agroyal'in tuza daha dirençli olmasında ASA'nın etkin bir rol oynadığını söyleyebiliriz. Duyarlı olan Asya'da ise dışsal ASA ve MeJA uygulamalarına paralel artan içsel SA oranları dikkate alındığında, bu grupta direncin artırılmasında ASA'nın önemli rol oynadığı düşünülmektedir (Çizelge 4.22).

Asya çeşidinde kontrole göre tuz stresi içsel MeJA miktarını 75 mM NaCl uygulanan grupta %312.08 ve 150 mM NaCl uygulanan grupta %0.90 artırdı. İçsel MeJA miktarı kontrole göre ASA uygulanan grupta %47.07 , MeJA uygulanan grupta %596.84 arttı. En yüksek içsel MeJA miktarı MeJA uygulanan grupta 6.17 ppm, en düşük içsel MeJA miktarı kontrol grubunda 0.886 ppm bulundu (Çizelge 4.23). Tuz stresinin artarak uygulandığı Agroyal çeşidinde kontrole göre tuz stresi içsel MeJA miktarını 75 mM NaCl uygulanan grupta %46.62 ve 150 mM NaCl uygulanan grupta %122.16 artırdı. İçsel MeJA miktarı kontrole göre ASA uygulanan grupta %145.95, MeJA uygulanan grupta %104.16 arttı. En yüksek içsel MeJA

miktarı ASA uygulanan grupta 5.561 ppm, en düşük içsel MeJA miktarı kontrol grubunda 2.261 ppm bulundu (Çizelge 4.A23).

Farhangi-Abriz ve Shahram-Tobabian, (2017) tarafından tuz stresi altındaki fasülye yapraklarında JA ve SA miktarının arttığı rapor edilmiştir. Hamayun ve diğ. (2010) tarafından, soya fasülyesinde JA miktarının hem düşük NaCl (70 mM) hem de yüksek NaCl (140 mM) konsantrasyonlarında önemli ölçüde arttığı bildirilmiştir. Araştırmacıların sonuçlarıyla paralel olarak, Asya çeşidinde kontrole göre tuz stresi içsel MeJA miktarını 75 mM NaCl uygulanan grupta %312.08 ve 150 mM NaCl uygulanan grupta %0.90; Agroyal çeşidinde kontrole göre tuz stresi içsel MeJA miktarını 75 mM NaCl uygulanan grupta %46.62 ve 150 mM NaCl uygulanan grupta %122.16 artırdı. Agroyal çeşidi Asya çeşidine göre daha yüksek MeJA içeriğine sahiptir (Çizelge 4.23). Asya ve Agroyal çeşitlerinde MeJA içeriğinin SA içeriğine göre daha yüksek bulunması MeJA'nın oksidatif hasara karşı bitkiyi daha koruyucu etki gösterdiğine işaret etmektedir (Çizelge 4.22, Çizelge 4.23). Aynı zamanda SA gibi MeJA'nın Agroyal'de daha yüksek olması, bitkide bu hormonların birlikte hareket ederek direnç geliştirmesinde etkili olabileceğini göstermektedir.

Asya çeşidinde kontrole göre tuz stresi, içsel ABA miktarını 150 mM NaCl uygulanan grupta %14.43 artırdı. İçsel ABA miktarı kontrole göre ASA uygulanan grupta %41.10, MeJA uygulanan grupta %31.64 arttı. En yüksek içsel ABA miktarı MeJA+150 mM NaCl uygulanan grupta 51.20 ppm, en düşük içsel ABA miktarı 75 mM NaCl uygulanan grupta 24.38 ppm bulundu (Çizelge 4.24). Agroyal çeşidinde kontrole göre tuz stresi içsel ABA miktarını 150 mM NaCl uygulanan grupta %97,82 artırdı. İçsel ABA miktarı kontrole göre ASA uygulanan grupta %3.66, MeJA uygulanan grupta %46.45 arttı. En yüksek içsel ABA miktarı 150 mM NaCl uygulanan grupta 53.49 ppm, en düşük içsel ABA miktarı kontrol grubunda 27.09 ppm bulundu (Çizelge 4.24).

Sibole ve diğ. (2002) tarafından, tuz stresinin fasülye bitkisi yapraklarında ABA miktarını artırdığı rapor edilmiştir. Hamayun ve diğ. (2010) tarafından soya yapraklarında tuz stresine paralel olarak ABA içeriğinin arttığı rapor edilmiştir. Araştırmamızda; Asya çeşidinde kontrole göre tuz stresi içsel ABA miktarını 150 mM NaCl uygulanan grupta %14.43, Agroyal çeşidinde kontrole göre tuz stresi içsel ABA miktarını 150 mM NaCl uygulanan grupta %97.82 arttığı saptandı. İçsel ABA miktarı Asya ve Agroyal'de içsel SA ve MeJA miktarına göre daha yüksek miktara sahip olduğu belirlendi (Çizelge 4.22, Çizelge 4.23, Çizelge 4.24). ABA tuzluluk gibi çevresel stres cevaplarıyla ilişkili bir hormon olarak bitki tuz stresi toleransı için

gereklidir. Bitkilerde, su eksikliği ve yüksek tuzluluk stresi, ABA seviyelerinin artmasına neden olur (Mittler ve Blumwald, 2015). Bitkiler, kuraklık ve yüksek tuz stresleri de dahil bir çok abiyotik stres faktörüne maruz kalmanın sonucu olarak, biyosentetik genlerinin ekspresyonuyla içsel ABA seviyesinde hızlı bir artışla karşılaşmaktadır (Zhu, 2002; Kang ve diğ, 2005; Ryu ve Cho, 2015) ABA, bitkilerde stres hormonu olarak bilinmektedir. Ayrıca, kuraklık ve tuzluluk gibi çevresel streslere karşı, hücrel adaptasyonun aktivasyonunda düzenleyici bir fonksiyona sahip olan ve büyüme inhibitörü olarak da görev alan önemli bir fitohormondur (Cutler ve diğ, 2010; Raghavendra ve diğ, 2010; Weiner ve diğ, 2010; Golldack ve diğ, 2014). Bulgularımızda da özellikle 150 mM NaCl uygulanan gruptaki artış önemli bulundu. Agroyal’de de yine genel olarak ABA miktarı Asya’dan daha yüksek gözlemlendi. Bu durum ABA’nın, stres ile mücadelede bitkide adaptasyonu sağlamak için, büyüme inhibitörü olarak görev aldığını göstermektedir.

Sonuç olarak; tuzluluğun bitki büyümesi üzerindeki en önemli etkilerinden biri olan oksidatif stres, hücre içinde ROT oluşumu ve bu ROT’ların DNA, protein ve lipid gibi birçok makromolekül üzerinde hasara neden olması sonucu ortaya çıkar (Dat ve diğ, 2000; Doğru, 2020; Ayuso-Calles ve diğ, 2021). Bununla birlikte ROT’lar, oksidatif strese neden olmanın yanı sıra bitki savunmasında sinyal molekülü olarak da rol almaktadır (Çavdar ve diğ, 1997; Koç ve Üstün, 2008). Birçok literatürde, tuz stresi süresince ROT üretimi ve birçok antioksidan enzimin aktivitesinin arttığı rapor edilmiştir; (Sudhakar ve diğ, 2001; Mittova ve diğ, 2002; Sairam ve diğ, 2002; Bor ve diğ, 2003; Harinasut ve diğ, 2003; Vaidyanathan ve diğ, 2003; (Joseph ve Jini, 2011; Desingh ve Kanagaraj, 2007). Araştırmamızda, bitkilerin tuzluluk stresine karşı savunma cevabının oluşturulmasında rol oynayan enzimatik ve enzimatik olmayan birçok antioksidanın, ASA ve MeJA uyarımıyla değişimi değerlendirildi. Bitkilerde stres toleransında, direnci indükleyen bir sinyal molekülü olarak rol oynayan SA (Szepesi ve diğ, 2008; Wang ve diğ, 2013; Horvath ve diğ, 2015; Jayakannan ve diğ, 2015; Sourı ve Tohidloo, 2019); SOD, APX, CAT, GPX, GR ve GST enzim aktivitelerinde artışa neden oldu. Bitkide sinyal iletiminde rol oynayan bir hormon olarak MeJA, ASA’ya benzer şekilde, Asya çeşidinde tuz stresinin neden olduğu gibi SOD, APX, CAT, GPX, GR ve GST enzim aktivitelerini artırdı. Asya çeşidinde SOD, APX ve CAT enzimlerinde görülen artış Agroyal çeşidine göre daha yüksek bulunması, duyarlı çeşitte MeJA’nın savunma mekanizmasını uyardığına işaret etmektedir. Aynı zamanda, Asya’da enzim aktivitelerinin genel olarak Agroyal’e göre daha yüksek olması, direnç genlerinin etkinliği ile ilişkilendirilebilir. Agroyal’de içsel SA ve MeJA oranlarındaki değişimlerde, bu hormonların daha yüksek

düzeyde bulunması “sistemik kazanılmış direnç mekanizması” ile açıklanabilir. Dirençli grup olan Agroyal’de, ASA ve MeJA uygulamasından sonra enzim aktivitelerinde, kontrol grubu olarak uygulanan gruba göre gözlenen düşüş, bitkide mevcut direnç mekanizması ile ASA ve MeJA’nın birlikte hareket ederek, strese yanıtta etkili olduğu düşünülmektedir. Bu cevabın daha iyi aydınlatılması için, moleküler düzeyde gen ifadelerinin analizinin yapılması gerekmektedir.

SA, bitkilerin olumsuz çevresel koşullara uyum sağlamasında (Miura ve Tada, 2014; Sharma 2014; Yu, 2020) ve çevresel streslere karşı savunma cevaplarının aktivasyonunda kritik rollere sahiptir (Fragniere ve diğ, 2011; Pal ve diğ, 2013; Yu, 2020). Bulgularımıza dayanarak; tuzluluğun fotosistem üzerinde yol açtığı olumsuz etkilerin SA ve MeJA uygulamaları ile kısmen ortadan kaldırılabilceği düşünülmektedir. Ayrıca SA ve MeJA’nın karotenoid sentezi üzerindeki etkisi de önemli bulunmuştur.

İncelenen içsel hormonlar arasında en yüksek birikimin, ABA’da görülmesi ve ASA ve MeJA uygulanan gruplarda da içsel ABA miktarını artırması, ASA ve MeJA’nın sistemik kazanılmış direnç mekanizmasını uyararak, bitkide metabolizmayı yavaşlatmak için ABA sentezini uyararak, savunma sistemi üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. İçsel ABA miktarı Asya ve Agroyal’de içsel SA ve MeJA miktarına göre daha yüksek miktara sahip olduğu belirlendi (Çizelge 4.22, Çizelge 4.23, Çizelge 4.24). ABA tuzluluk gibi çevresel stres cevaplarıyla ilişkili bir hormon olarak, bitki tuz stresi toleransı için gereklidir. Osmotik stres tipik olarak ABA’nın birikimine neden olur. Bu nedenle, osmotik stres sırasında ABA’ya yanıt veren gen ürünlerinin birikmesi sürpriz değildir (Türkan, 2008). Araştırmamızda içsel hormonlar arasında en fazla birikimin ABA’da olması bunu kanıtlar niteliktedir.

Bu araştırmada; tuz stresi üzerine ASA ve MeJA’nın etkileri geniş kapsamlı parametreler ile değerlendirilmiş olup, tuz stresi ile mücadelede önemli etkileri oldukları saptandı. Tuz stresine maruz kalan ortamlarda, ASA ve MeJA gibi savunma sistemini güçlendiren ajanların kullanılmasının, ürün kalite ve verimine önemli katkı sağlayabileceğini düşünüyoruz. Ayrıca çalışmamızda elde edilen sonuçlarımızın, ileride yapılacak araştırmalar için de önemli bir kaynak olacağı düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

Abdala, G., Miersch, O., Kramell, R., Vigliocco, A., Agostini, E., Forchetti, G., & Alemano, S. (2003). Jasmonate and octadecanoid occurrence in tomato hairy roots. Endogenous level changes in response to NaCl. *Plant Growth Regulation*, 40(1), 21-27.

Abdelaal, K. A., EL-Maghraby, L. M., Elansary, H., Hafez, Y. M., Ibrahim, E. I., El-Banna, M., El-Esawi, M. & Elkelish, A. (2020). Treatment of sweet pepper with stress tolerance-inducing compounds alleviates salinity stress oxidative damage by mediating the physio-biochemical activities and antioxidant systems. *Agronomy*, 10(1), 26.

Abel, G. H., & MacKenzie, A. J. (1964). Salt tolerance of soybean varieties (*Glycine max* L. Merrill) during germination and later growth 1. *Crop Science*, 4(2), 157-161.

Acosta-Motos, J. R., Ortuño, M. F., Álvarez, S., López-Climent, M. F., Gómez-Cadenas, A., & Sánchez-Blanco, M. J. (2016). Changes in growth, physiological parameters and the hormonal status of *Myrtus communis* L. plants irrigated with water with different chemical compositions. *Journal of Plant Physiology*, 191, 12–21.

Acosta-Motos, J. R., Hernández, J. A., Álvarez, S., Barba-Espín, G., & Sánchez-Blanco, M. J. (2017). The long-term resistance mechanisms, critical irrigation threshold and relief capacity shown by *Eugenia myrtifolia* plants in response to saline reclaimed water. *Plant Physiology and Biochemistry*, 111, 244–256.

Acosta-Motos, J. R., Ortuño, M. F., Bernal-Vicente, A., Diaz-Vivancos, P., Sanchez-Blanco, M. J., & Hernandez, J. A. (2017). Plant responses to salt stress: adaptive mechanisms. *Agronomy*, 7(1), 18.

Agarwal, P. K., Shukla, P. S., Gupta, K., & Jha, B. (2013). Bioengineering for salinity tolerance in plants: state of the art. *Molecular Biotechnology*, 54(1), 102–123.

Agarwal, S., & Shaheen, R. (2007). Stimulation of antioxidant system and lipid peroxidation by abiotic stresses in leaves of *Momordica charantia*. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19, 149-161.

Aghaei, K., Ehsanpour, A. A., Shah, A. H., & Komatsu, S. (2009). Proteome analysis of soybean hypocotyl and root under salt stress. *Amino Acids*, 36(1), 91-98.

Ahanger, M. A., Aziz, U., Alsahli, A. A., Alyemeni, M. N., & Ahmad, P. (2020). Influence of exogenous salicylic acid and nitric oxide on growth, photosynthesis, and ascorbate-glutathione cycle in salt stressed *Vigna angularis*. *Biomolecules*, 10(1), 42.

Ahmad, P., Abass Ahanger, M., Nasser Alyemeni, M., Wijaya, L., Alam, P., & Ashraf, M. (2018). Mitigation of sodium chloride toxicity in *Solanum lycopersicum* L. by supplementation of jasmonic acid and nitric oxide. *Journal of Plant Interactions*, 13(1), 64-72.

Ahmad, P., Alyemeni, M. N., Ahanger, M. A., Egamberdieva, D., Wijaya, L., & Alam, P. (2018). Salicylic acid (SA) induced alterations in growth, biochemical attributes and antioxidant enzyme activity in faba bean (*Vicia faba* L.) seedlings under NaCl toxicity. *Russian Journal of Plant Physiology*, 65(1), 104-114.

Ahmad, P., Rasool, S., Gul, A., Sheikh, S. A., Akram, N. A., Ashraf, M., Kazi, A. M., & Gucel, S. (2016). Jasmonates: multifunctional roles in stress tolerance. *Frontiers in Plant Science*, 7, 813.

Ahmed, A. H., Darwish, E. S. A. H., Hamoda, S. A. F., & Alobaidy, M. G. (2013). Effect of putrescine and humic acid on growth, yield and chemical composition of cotton plants grown under saline soil conditions. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci*, 13(4), 479-497.

Ahmed, S. I., Hayat, M. Q., Tahir, M., Mansoor, Q., Ismail, M., Keck, K., & Bates, R. B. (2016). Pharmacologically active flavonoids from the anticancer, antioxidant and antimicrobial extracts of *Cassia angustifolia* Vahl. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 16(1), 1-9.

Ajithkumar, I. P., & Panneerselvam, R. (2014). ROS scavenging system, osmotic maintenance, pigment and growth status of *Panicum sumatrense* roth. under drought stress. *Cell Biochemistry and Biophysics*, 68(3), 587-595.

Ajithkumar, I. P., & Panneerselvam, R. (2014). ROS scavenging system, osmotic maintenance, pigment and growth status of *Panicum sumatrense* roth. under drought stress. *Cell Biochemistry and Biophysics*, 68(3), 587-595.

Akbudak, M. A., Filiz, E., Vatansever, R., & Kontbay, K. (2018). Genome-wide identification and expression profiling of ascorbate peroxidase (APX) and glutathione peroxidase (GPX) genes under drought stress in sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Journal of Plant Growth Regulation*, 37(3), 925-936.

Akbulut, G. B., Yigit, E., Kaya, A., & Aktas, A. (2018). Effects of salicylic acid and organic selenium on wheat (*Triticum aestivum* L.) exposed to fenoxaprop-p-ethyl. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 148, 901-909.

Akerboom, T. P., & Sies, H. (1981). Assay of glutathione, glutathione disulfide, and glutathione mixed disulfides in biological samples. In *Methods in Enzymology* (Vol. 77, pp. 373-382). Academic Press.

Akram, R., Turan, V., Hammad, H. M., Ahmad, S., Hussain, S., Hasnain A, Maqbool M. M., Rehmani M. I. A., Rasool A., Masood N., Mahmood F., Mubeen, M., Sultana S. R., Fahad S., Amanet K., Saleem M., Abbas Y., Akhtar H. M., Hussain, S., Waseem F., Murtaza R., Amin A., Zahoor S. A., ul Din S. M., & Nasim, W. (2018). Fate of organic and inorganic pollutants in paddy soils. In: Hashmi MZ, Varma A, editors. *Environmental Pollution of Paddy Soils*. Cham: Springer; pp. 197-214. DOI: 10.1007/978-3-319-93671-0_13.

Al Timman, W. M. A., & Kamil, T. A. (2019). Alleviation of salt stress in *Ocimum basilicum* plants by jasmonic acid treatment. *Plant Arch*, 19, 1550-1557.

Alam, M. M., Nahar, K., Hasanuzzaman, M., & Fujita, M. (2014). Exogenous jasmonic acid modulates the physiology, antioxidant defense and glyoxalase systems in imparting drought stress tolerance in different Brassica species. *Plant Biotechnology Reports*, 8(3), 279-293.

Alam, S. M. (1999). Nutrient uptake by plants under stress conditions. In: Pessarakli M, editor. *Handbook of Plant and Crop Stress* (2nd ed). New York, USA: Marcel Dekker, Inc; pp. 285-31.

Algül, B. E., Tekintaş, F. E., & Dalkılıç, G. G. (2016). Bitki Büyüme Düzenleyicilerinin Kullanımı Ve İçsel Hormonların Biyosentezini Arttırıcı Uygulamalar. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(2), 87-95.

Ali, A. Y. A., Ibrahim, M. E. H., Zhou, G., Nimir, N. E. A., Jiao, X., Zhu, G., Elsiddig, A. M. I., Zhi, W., Chen, X., & Lu, H. (2019). Ameliorative effects of jasmonic acid and humic acid on antioxidant enzymes and salt tolerance of forage sorghum under salinity conditions. *Agronomy Journal*, 111(6), 3099-3108.

Ali, M., & Baek, K. H. (2020). Jasmonic acid signaling pathway in response to abiotic stresses in plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(2), 621.

Alisofi, S., Einali, A., & Sangtarash, M. H. (2020). Jasmonic acid-induced metabolic responses in bitter melon (*Momordica charantia*) seedlings under salt stress. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 95(2), 247-259.

Al-Karaki, G. N. (2000). Growth, sodium, and potassium uptake and translocation in salt stressed tomato. *Journal of Plant Nutrition*, 23(3), 369-379.

Allakhverdiev, S.I., Sakamoto, A., Nishiyama, Y., Inaba, M., & Murata, N. (2000). Ionic and osmotic effects of NaCl-induced inactivation of photosystems I and II in *Synechococcus* sp. *Plant Physiol.*, 123: 1047–1056.

Alscher, R. G., Erturk, N., & Heath, L. S. (2002). Role of superoxide dismutases (SODs) in controlling oxidative stress in plants. *Journal of Experimental Botany*, 53(372), 1331-1341.

Alscher, R.G., J.L. Donahue, & C.L. Cramer (1997). Reactive oxygen species and antioxidants: relationship in green cells. *Physiologia Plantarum*, 100(2): 224–233.

Altınışık, M., & Ad, A. T. F. B. (2000). Serbest oksijen radikalleri ve antioksidanlar. *ADÜ Tıp Fakültesi, Biyokimya AD., Aydın*.

Amaya, I., Botella, M. A., de la Calle, M., Medina, M. I., Heredia, A., Bressan, R. A., Hasegawa, P., M., Quesada, M. A., & Valpuesta, V. (1999). Improved germination under osmotic stress of tobacco plants overexpressing a cell wall peroxidase. *Febs Letters*, 457(1), 80-84.

Amirjani, M. R. (2010). Effect of salinity stress on growth, mineral composition, proline content, antioxidant enzymes of soybean. *American Journal of Plant Physiology*, 5(6), 350-360.

Amor, N. B., Jiménez, A., Megdiche, W., Lundqvist, M., Sevilla, F., & Abdelly, C. (2007). Kinetics of the Anti-oxidant response to salinity in the halophyte *Cakile maritima*. *Journal of Integrative Plant Biology*, 49(7), 982–992.

Anaya, F., Fghire, R., Wahbi, S., & Loutfi, K. (2017). Antioxidant enzymes and physiological traits of *Vicia faba* L. as affected by salicylic acid under salt stress. *J Mater Environ Sci*, 8(7), 2549-2563.

Anjum, S. A., Wang, L., Farooq, M., Khan, I., & Xue, L. (2011). Methyl jasmonate-induced alteration in lipid peroxidation, antioxidative defence system and yield in soybean under drought. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 197(4), 296-301.

Anonim, 2018 USDA Oilseed Markets and Tarda.

Anonim, 2018 Web Adresi: <http://www.millermagazine.com/dunyasoya>.

Aono, M., Kubo, A., Saji, H., Tanaka, K., & Kondo, N. (1993). Enhanced tolerance to photooxidative stress of transgenic *Nicotiana tabacum* with high chloroplastic glutathione reductase activity. *Plant and Cell Physiology*, 34(1), 129-135.

Apel, K., & Hirt, H. (2004). Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 55, 373–399.

Arbona, V., & Gomez-Cadenas, A. (2008). Hormonal modulation of citrus responses to flooding. *Journal of Plant Growth Regulation*, 27(3), 241-250.

Arbona, V., Argamasilla, R., & Gómez-Cadenas, A. (2010). Common and divergent physiological, hormonal and metabolic responses of *Arabidopsis thaliana* and *Thellungiella halophila* to water and salt stress. *Journal of plant physiology*, 167(16), 1342-1350.

Arıkan, Ş., İpek M., ve Pırlak L. (2017). Antioksidan sistemler. 1st International Turkish World Engineering and Science Congress in Antalya, December 7-10, 2017, Turkey.

Arıkan, Ş., İpek, M., ve Pırlak, L. (2017). Antioksidan Sistemler. 1st International Turkish World Engineering and Science Congress in Antalya, Turkey. December 7-10, 1089-1094.

Arif, Y., Sami, F., Siddiqui, H., Bajguz, A., & Hayat, S. (2020). Salicylic acid in relation to other phytohormones in plant: A study towards physiology and signal transduction under challenging environment. *Environmental and Experimental Botany*, 175, 104040.

Armengaud, P., Thierry, L., Buhot, N., Grenier-de March, G., & Savoure, A. (2004). Transcriptional regulation of proline biosynthesis in *Medicago truncatula* reveals developmental and environmental specific features. *Physiologia plantarum*, 120(3), 442-450.

Asada, K. (1992). Ascorbate peroxidase—a hydrogen peroxide-scavenging enzyme in plants. *Physiologia Plantarum*, 85(2), 235-241.

Asada, K. (1999). The water-water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons. *Annual Review of Plant Biology*, 50(1), 601–639.

Asadi, M., Heidari, M. A., Kazemi, M., & Filinejad, A. R. (2013). Salicylic acid induced changes in some physiological parameters in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under salt stress. *J. Agric. Technol*, 9, 311-316.

Ashraf, M. (2004). Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 199(5), 361–376.

Ashraf, M. & Akram, N.A. (2009). Improving salinity tolerance of plants through conventional breeding and genetic engineering: An analytical comparison. *Biotechnology Advances*, 27, 744–752.

Ashraf, M. P. J. C., & Harris, P. J. C. (2004). Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science*, 166(1), 3–16.

Ashraf, M. Y., & Wu, L. (1994). Breeding for salinity tolerance in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 13(1), 17–42.

Ashraf, M. Y., Ali, Y., & Qureshi, T. M. (1998). Effect of salinity on photosynthetic efficiency and yield of rice genotypes. *Pakistan Journal of Biological Sciences (Pakistan)*.

Ashraf, M. Y., Azmi, A. R., Khan, A. H., & Ala, S. A. (1994). Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat [*Triticum aestivum* L.]. *Acta Physiologiae Plantarum*, 16(3), 1-18.

Ashraf, M., & Akram, N. A. (2009). Improving salinity tolerance of plants through conventional breeding and improving salinity tolerance of plants through conventional breeding and genetic engineering: An analytical comparison. *Biotechnol. Adv*, 27, 744-752.

Ashraf, M., Athar, H. R., Harris, P. J. C., & Kwon, T. R. (2008). Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. *Advances in Agronomy*, 97, 45-110.

Avanci, N. C., Luche, D. D., Goldman, G. H., & Goldman, M. H. S. (2010). Jasmonates are phytohormones with multiple functions, including plant defense and reproduction. *Genet Mol Res*, 9(1), 484–505.

Avsian-Kretchmer, O., Eshdat, Y., Gueta-Dahan, Y., & Ben-Hayyim, G. (1999). Regulation of stress-induced phospholipid hydroperoxide glutathione peroxidase expression in citrus. *Planta*, 209(4), 469-477.

Awolu, O., & Oladeji, O. (2021). Natural Plant Pigments and Derivatives in Functional Foods Developments. *Eurasian Journal of Food Science and Technology*, 5(1), 25-40.

Ayuso-Calles, M., Flores-Félix, J. D., & Rivas, R. (2021). Overview of the role of rhizobacteria in plant salt stress tolerance. *Agronomy*, 11(9), 1759.

Babbar, N., Oberoi, H. S., Sandhu, S. K., & Bhargav, V. K. (2014). Influence of different solvents in extraction of phenolic compounds from vegetable residues and their evaluation as natural sources of antioxidants. *Journal of Food Science and Technology*, 51(10), 2568-2575.

- Baek, D., Pathange, P., Chung, J. S., Jiang, J., Gao, L., Oikawa, A., Hirai, M.Y., Saito, K., Pare, P.W., & Shi, H.** (2010). A stress-inducible sulphotransferase sulphonates salicylic acid and confers pathogen resistance in *Arabidopsis*. *Plant, Cell & Environment*, 33(8), 1383-1392.
- Bartling, D., Radzio, R., Steiner, U., & Weiler, E. W.** (1993). A glutathione S-transferase with glutathione-peroxidase activity from *Arabidopsis thaliana*: Molecular cloning and functional characterization. *European Journal of Biochemistry*, 216(2), 579-586.
- Bayram, D. D., Yigit, E., & Akbulut, G. B.** (2015). The effects of salicylic acid on *Helianthus annuus* L. exposed to quizalofop-p-ethyl. *American Journal of Plant Sciences*, 6(14), 2412.
- Begara-Morales, J. C., Sanchez-Calvo, B., Chaki, M., Mata-Perez, C., Valderrama, R., Padilla, M. N., Lopez-Jaramillo, J., Luque, F., Corpas, F.J., & Barroso, J. B.** (2015). Differential molecular response of monodehydroascorbate reductase and glutathione reductase by nitration and S-nitrosylation. *Journal of Experimental Botany*, 66(19), 5983-5996.
- Beinsan, C., Camen, D., Sumalan, R., & Babau, M.** (2009, February). Study concerning salt stress effect on leaf area dynamics and chlorophyll content in four bean local landraces from Banat area. In *44th Croatian & 4th International Symposium on Agriculture, Opatija, Bosnia and Herzegovina*.
- Beker Akbulut, G.** (2008). Atrazin ve asetoklor herbisitlerinin *Zea mays* L.(mısır) ve *Pisum sativum* L.(bezelye) bitkilerinde biyokimyasal ve fizyolojik parametrele üzerine etkileri. İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Malatya, Türkiye.
- Beker, G.** (2003). *Bazı Amygdalus L. türlerinin çeliklerinde (A. orientalis, A. trichamygdalus ve A. lycioides) asetilsalisilik asitin köklenme üzerine etkileri* (Master's thesis). İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, Malatya, Türkiye.
- Bhattacharjee, S.** (2005). Reactive oxygen species and oxidative burst: Roles in stress, senescence and signal transduction in plants. *Current Science*, 1113-1121.
- Blokhina, O., Virolainen, E., & Fagerstedt, K. V.** (2003). Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. *Annals of Botany*, 91(2), 179-194.
- Bohnert, H. J., & Jensen, R. G.** (1996). Strategies for engineering water-stress tolerance in plants. *Trends in biotechnology*, 14(3), 89-97.
- Bohnert, H. J., Nelson, D. E., & Jensen, R. G.** (1995). Adaptations to environmental stresses. *The Plant Cell*, 7(7), 1099.
- Booth, W. A., & Beardall, J.** (1991). Effects of salinity on inorganic carbon utilization and carbonic anhydrase activity in the halotolerant alga *Dunaliella salina* (Chlorophyta). *Phycologia*, 30(2), 220-225.
- Bor, M., Özdemir, F., & Türkan, 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 Science*, 164(1), 77-84.

- Borsani, O., Valpuesta, V., & Botella, M. A.** (2001). Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in *Arabidopsis* seedlings. *Plant Physiology*, 126(3), 1024-1030.
- Boursiac, Y., Leran, S., Corratge-Faillie, C., Gojon, A., Krouk, G., & Lacombe, B.** (2013). ABA transport and transporters. *Trends in plant science*, 18(6), 325-333.
- Bray, E. A., Bailey-Serres, J., & Weretylnik, E.** (2000). Chapter 22: Response to abiotic stress. *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*, American Society of Plant Physiologists, Rockville, MD, 1177–1187.
- Brigelius-Flohé, R., & Flohe, L.** (2003). Is there a role of glutathione peroxidases in signaling and differentiation?. *Biofactors*, 17(1-4), 93-102.
- Bukhat, S., Manzoor, H., Athar, H. U. R., Zafar, Z. U., Azeem, F., & Rasul, S.** (2020). Salicylic acid induced photosynthetic adaptability of *Raphanus sativus* to salt stress is associated with antioxidant capacity. *Journal of Plant Growth Regulation*, 39(2), 809-822.
- Büyük, İ., Soydam-Aydın, S., & Aras, S.** (2012). Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar. *Turkish Bulletin of Hygiene & Experimental Biology/Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji*, 69(2).
- Camara, B., Hugueney, P., Bouvier, F., Kuntz, M., & Monéger, R.** (1995). Biochemistry and molecular biology of chromoplast development. *International Review of Cytology*, 163, 175-247.
- Canavar, S.** (2018). Bazı arpa (*Hordeum vulgare* L.) genotiplerinde tuz toleransının fizyolojik ve biyokimyasal olarak araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Biyoloji Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye.
- Carde, J. P.** (1984). Leucoplasts: a distinct kind of organelles lacking typical 70S ribosomes and free thylakoids. *European Journal of Cell Biology*, 34(1), 18-26.
- Carden, D. E., Walker, D. J., Flowers, T. J., & Miller, A. J.** (2003). Single-cell measurements of the contributions of cytosolic Na⁺ and K⁺ to salt tolerance. *Plant Physiology*, 131(2), 676–683.
- Carlberg, I., & Mannervik, B.** (1985). Glutathione reductase. *Methods in enzymology*, 113, 484-490.
- Catala, A.** (2006). An overview of lipid peroxidation with emphasis in outer segments of photoreceptors and the chemiluminescence assay. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 38(9), 1482-1495.
- Catinot, J., Buchala, A., Abou-Mansour, E., & Métraux, J. P.** (2008). Salicylic acid production in response to biotic and abiotic stress depends on isochlorogenic acid in *Nicotiana benthamiana*. *FEBS letters*, 582(4), 473-478.

Caverzan, A., Passaia, G., Rosa, S. B., Ribeiro, C. W., Lazzarotto, F., & Margis-Pinheiro, M. (2012). Plant responses to stresses: role of ascorbate peroxidase in the antioxidant protection. *Genetics and Molecular Biology*, 35(4), 1011-1019.

Cazzonelli, C. I., & Pogson, B. J. (2010). Source to sink: regulation of carotenoid biosynthesis in plants. *Trends in Plant Science*, 15(5), 266-274.

Chadha, K. C., & Brown, S. A. (1974). Biosynthesis of phenolic acids in tomato plants infected with *Agrobacterium tumefaciens*. *Canadian Journal of Botany*, 52(9), 2041-2047.

Chang, C. C., Slesak, I., Jordá, L., Sotnikov, A., Melzer, M., Miszalski, Z., Mullineaux, P. M., Parker, P.E., Karpińska, B., & Karpinski, S. (2009). *Arabidopsis* chloroplastic glutathione peroxidases play a role in cross talk between photooxidative stress and immune responses. *Plant Physiology*, 150(2), 670-683.

Chaparzadeh, N., & Hosseinzad-Behboud, E. (2015). Evidence for enhancement of salinity induced oxidative damages by salicylic acid in radish (*Raphanus sativus* L.). *Journal of Plant Physiology & Breeding*, 5(1), 23-33.

Chartzoulakis, K., & Klapaki, G. (2000). Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia horticulturae*, 86(3), 247-260.

Chen, F., D'Auria, J. C., Tholl, D., Ross, J. R., Gershenzon, J., Noel, J. P., & Pichersky, E. (2003). An *Arabidopsis thaliana* gene for methylsalicylate biosynthesis, identified by a biochemical genomics approach, has a role in defense. *The Plant Journal*, 36(5), 577-588.

Chen, M., Li, K., Li, H., Song, C. P., & Miao, Y. (2017). The glutathione peroxidase gene family in *Gossypium hirsutum*: genome-wide identification, classification, gene expression and functional analysis. *Scientific reports*, 7(1), 1-15.

Chen, S., Vaghchhipawala, Z., Li, W., Asard, H., & Dickman, M. B. (2004). Tomato phospholipid hydroperoxide glutathione peroxidase inhibits cell death induced by Bax and oxidative stresses in yeast and plants. *Plant Physiology*, 135(3), 1630-1641.

Chen, T., & Zhang, B. (2016). Measurements of proline and malondialdehyde contents and antioxidant enzyme activities in leaves of drought stressed cotton. *Bio-protocol*, 6(17), e1913-e1913.

Chen, Z., Ricigliano, J. W., & Klessig, D. F. (1993). Purification and characterization of a soluble salicylic acid-binding protein from tobacco. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 90(20), 9533-9537.

Cheong, J. J., & Do Choi, Y. (2003). Methyl jasmonate as a vital substance in plants. *TRENDS in Genetics*, 19(7), 409-413.

Chew, O., Whelan, J., & Millar, A. H. (2003). Molecular definition of the ascorbate-glutathione cycle in *Arabidopsis* mitochondria reveals dual targeting of antioxidant defenses in plants. *Journal of Biological Chemistry*, 278(47), 46869-46877.

Chiang, H. H., & Dandekar, A. M. (1995). Regulation of proline accumulation in *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh during development and in response to desiccation. *Plant, Cell & Environment*, 18(11), 1280-1290.

Chinnusamy, V., Zhu, J., & Zhu, J. K. (2006). Salt stress signaling and mechanisms of plant salt tolerance. *Genetic engineering*, 141-177.

Cirillo, C., Roupael, Y., Caputo, R., Raimondi, G., Sifola, M. I., & De Pascale, S. (2016). Effects of high salinity and the exogenous application of an osmolyte on growth, photosynthesis, and mineral composition in two ornamental shrubs. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 91(1), 14-22.

Colla, G., Roupael, Y., Leonardi, C., & Bie, Z. (2010). Role of grafting in vegetable crops grown under saline conditions. *Scientia Horticulturae*, 127(2), 147-155.

Colleen S, Marks A.D., & Lieberman M. Marks, (2007) Temel Tıbbi Biyokimyası “Klinik Yaklaşım”. 2. Baskı, Ankara: Güneş Tıp Yayınları.

Collins, A. R. (2001). Carotenoids and genomic stability. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 475(1-2), 21-28.

Conklin, P. L., Pallanca, J. E., Last, R. L., & Smirnoff, N. (1997). L-ascorbic acid metabolism in the ascorbate-deficient *Arabidopsis* mutant vtc1. *Plant Physiology*, 115(3), 1277-1285.

Corpas, F. J., Gupta D. K., & Palma, J. M. (2015). Reactive Oxygen Species and Oxidative Damage in Plants Under Stress. (Dharmendra K. Gupta José M. Palma Francisco J. Corpas Editors). Springer (vii-viii).

Cortleven, A., Leuendorf, J. E., Frank, M., Pezzetta, D., Bolt, S., & Schmölling, T. (2019). Cytokinin action in response to abiotic and biotic stresses in plants. *Plant, Cell & Environment*, 42(3), 998-1018.

Creelman, R. A., & Mullet, J. E. (1995). Jasmonic acid distribution and action in plants: regulation during development and response to biotic and abiotic stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 92(10), 4114-4119.

Creelman, R. A., & Mulpuri, R. (2002). The oxylipin pathway in *Arabidopsis*. *The Arabidopsis book/American Society of Plant Biologists*, 1.

Creissen, G. P., Broadbent, P., Kular, B., Reynolds, H., Wellburn, A. R., & Mullineaux, P. M. (1994). Manipulation of glutathione reductase in transgenic plants: implications for plants' responses to environmental stress. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, Section B: Biological Sciences*, 102, 167-175.

Criqui, M. C., Jamet, E., Parmentier, Y., Marbach, J., Durr, A., & Fleck, J. (1992). Isolation and characterization of a plant cDNA showing homology to animal glutathione peroxidases. *Plant Molecular Biology*, 18(3), 623-627.

Cui, Z., James, A. T., Miyazaki, S., Wilson, R. F., & Carter, T. (2004)... Breeding of specialty soybeans for traditional and new soyfoods. In: Liu K, editor. Soybeans as a Functional Food. Champaign: AOCS Press; 2004. pp. 264-322.

Cutler, S. R., Rodriguez, P. L., Finkelstein, R. R., & Abrams, S. R. (2010). Absciscic acid: emergence of a core signaling network. *Annual Review of Plant Biology*, 61, 651-679.

Çag, S., Cevahir-Oz, G., Sarsag, M., & Goren-Saglam, N. (2009). Effect of salicylic acid on pigment, protein content and peroxidase activity in excised sunflower cotyledons. *Pak. J. Bot*, 41(5), 2297-2303.

Çavdar, C., Sifil, A., & Çamsarı, T. (1997). Reaktif oksijen partikülleri ve antioksidan savunma. *Türk Nefroloji Diyaliz ve Transplantasyon Dergisi*, 3(4), 92-95.

Çaylak, E. (2011). Hayvan ve bitkilerde oksidatif stres ile antioksidanlar. *Tip Araştırmaları Dergisi*, 9(1), 73-83.

Çırak, C., & Esendal E. (2005). Soyada bitki gelişim dönemleri. OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 20: 57-65.

D.R. Hoagland, & D. I. Arnon (1938) “The water culture method for growing plants without soil” California Agr. Expt. Sta. Circ. 37.

Dai, J., & Mumper, R. J. (2010). Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15(10), 7313-7352.

Dar, T. A., Uddin, M., Khan, M. M. A., Hakeem, K. R., & Jaleel, H. (2015). Jasmonates counter plant stress: a review. *Environmental and Experimental Botany*, 115, 49–57.

Dat, J., Vandenabeele, S., Vranova, E. V. M. M., Van Montagu, M., Inzé, D., & Van Breusegem, F. (2000). Dual action of the active oxygen species during plant stress responses. *Cellular and Molecular Life Sciences CMLS*, 57(5), 779–795.

Davies, W. J., Kudoyarova, G., & Hartung, W. (2005). Long-distance ABA signaling and its relation to other signaling pathways in the detection of soil drying and the mediation of the plant’s response to drought. *Journal of plant growth regulation*, 24(4), 285-295.

de Azevedo Neto, A. D., Prisco, J. T., Enéas-Filho, J., de Abreu, C. E. B., & Gomes-Filho, E. (2006). Effect of salt stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of salt-tolerant and salt-sensitive maize genotypes. *Environmental and Experimental Botany*, 56(1), 87-94.

De Lacerda, C. F., Cambraia, J., Oliva, M. A., Ruiz, H. A., & Prisco, J. T. (2003). Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. *Environmental and Experimental Botany*, 49(2), 107–120.

De Pascale, S., & Barbieri, G. (1995). Effects of soil salinity from long-term irrigation with saline-sodic water on yield and quality of winter vegetable crops. *Scientia Horticulturae*, 64(3), 145-157.

De Pascale, S., Dalla Costa, L., Vallone, S., Barbieri, G., & Maggio, A. (2011). Increasing water use efficiency in vegetable crop production: from plant to irrigation systems efficiency. *HortTechnology*, 21(3), 301–308.

De Pinto, M. C., Locato, V., Sgobba, A., Romero-Puertas, M. D. C., Gadaleta, C., Delledonne, M., & De Gara, L. (2013). S-nitrosylation of ascorbate peroxidase is part of programmed cell death signaling in tobacco Bright Yellow-2 cells. *Plant Physiology*, 163(4), 1766-1775.

De Tullio, M. C., Paciolla, C., Dalla Vecchia, F., Rascio, N., D'Emérico, S., De Gara, L., Liso, R., & Arrigoni, O. (1999). Changes in onion root development induced by the inhibition of peptidyl-prolyl hydroxylase and influence of the ascorbate system on cell division and elongation. *Planta*, 209(4), 424-434.

Demidchik, V. (2015). Mechanisms of oxidative stress in plants: from classical chemistry to cell biology. *Environmental and Experimental Botany*, 109, 212–228.

Demiral, T., & Türkan, I. (2005). Comparative lipid peroxidation, antioxidant defense systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, 53(3), 247–257.

Dempsey, D. M. A., Vlot, A. C., Wildermuth, M. C., & Klessig, D. F. (2011). Salicylic acid biosynthesis and metabolism. *The Arabidopsis book/American Society of Plant Biologists*, 9:e0156.

Depege, N., Drevet, J., & Boyer, N. (1998). Molecular cloning and characterization of tomato cDNAs encoding glutathione peroxidase-like proteins. *European Journal of Biochemistry*, 253(2), 445-451.

Desingh, R., & Kanagaraj, G. (2007). Influence of salinity stress on photosynthesis and antioxidative systems in two cotton varieties. *Gen. Appl. Plant Physiol*, 33(3-4), 221–234.

Dewdney, J., Reuber, T. L., Wildermuth, M. C., Devoto, A., Cui, J., Stutius, L. M., Drummond, E. P., & Ausubel, F. M. (2000). Three unique mutants of *Arabidopsis* identify eds loci required for limiting growth of a biotrophic fungal pathogen. *The Plant Journal*, 24(2), 205-218.

Diao, Y., Xu, H., Li, G., Yu, A., Yu, X., Hu, W., ... & Hu, Z. (2014). Cloning a glutathione peroxidase gene from *Nelumbo nucifera* and enhanced salt tolerance by overexpressing in rice. *Molecular Biology Reports*, 41(8), 4919-4927.

Diaz-Vivancos, P., Faize, M., Barba-Espin, G., Faize, L., Petri, C., Hernández, J. A., & Burgos, L. (2013). Ectopic expression of cytosolic superoxide dismutase and ascorbate peroxidase leads to salt stress tolerance in transgenic plums. *Plant Biotechnology Journal*, 11(8), 976-985.,

Dionisio-Sese, M. L., & Tobita, S. (1998). Antioxidant responses of rice seedlings to salinity stress. *Plant Science*, 135(1), 1–9.

Doğan, M. (2011). Antioxidative and proline potentials as a protective mechanism in soybean plants under salinity stress. *African Journal of Biotechnology*, 10(32), 5972-5978.

Doğru, A. (2014). Farklı mısır genotiplerinde tuz stresinin antioksidant sistem üzerindeki etkileri. 22. *Ulusal Biyoloji Kongresi, Eskişehir*, 430.

Doğru, A. (2019). Bitkilerde Antioksidan Sistemler ve Tuz Stresine Verdikleri Yanıtlar. *Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*, 1(2), 164-185.

Doğru, A. (2020). Bitkilerde Aktif Oksijen Türleri ve Oksidatif Stres. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 3(2), 205–226.

Domonkos, I., Kis, M., Gombos, Z., & Ughy, B. (2013). Carotenoids, versatile components of oxygenic photosynthesis. *Progress in lipid research*, 52(4), 539-561.

Dubey, A. K., Singh, A. K., & Srivastav, M. (2007). Salt stress studies in mango—A review. *Agricultural reviews*, 28(1), 75-78.

Edwards, E. A., Rawsthorne, S., & Mullineaux, P. M. (1990). Subcellular distribution of multiple forms of glutathione reductase in leaves of pea (*Pisum sativum* L.). *Planta*, 180(2), 278-284.

Efimova, M. V., Mukhamatdinova, E. A., Kovtun, I. S., Kabil, F. F., Medvedeva, Y. V., & Kuznetsov, V. V. (2019, September). Jasmonic acid enhances the potato plant resistance to the salt stress in vitro. In *Doklady Biological Sciences* (Vol. 488, No. 1, pp. 149-152). Pleiades Publishing.

Egea, I., Barsan, C., Bian, W., Purgatto, E., Latché, A., Chervin, C., Bouzayen M & Pech, J. C. (2010). Chromoplast differentiation: current status and perspectives. *Plant and Cell Physiology*, 51(10), 1601-1611.

El-Beltagi, H. S., Ahmed, S. H., Namich, A. A. M., & Abdel-Sattar, R. R. (2017). Effect of salicylic acid and potassium citrate on cotton plant under salt stress. *Fresen. Environ. Bull*, 26, 1091-1100.

Ellis, B. E., & Amrhein, N. (1971). The 'NIH-Shift' during aromatic ortho-hydroxylation in higher plants. *Phytochemistry*, 10(12), 3069-3072.

Elstner, E. F. (1991). Mechanisms of oxygen activation in different compartments of plant cells. Rockville MD, American Society of Plant Physiologists.

El-Tayeb, M. A. (2005). Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation*, 45(3), 215-224.

Endres, J. G. (2001). Soy protein products characteristics, nutritional aspects, and utilization. pp.1-40, AOCS Press, Champaign, IL, USA.

Eraslan, F., Inal, A., Gunes, A., & Alpaslan, M. (2007). Impact of exogenous salicylic acid on the growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. *Scientia Horticulturae*, 113(2), 120-128.

Esfandiari, E., Shakiba, M. R., Mahboob, S. A., Alyari, H., & Toorchi, M. (2007). Water stress, antioxidant enzyme activity and lipid peroxidation in wheat seedling. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 5(1), 149-153.

Espin, G. B., Clemente-Moreno M. J., Alvarez, S., Garcia-Legaz M.F., Hernandez, J. A., & Diaz-Vivancos, P. (2011). Salicylic acid negatively affects the response to salt stress in pea plants. *Plant Biology* 13(6), 909-917.

Etesami, H. & Noori, F. (2019). Soil salinity as a challenge for sustainable agriculture and bacterial-mediated alleviation of salinity stress in crop plants. In: Manoj Kumar M, Etesami H, Kumar V, editors. *Saline Soil-Based Agriculture by Halotolerant Microorganisms*. Singapore: Springer; pp. 1-22. DOI: 10.1007/978-981-13-8335-9.

Eyidogan, F., & Öz, M. T. (2007). Effect of salinity on antioxidant responses of chickpea seedlings. *Acta Physiologiae Plantarum*, 29(5), 485–493.

Ezzat-Ollah, E., Shakiba, M.R., Mahboob, S.A., Hoshang, A., & Mahmood, T. (2007). Water stress, antioxidant enzyme activity and lipid peroxidation in wheat seedling. *Int. J. Food Agric. Environ.* 5, 149–153.

Faghih, S., Ghobadi, C., & Zarei, A. (2017). Response of strawberry plant cv. ‘Camarosa’ to salicylic acid and methyl jasmonate application under salt stress condition. *Journal of Plant Growth Regulation*, 36(3), 651–659.

Fahad, S., & Bano, A. (2012). Effect of salicylic acid on physiological and biochemical characterization of maize grown in saline area. *Pak J Bot*, 44(4), 1433-1438.

Fahad, S, Bajwa AA, Nazir U, Anjum SA, Farooq A, Zohaib A, Sadia S, NasimW, Adkins S, Saud S, Ihsan MZ, Alharby H, Wu C, Wang D, & Huang J (2017). Crop production under drought and heat stress: Plant responses and management options. *Frontiers in Plant Science*. 8:1147. DOI: 10.3389/fpls.2017.01147.

Fahad, S., Chen, Y., Saud, S., Wang, K., Xiong, D., Chen, C, Wu C, Shah F, Nie L & Huang J, (2013). Ultraviolet radiation effect on photosynthetic pigments, biochemical attributes, antioxidant enzyme activity and hormonal contents of wheat. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 11(3&4):1635-1641. DOI: 10.1234/4.2013.4911.

Fahad, S., Hussain, S., Bano, A., Saud, S., Hassan, S., Shan, D, Khan FA, Khan F, Chen Y, Wu C, Tabassum MA, Chun MX, Afzal M, Jan A, Jan MT & Huang J, (2015). Potential role of phytohormones and plant growth-promoting rhizobacteria in abiotic stresses: Consequences for changing environment, *Environmental Science and Pollution Research*, 22:4907- 4921. DOI: 10.1007/s11356-014-3754-2.

Fahad, S., Ihsan, M.Z., Khaliq, A., Daur, I., Saud, S., Alzamanan, S., Nasim, W., Abdullah, M., Khan, I. A., Wu, C., Wang D., & Huang, J. (2018). Consequences of high temperature under changing climate optima for rice pollen characteristics - Concepts and perspectives. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 64(11):1473-1488. DOI: 10.1080/03650340.2018.1443213.

Fahad, S., Rehman, A., Shahzad, B., Tanveer, M., Saud, S., Kamran, M., Ihtisham, M., Khan, S., Turan, V., & M. ur Rahman H. (2019). Rice responses and tolerance to metal/metalloid toxicity. In: Hasanuzzaman M, Fujita M, Nahar K, Biswas JK, editors. *Advances in Rice Research for Abiotic Stress Tolerance*. Woodhead Publishing; pp. 299-312. DOI: 10.1016/B978-0-12-814332-2.00014-9.

Faltin, Z., Holland, D., Velcheva, M., Tsapovetsky, M., Roeckel-Drevet, P., Handa, A. K., Abu-Abied, M., Friedman-Einat, M., Eshdat, Y., & Perl, A. (2010). Glutathione peroxidase regulation of reactive oxygen species level is crucial for in vitro plant differentiation. *Plant and Cell Physiology*, 51(7), 1151-1162.

Farhangi-Abriz, S., & Ghassemi-Golezani, K. (2016). Improving amino acid composition of soybean under salt stress by salicylic acid and jasmonic acid. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 89, 243-248.

Farhangi-Abriz, S., & Ghassemi-Golezani, K. (2018). How can salicylic acid and jasmonic acid mitigate salt toxicity in soybean plants? *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 147, 1010–1016.

Farhangi-Abriz, S., & Ghassemi-Golezani, K. (2019). Jasmonates: mechanisms and functions in abiotic stress tolerance of plants. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 20, 101210.

Farhangi-Abriz, S., & Torabian, S. (2017). Antioxidant enzyme and osmotic adjustment changes in bean seedlings as affected by biochar under salt stress. *Ecotoxicology and environmental safety*, 137, 64-70.

Farhangi-Abriz, S., Alaee, T., & Tavasolee, A. (2019). Salicylic acid but not jasmonic acid improved canola root response to salinity stress. *Rhizosphere*, 9, 69-71.

Farheen, J., Mansoor, S., & Abideen, Z. (2018). Exogenously applied salicylic acid improved growth, photosynthetic pigments and oxidative stability in mungbean seedlings (*Vigna radiata*) at salt stress. *Pak. J. Bot*, 50(3), 901-912.

Faried, H. N., Ayyub, C. M., Amjad, M., Ahmed, R., Wattoo, F. M., Butt, M., Bashir, M., Shaheen R. M., & Waqas, M. A. (2017). Salicylic acid confers salt tolerance in potato plants by improving water relations, gaseous exchange, antioxidant activities and osmoregulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(6), 1868-1875.

Farmer, E. E., & Mueller, M. J. (2013). ROS-mediated lipid peroxidation and RES-activated signaling. *Annual Review of Plant Biology*, 64, 429-450.

Fayez, K. A., & Bazaid, S. A. (2014). Improving drought and salinity tolerance in barley by application of salicylic acid and potassium nitrate. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 13(1), 45-55.

Fenton, H. J. H. (1894). LXXIII.-Oxidation of tartaric acid in presence of iron. *Journal of the Chemical Society, Transactions*, 65, 899-910.

- Ferreira Neto, J. R. C., Pandolfi, V., Guimaraes, F. C. M., Benko-Iseppon, A. M., Romero, C., De Oliveira Silva, R. L., Rodrigues, F. A., Abdelnoor, R. V., Nepomuceno, A. L., & Kido, E. A.** (2013). Early transcriptional response of soybean contrasting accessions to root dehydration. *PLoS ONE* 8:e83466. doi: 10.1371/journal.pone.0083466
- Finkelstein, R. R., Gampala, S. S., & Rock, C. D.** (2002). Absciscic acid signaling in seeds and seedlings. *The Plant Cell*, 14(suppl_1), S15-S45.
- Flohe, L.,** (1982). in “Free Radicals in Biology” (W. A. Pryor, ed.) Vol. V. p. 223 Academic Press, New York.
- Flohe, L., Günzler, W. A., & Loschen, G.** (1979). In “Trace Metals in Health and Disease” (N. Kharasch, ed.), p.263. Raven, New York.
- Flowers, T. J.** (2004). Improving salt stress tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 55, 307–319.
- Flowers, T. J., & Colmer, T. D.** (2015). Plant salt tolerance: adaptations in halophytes. *Annals of Botany*, 115(3), 327–331.
- Foyer, C. H., & Halliwell, B.** (1976). The presence of glutathione and glutathione reductase in chloroplasts: a proposed role in ascorbic acid metabolism. *Planta*, 133(1), 21-25.
- Foyer, C. H., & Noctor, G.** (2003). Redox sensing and signalling associated with reactive oxygen in chloroplasts, peroxisomes and mitochondria. *Physiologia Plantarum*, 119(3), 355–364.
- Foyer, C. H., & Noctor, G.** (2005). Redox homeostasis and antioxidant signaling: a metabolic interface between stress perception and physiological responses. *The Plant Cell*, 17(7), 1866–1875.
- Foyer, C. H., Descourvieres, P., & Kunert, K. J.** (1994). Protection against oxygen radicals: an important defence mechanism studied in transgenic plants. *Plant, Cell & Environment*, 17(5), 507–523.
- Foyer, C. H., Souriau, N., Perret, S., Lelandais, M., Kunert, K. J., Pruvost, C., & Jouanin, L.** (1995). Overexpression of glutathione reductase but not glutathione synthetase leads to increases in antioxidant capacity and resistance to photoinhibition in poplar trees. *Plant physiology*, 109(3), 1047-1057.
- Fragniere, C., Serrano, M., Abou-Mansour, E., Metraux, J. P., & L’Haridon, F.** (2011). Salicylic acid and its location in response to biotic and abiotic stress. *FEBS letters*, 585(12), 1847-1852.
- Franzisky, B. L., Geilfus, C. M., Romo-Pérez, M. L., Fehrle, I., Erban, A., Kopka, J., & Zörb, C.** (2021). Acclimatisation of guard cell metabolism to long-term salinity. *Plant, Cell & Environment*, 44(3), 870-884.
- Fratelli, M., Goodwin, L. O., Ørom, U. A., Lombardi, S., Tonelli, R., Mengozzi, M., & Ghezzi, P.** (2005). Gene expression profiling reveals a signaling role of glutathione in redox regulation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(39), 13998-14003.

Freitas, J. B. S., Chagas, R. M., Almeida, I. M. R., Cavalcanti, F. R., & Silveira, J. A. G. (2001). Expression of physiological traits related to salt tolerance in two contrasting cowpea cultivars. *Documentos Embrapa MeioNorte*, 56, 115–118.

Fricke, W. (2004). Rapid and tissue-specific accumulation of solutes in the growth zone of barley leaves in response to salinity. *Planta*, 219(3), 515-525.

Fricke, W., Akhiyarova, G., Wei, W., Alexandersson, E., Miller, A., Kjellbom, P. O., Richardson, A., Wojciechowski, T., Schreiber, L., Veselov, D., Kudoyarova, G., & Volkov, V. (2006). The short-term growth response to salt of the developing barley leaf. *Journal of Experimental Botany*, 57(5), 1079-1095.

Fridovich, I. (1986). Biological effects of the superoxide radical. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 247(1), 1-11.

Fryer, M. J. (1992). The antioxidant effects of thylakoid vitamin E (α -tocopherol). *Plant, Cell & Environment*, 15(4), 381-392.

Fu, L. H., Wang, X. F., Eyal, Y., She, Y. M., Donald, L. J., Standing, K. G., & Ben-Hayyim, G. (2002). A selenoprotein in the plant kingdom: mass spectrometry confirms that an opal codon (UGA) encodes selenocysteine in *Chlamydomonas reinhardtii* glutathione peroxidase. *Journal of Biological Chemistry*, 277(29), 25983-25991.

Fujita, T., Maggio, A., Garcia-Rios, M., Bressan, R. A., & Csonka, L. N. (1998). Comparative analysis of the regulation of expression and structures of two evolutionarily divergent genes for Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate synthetase from tomato. *Plant physiology*, 118(2), 661-674.

Gadallah, M. A. A. (1999). Effects of proline and glycinebetaine on *Vicia faba* responses to salt stress. *Biologia Plantarum*, 42(2), 249-257.

Gahlawat, I. N. (2019). Emerging new insights into significance and applications of Plant Pigments. *Journal of Integrated Science and Technology*, 7(2), 29-34.

Gao, F., Chen, J., Ma, T., Li, H., Wang, N., Li, Z., Zhang, Z., & Zhou, Y. (2014). The glutathione peroxidase gene family in *Thellungiella salsuginea*: genome-wide identification, classification, and gene and protein expression analysis under stress conditions. *International Journal of Molecular sciences*, 15(2), 3319-3335.

Gao, Q. M., Zhu, S., Kachroo, P., & Kachroo, A. (2015). Signal regulators of systemic acquired resistance. *Frontiers in Plant Science*, 6, 228.

Garcia-Sanchez, F., Jifon, J. L., Carvajal, M., & Syvertsen, J. P. (2002). Gas exchange, chlorophyll and nutrient contents in relation to Na^+ and Cl^- accumulation in 'Sunburst' mandarin grafted on different rootstocks. *Plant Science*, 162(5), 705-712.

Garcion, C., Lohmann, A., Lamodi re, E., Catinot, J., Buchala, A., Doermann, P., & Métraux, J. P. (2008). Characterization and biological function of the isochorismate synthase2 gene of *Arabidopsis*. *Plant Physiology*, 147(3), 1279-1287.

Garg, A. K., Kim, J. K., Owens, T. G., Ranwala, A. P., Do Choi, Y., Kochian, L. V., & Wu, R. J. (2002). Trehalose accumulation in rice plants confers high tolerance levels to different abiotic stresses. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(25), 15898–15903.

Ghassemi-Golezani, K., & Hosseinzadeh-Mahootchi, A. (2015). Improving physiological performance of safflower under salt stress by application of salicylic acid and jasmonic acid. *WALIA J*, 31, 104-109.

Ghassemi-Golezani, K., & Nikpour-Rashidabad, N. (2017). Seed pretreatment and salt tolerance of dill: Osmolyte accumulation, antioxidant enzymes activities and essence production. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 12, 30–35.

Ghassemi-Golezani, K., Hosseinzadeh-Mahootchi, A., & Farhangi-Abriz, S. (2020). Chlorophyll a fluorescence of safflower affected by salt stress and hormonal treatments. *SN Applied Sciences*, 2(7), 1-9.

Ghezzi, P. (2013). Protein glutathionylation in health and disease. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 1830(5), 3165-3172.

Ghosh, S., Sarkar, T., Das, A., & Chakraborty, R. (2022). Natural colorants from plant pigments and their encapsulation: An emerging window for the food industry. *LWT*, 153, 112527.

Ghoulam, C., Foursy, A., & Fares, K. (2002). Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environmental and experimental Botany*, 47(1), 39-50.

Gill, S. S., Anjum, N. A., Gill, R., Yadav, S., Hasanuzzaman, M., Fujita, M., Mishra, P., Sabat, S. C., & Tuteja, N. (2015). Superoxide dismutase—mentor of abiotic stress tolerance in crop plants. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(14), 10375-10394.

Girija, C., Smith, B. N., & Swamy, P. M. (2002). Interactive effects of sodium chloride and calcium chloride on the accumulation of proline and glycinebetaine in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Environmental and Experimental Botany*, 47(1), 1–10.

Girija, C., Smith, B. N., & Swamy, P. M. (2002). Interactive effects of sodium chloride and calcium chloride on the accumulation of proline and glycinebetaine in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Environmental and Experimental Botany*, 47(1), 1-10.

Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S. M., & Toulmin, C. (2010). January. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. science. *American Association for the Advancement of Science*.

Golldack, D., Li, C., Mohan, H., & Probst, N. (2014). Tolerance to drought and salt stress in plants: unraveling the signaling networks. *Frontiers in Plant Science*, 5, 151.

Gomez, J. M., Hernandez, J. A., Jimenez, A., Del Rio, L. A., & Sevilla, F. (1999). Differential response of antioxidative enzymes of chloroplasts and mitochondria to long-term NaCl stress of pea plants. *Free Radical Research*, 31(sup1), 11-18.

Gopa, R., & Dube, B. K. (2003). Influence of variable potassium on barley metabolism. *Ann. Agric. Res.*, 24, 73–77.

Gossett, D. R., Banks, S. W., Millhollon, E. P., & Lucas, M. C. (1996). Antioxidant response to NaCl stress in a control and an NaCl-tolerant cotton cell line grown in the presence of paraquat, buthionine sulfoximine, and exogenous glutathione. *Plant Physiology*, 112(2), 803–809.

Goussi, R., Manaa, A., Derbali, W., Cantamessa, S., Abdelly, C., & Barbato, R. (2018). Comparative analysis of salt stress, duration and intensity, on the chloroplast ultrastructure and photosynthetic apparatus in *Thellungiella salsuginea*. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 183, 275–287.

Greenway, H., & Munns, R. (1980). Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annual Review of Plant Physiology*, 31(1), 149–190.

Gruber, M. Y., Xu, N., Grenkow, L., Li, X., Onyilagha, J., Soroka, J. J., Westcott N. D. & Hegedus, D. D. (2009). Responses of the crucifer flea beetle to *Brassica volatiles* in an olfactometer. *Environmental Entomology*, 38(5), 1467–1479.

Gueta-Dahan, Y., Yaniv, Z., Zilinskas, B. A., & Ben-Hayyim, G. (1997). Salt and oxidative stress: similar and specific responses and their relation to salt tolerance in citrus. *Planta*, 203(4), 460–469.

Gull, A., Lone, A.A., & Wani, N. U. I. (2019). Biotic and abiotic stresses in plants. In: de Oliveira AB, editor. *Abiotic and Biotic Stress in Plants*. London, UK: IntechOpen; pp. 1–6. DOI: 10.5772/intechopen.85832.

Gullner, G., Komives, T., Király, L., & Schröder, P. (2018). Glutathione S-transferase enzymes in plant-pathogen interactions. *Frontiers in plant science*, 9, 1836.

Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Bagci, E. G., & Cicek, N. (2007). Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. *Journal of Plant Physiology*, 164(6), 728–736.

Guo F.Q. & Crawford N.M. (2005). Arabidopsis nitric oxide synthase1 is targeted to mitochondria and protects against oxidative damage and dark-induced senescence. *The Plant Cell* 17, 3436– 3450.

Gutierrez-Coronado, M. A., Trejo-Lopez, C., & Larque-Saavedra, A. (1998). Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. *Plant Physiology and Biochemistry*, 36(8), 563–565.

Günel, B. Y. (2011). *Patlıcan (Solanum Melongena L.) embriyo kültüründe, jasmonik Asit ve tuz stresi etkileşiminin incelenmesi. Yüksek lisans tezi.* Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı).

Habibi, G. (2012). Exogenous salicylic acid alleviates oxidative damage of barley plants under drought stress. *Acta Biologica Szegediensis*, 56(1), 57–63.

Habig, W. H., Pabst, M. J., & Jakoby, W. B. (1974). Glutathione S-transferases: the first enzymatic step in mercapturic acid formation. *Journal of Biological Chemistry*, 249(22), 7130-7139.

Halliwell, B. (2006). Reactive species and antioxidants. Redox biology is a fundamental theme of aerobic life. *Plant Physiology*, 141(2), 312–322.

Halliwell, B., & Foyer, C. H. (1978). Properties and physiological function of a glutathione reductase purified from spinach leaves by affinity chromatography. *Planta*, 139(1), 9-17.

Halliwell, B., & Gutteridge, J. M. (2015). Free radicals in biology and medicine. Oxford university press, USA.

Hamayun, M., Khan, S. A., Khan, A. L., Shinwari, Z. K., Hussain, J., Sohn, E. Y., Kang, S. M., Kim, Y. H., Khan, M. A., & Lee, I. J. (2010). Effect of salt stress on growth attributes and endogenous growth hormones of soybean cultivar Hwangkeumkong. *Pak. J. Bot*, 42(5), 3103-3112.

Hameed, A., Bibi, N., Akhter, J., & Iqbal, N. (2011). Differential changes in antioxidants, proteases, and lipid peroxidation in flag leaves of wheat genotypes under different levels of water deficit conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*, 49(2), 178-185.

Hannoufa, A., & Hossain, Z. (2012). Regulation of carotenoid accumulation in plants. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 1(3), 198-202.

Harbinson, J., & Hedley, C. L. (1993). Changes in P-700 oxidation during the early stages of the induction of photosynthesis. *Plant Physiology*, 103(2), 649-660.

Harinasut, P., Poonsopa, D., Roengmongkol, K., & Charoensataporn, R. (2003). Salinity effects on antioxidant enzymes in mulberry cultivar. *Science Asia*, 29(2), 109–113.

Hasanuzzaman, M., Alam, M. M., Nahar, K., Ahamed, K. U., & Fujita, M. (2014). Exogenous salicylic acid alleviates salt stress-induced oxidative damage in Brassica napus by enhancing the antioxidant defense and glyoxalase systems. *Australian Journal of Crop Science*, 8(4), 631-639.

Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M. H. M., Anee, T. I., Parvin, K., Nahar, K., Mahmud, J. A., & Fujita, M. (2019). Regulation of ascorbate-glutathione pathway in mitigating oxidative damage in plants under abiotic stress. *Antioxidants*, 8(9), 384.

Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Bhuiyan, T. F., Anee, T. I., Inafuku, M., Oku, H., & Fujita, M. (2017). Salicylic acid: an all-rounder in regulating abiotic stress responses in plants (Phytohormones-Signaling Mechanisms and crosstalk in plant development and stress responses), 31-75.

Hasegawa, P. M., Bressan, R. A., Zhu, J. K., & Bohnert, H. J. (2000). Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Biology*, 51(1), 463–499.

Hashimoto, H., Uragami, C., & Cogdell, R. J. (2016). Carotenoids and photosynthesis. *Carotenoids in Nature*, 111-139.

Hausladen, A. & R. Alscher. (1993). Glutathione. Antioxidants in Higher Plants. CRC Press, Boca Raton, FL: p. 1-30,

Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M., & Ahmad, A. (2010). Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review. *Environmental and Experimental Botany*, 68(1), 14-25.

Hernandez, J. A., & Almansa, M. S. (2002). Short-term effects of salt stress on antioxidant systems and leaf water relations of pea leaves. *Physiologia Plantarum*, 115(2), 251-257.

Hernandez, J. A., Campillo, A., Jimenez, A., Alarcon, J. J., & Sevilla, F. (1999). Response of antioxidant systems and leaf water relations to NaCl stress in pea plants. *The New Phytologist*, 141(2), 241–251.

Hernandez, J. A., Corpas, F. J., Gomez, M., del Rio, L. A., & Sevilla, F. (1993). Salt-induced oxidative stress mediated by activated oxygen species in pea leaf mitochondria. *Physiologia Plantarum*, 89(1), 103–110.

Hernandez, J. A., Ferrer, M. A., Jimenez, A., Barcelo, A. R., & Sevilla, F. (2001). Antioxidant systems and O_2^-/H_2O_2 production in the apoplast of pea leaves. Its relation with salt-induced necrotic lesions in minor veins. *Plant Physiology*, 127(3), 817-831.

Hernandez, J. A., Jimenez, A., Mullineaux, P., & Sevilla, F. (2000). Tolerance of pea (*Pisum sativum* L.) to long-term salt stress is associated with induction of antioxidant defences. *Plant, Cell & Environment*, 23(8), 853-862.

Hernandez, J. A., Olmos, E., Corpas, F. J., Sevilla, F., & Del Rio, L. A. (1995). Salt-induced oxidative stress in chloroplasts of pea plants. *Plant Science*, 105(2), 151-167.

Hester, M. W., Mendelssohn, I. A., & McKee, K. L. (2001). Species and population variation to salinity stress in *Panicum hemitomon*, *Spartina patens*, and *Spartina alterniflora*: morphological and physiological constraints. *Environmental and Experimental Botany*, 46(3), 277-297.

Hnilickova, H., Hnilicka, F., Martinkova, J., & Kraus, K. (2017). Effects of salt stress on water status, photosynthesis and chlorophyll fluorescence of rocket. *Plant, Soil and Environment*, 63(8), 362-367.

Hollander-Czytko, H., Grabowski, J., Sandorf, I., Weckermann, K., & Weiler, E. W. (2005). Tocopherol content and activities of tyrosine aminotransferase and cystine lyase in *Arabidopsis* under stress conditions. *Journal of Plant Physiology*, 162(7), 767-770.

Horie, T., Kaneko, T., Sugimoto, G., Sasano, S., Panda, S. K., Shibasaka, M., & Kader, M. A., & Lindberg, S. (2010). Cytosolic calcium and pH signaling in plants under salinity stress. *Plant Signaling & Behavior*, 5(3), 233–238.

Horvath, E., Brunner, S., Bela, K., Papdi, C., Szabados, L., Tari, I., & Csiszatr, J. (2015a). Exogenous salicylic acid-triggered changes in the glutathione transferases and peroxidases are key factors in the successful salt stress acclimation of *Arabidopsis thaliana*. *Functional Plant Biology*, 42(12), 1129-1140.

Horvath, E., Csiszar, J., Galle, A., Poor, P., Szepesi, A., & Tari, I. (2015). Hardening with salicylic acid induces concentration-dependent changes in abscisic acid biosynthesis of tomato under salt stress. *Journal of Plant Physiology*, 183, 54-63.

Hossain, M. A., & Asada, K. (1985). Monodehydroascorbate reductase from cucumber is a flavin adenine dinucleotide enzyme. *Journal of Biological Chemistry*, 260(24), 12920-12926.

Hossain, M. S., & Dietz, K. J. (2016). Tuning of redox regulatory mechanisms, reactive oxygen species and redox homeostasis under salinity stress. *Frontiers in plant science*, 7, 548-554.

Howitt, C. A., & Pogson, B. J. (2006). Carotenoid accumulation and function in seeds and non-green tissues. *Plant, Cell & Environment*, 29(3), 435-445.

Hoyos, M. E., & Zhang, S. (2000). Calcium-independent activation of salicylic acid-induced protein kinase and a 40-kilodalton protein kinase by hyperosmotic stress. *Plant Physiology*, 122(4), 1355-1364.

Hsiao, T. C., & Xu, L. K. (2000). Sensitivity of growth of roots versus leaves to water stress: biophysical analysis and relation to water transport. *Journal of Experimental Botany*, 51(350), 1595–1616.

https://arastirma.tarimorman.gov.tr/cukurovataem/Belgeler/Yeti%C5%9Ftiricilik/soyayetistiri_ciligi_1.pdf (Soya Yetiştiriciliği Nazlıcan A. N. Zir. Yük. Müh.).

<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge>.

<https://www.cabi.org/isc/datasheet/25400>.

Hu, Y., Fromm, J., Schmidhalter, U. (2005). Effect of salinity on tissue architecture in expanding wheat leaves. *Planta*, 220: 838-848.

Hussain, K., Majeed, A., Nawaz, K., & Nisar, M. F. (2009). Effect of different levels of salinity on growth and ion contents of black seeds (*Nigella sativa* L.). *Current Research Journal of Biological Sciences*, 1(3), 135–138.

Hussein, M. M., Balbaa, L. K., & Gaballah, M. S. (2007). Salicylic acid and salinity effects on growth of maize plants. *Research journal of agriculture and biological sciences*, 3(4), 321-328.

Ishiguro, S., Kawai-Oda, A., Ueda, J., Nishida, I., & Okada, K. (2001). The Defective in anther dehiscence1 gene encodes a novel phospholipase A1 catalyzing the initial step of jasmonic acid biosynthesis, which synchronizes pollen maturation, anther dehiscence, and flower opening in Arabidopsis. *The Plant Cell*, 13(10), 2191-2209.

Islam, T., Manna, M., Kaul, T., Pandey, S., Reddy, C. S., & Reddy, M. K. (2015). Genome-wide dissection of Arabidopsis and rice for the identification and expression analysis of glutathione peroxidases reveals their stress-specific and overlapping response patterns. *Plant Molecular Biology Reporter*, 33(5), 1413-1427.

Ismail, A., Riemann, M., & Nick, P. (2012). The jasmonate pathway mediates salt tolerance in grapevines. *Journal of Experimental Botany*, 63(5), 2127–2139.

Ismail, A., Seo, M., Takebayashi, Y., Kamiya, Y., Eiche, E., & Nick, P. (2014a). Salt adaptation requires efficient fine-tuning of jasmonate signalling. *Protoplasma*, 251(4), 881–898.

Jakab, G., Ton, J., Flors, V., Zimmerli, L., Metraux, J. P., & Mauch-Mani, B. (2005). Enhancing Arabidopsis salt and drought stress tolerance by chemical priming for its abscisic acid responses. *Plant Physiology*, 139(1), 267-274.

Jaleel, C. A., Gopi, R., Sankar, B., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Sridharan, R., & Panneerselvam, R. (2007). Studies on germination, seedling vigour, lipid peroxidation and proline metabolism in *Catharanthus roseus* seedlings under salt stress. *South African Journal of Botany*, 73(2), 190-195.

Jamalian, S., Truemper, C., & Pawelzik, E. (2020). Jasmonic and abscisic acid contribute to metabolism re-adjustment in strawberry leaves under NaCl stress. *International Journal of Fruit Science*, 20(sup2), S123-S144.

Janda, M., & Ruelland, E. (2015). Magical mystery tour: salicylic acid signalling. *Environmental and Experimental Botany*, 114, 117-128.

Janda, T., Horváth, E., Szalai, G., & Paldi, E. (2007). Role of salicylic acid in the induction of abiotic stress tolerance. In *Salicylic acid: A plant hormone* (pp. 91-150). Springer, Dordrecht.

Janiszowska, W., & Pennock, J. F. (1976). The biochemistry of vitamin E in plants. *Vitamins & Hormones*, 34, 77-105.

Jarvis, P., & López-Juez, E. (2013). Biogenesis and homeostasis of chloroplasts and other plastids. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 14(12), 787-802.

Jasim, A. H., Al Timmen, W. M. A., & Abid, A. S. (2016). Effect of salt stress on plant growth and free endogenous hormones of primed radish (*Raphanus sativus* L.) seeds with salicylic acid. *Int. J. Chem. Tech. Res*, 9(6), 339-346.

Jayakannan, M., Bose, J., Babourina, O., Rengel, Z., & Shabala, S. (2015). Salicylic acid in plant salinity stress signalling and tolerance. *Plant Growth Regulation*, 76(1), 25-40.

Jegadeesan, S., & Yu, K. (2020). Food Grade Soybean Breeding, Current Status and Future Directions. *Legume Crops: Prospects, Production and Uses*, 51.1-27.

Jiang, X., Chen, J., Bajić, A., Zhang, C., Song, X., Carroll, S. L., Cai, Z.L., Tang, M., Xue, M., Cheng, N., Schaaf, C.P., Li, F., MacKenzie, K.R., Ferreón, A.C.M., Xia, F., Wang, M.C., Maletic-Savatic, M., & Wang, J. (2017). Quantitative real-time imaging of glutathione. *Nature Communications*, 8(1), 1-13.

Jimenez, A., Hernandez, J. A., del Río, L. A., & Sevilla, F. (1997). Evidence for the presence of the ascorbate-glutathione cycle in mitochondria and peroxisomes of pea leaves. *Plant Physiology*, 114(1), 275-284.

Jimenez, A., Hernandez, J. A., Pastori, G., del Río, L. A., & Sevilla, F. (1998). Role of the ascorbate-glutathione cycle of mitochondria and peroxisomes in the senescence of pea leaves. *Plant physiology*, 118(4), 1327-1335.

Jin, S., Chen, C. C. S., & Plant, A. L. (2000). Regulation by ABA of osmotic-stress-induced changes in protein synthesis in tomato roots. *Plant, Cell & Environment*, 23(1), 51-60.

Jini, D., & Joseph, B. (2017). Physiological mechanism of salicylic acid for alleviation of salt stress in rice. *Rice Science*, 24(2), 97-108

Joseph, B., & Jini, D. (2010). Insight into the role of antioxidant enzymes for salt tolerance in plants. *International Journal of Botany*, 6(4), 456–464.

Joseph B., & Jini, D., (2011). Development of salt stress_tolerant plants by gene manipulation of antioxidant Enzymes. *Asian Journal of Agricultural Research* 5(1):17-27.

Kacar, B. (1972) Toprağın ve bitkinin kimyasal analizleri, Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, A. Ü. Basımevi, Ankara 53.

Kadioğlu, A. (2016). Bitki Fizyoloji, Trabzon: Esen Ofset Matbaacılık.

Kagan, V. E. (1989). Tocopherol stabilizes membrane against phospholipase A, free fatty acids, and lysophospholipids A. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 570(1), 121-135.

Kalaji, H. M., Bába, W., Gediga, K., Goltsev, V., Samborska, I. A., Cetner, M. D., Dimitrova, S., Piszcz, U., Bielecki, K., Karmowska, K., Dankov, K., & Kompala-Bába, A. (2018). Chlorophyll fluorescence as a tool for nutrient status identification in rapeseed plants. *Photosynthesis Research*, 136(3), 329–343.

Kang, D. J., Seo, Y. J., Lee, J. D., Ishii, R., Kim, K. U., Shin, D. H., Park S.K., Jang S. W., & Lee, I. J. (2005). Jasmonic acid differentially affects growth, ion uptake and abscisic acid concentration in salt-tolerant and salt-sensitive rice cultivars. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 191(4), 273-282.

Kannan, N., Nguyen, L. V., Makarem, M., Dong, Y., Shih, K., Eirew, P., Raouf, A., Emerman, J.T., & Eaves, C. J. (2014). Glutathione-dependent and-independent oxidative stress-control mechanisms distinguish normal human mammary epithelial cell subsets. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(21), 7789-7794.

Karimi, G., Ghorbanli, M., Heidari, H., Nejad, R. K., & Assareh, M. H. (2005). The effects of NaCl on growth, water relations, osmolytes and ion content in *Kochia prostrata*. *Biologia Plantarum*, 49(2), 301-304.

Kariola, T., Brader, G., Li, J., & Palva, E. T. (2005). Chlorophyllase 1, a damage control enzyme, affects the balance between defense pathways in plants. *The Plant Cell*, 17(1), 282-294.

- Karpinski, S., Szechyńska-Hebda, M., Wituszyńska, W., & Burdiak, P.** (2013). Light acclimation, retrograde signalling, cell death and immune defences in plants. *Plant, Cell & Environment*, 36(4), 736-744.
- Kartashov, A. V., Radyukina, N. L., Ivanov, Y. V., Pashkovskii, P. P., Shevyakova, N. I., & Kuznetsov, V. V.** (2008). Role of antioxidant systems in wild plant adaptation to salt stress. *Russian Journal of Plant Physiology*, 55(4), 463–468.
- Kataya, A. R., & Reumann, S.** (2010). Arabidopsis glutathione reductase 1 is dually targeted to peroxisomes and the cytosol. *Plant Signaling & Behavior*, 5(2), 171-175.
- Katsuhara, M.** (2011). Mechanisms of water transport mediated by PIP aquaporins and their regulation via phosphorylation events under salinity stress in barley roots. *Plant and Cell Physiology*, 52(4), 663–675.
- Kaur, H., & Sirhindi, G.** (2015). Exogenous application of jasmonic acid offers tolerance to salinity by altering stress responses in *Brassica napus* L. variety GSC 6. *International Journal of Science and Research*, 6, 1930–1934.
- Kaur, H., Sirhindi, G., & Sharma, P.** (2017). Effect of jasmonic acid on some biochemical and physiological parameters in salt-stressed *Brassica napus* seedlings. *International Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 9(4), 36–42.
- Kavi Kishor, P. B., Hong, Z., Miao, G. H., Hu, C. A., & Verma, D. P. S.** (1995). Overexpression of delta 1-pyrroline-5-carboxylate synthetase increases proline production and confers osmotolerance in transgenic plants. *Plant Physiology (Lancaster, Pa.)* (USA).
- Kaya, A., & Doganlar, Z. B.** (2016). Exogenous jasmonic acid induces stress tolerance in tobacco (*Nicotiana tabacum*) exposed to imazapic. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 124, 470-479.
- Kaya, A., & Yigit, E.** (2014). The physiological and biochemical effects of salicylic acid on sunflowers (*Helianthus annuus*) exposed to flurochloridone. *Ecotoxicology and environmental safety*, 106, 232-238.
- Kaydan, D., Yagmur, M., & Okut, N.** (2007). Effects of salicylic acid on the growth and some physiological characters in salt stressed wheat (*Triticum aestivum* L.). *Tarım Bilimleri Dergisi*, 13(2), 114-119.
- Khan, M. I. R., Asgher, M., & Khan, N. A.** (2014). Alleviation of salt-induced photosynthesis and growth inhibition by salicylic acid involves glycinebetaine and ethylene in mungbean (*Vigna radiata* L.). *Plant Physiology and Biochemistry*, 80, 67-74.
- Khan, M. I. R., Fatma, M., Per, T. S., Anjum, N. A., & Khan, N. A.** (2015). Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. *Frontiers in Plant Science*, 6, 462.

Khan, M. S., Akther, T., Ali, D. M., & Hemalatha, S. (2019). An investigation on the role of salicylic acid alleviate the saline stress in rice crop (*Oryza sativa* (L)). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 18, 101027.

Khan, W., Prithiviraj, B., & Smith, D. L. (2003). Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Journal of Plant Physiology*, 160(5), 485-492.

Khan, A., Tan, D.K.Y., Afridi, M.Z., Luo, H., Tung, S.A., Ajab, M., & Fahad, S. (2017). Nitrogen fertility and abiotic stresses management in cotton crop: A review. *Environmental Science and Pollution Research*. 24:14551-14566. DOI: 10.1007/s11356-017-8920-x.

Khan, M.A. & Duke, N.C. (2001). Halophytes - A resource for the future. *Wetlands Ecology and Management*. 6:455- 456. DOI: 10.1023/A:1012211726748.

Khodary, S. E. A. (2004). Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. *Int. J. Agric. Biol*, 6(1), 5-8.

Kılınç, M. & Kutbay, G. (2008). *Bitki Ekolojisi*. Palme Yayıncılık.

Kim, S. Y., Lim, J. H., Park, M. R., Kim, Y. J., Park, T. I., Seo, Y. W., Choi K.G., & Yun, S. J. (2005). Enhanced antioxidant enzymes are associated with reduced hydrogen peroxide in barley roots under saline stress. *BMB Reports*, 38(2), 218-224.

Kinraide, T. B. (1998). Three mechanisms for the calcium alleviation of mineral toxicities. *Plant Physiology*, 118(2), 513–520.

Kiokias, S., & Gordon, M. H. (2003). Dietary supplementation with a natural carotenoid mixture decreases oxidative stress. *European Journal of Clinical Nutrition*, 57(9), 1135-1140.

Klessig, D. F., Choi, H. W., & Dempsey, D. M. A. (2018). Systemic acquired resistance and salicylic acid: past, present, and future. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 31(9), 871-888.

Koca, M., Bor, M., Ozdemir, F., ve Turkan, I. (2007). The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars. *Environ. Exp. Bot.*, 60: 344–351.

Koç, E., & Üstün, A. S. (2008). Patojenlere karşı bitkilerde savunma ve antioksidanlar. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 24(1), 82-100.

Koyro, H. W. (2006). Effect of salinity on growth, photosynthesis, water relations and solute composition of the potential cash crop halophyte *Plantago coronopus* (L.). *Environmental and Experimental Botany*, 56(2), 136–146.

Kramell, R., R. Atzorn, G. Schneider, O. Miersch, C. Brückner, J. Schmidt, G. Sembdner and B. Parthier. (1995). Occurrence and identification of jasmonic acid and its amino acid conjugates induced by osmotic stress in barley leaf tissue. *J. Plant Growth Regul.*, 14: 29-36.

Krieger-Liszkay, A. (2005). Singlet oxygen production in photosynthesis. *Journal of Experimental Botany*, 56(411), 337-346.

- Krieger-Liszkay, A., Fufezan, C., & Trebst, A.** (2008). Singlet oxygen production in photosystem II and related protection mechanism. *Photosynthesis Research*, 98(1), 551-564.
- Krinsky, N. I.** (2001). Carotenoids as antioxidants. *Nutrition*, 17(10), 815-817.
- Ku, Y. S., Sintaha, M., Cheung, M. Y., & Lam, H. M.** (2018). Plant hormone signaling crosstalks between biotic and abiotic stress responses. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(10), 3206.
- Kubat, K.** (2016). The role of phenolic compounds in plant resistance. *Biotechnol Food Sci*, 80 (2), 97-108,
- Kumar, C., Igbaria, A., D'autreaux, B., Planson, A. G., Junot, C., Godat, E., Bachhawat, A.K., Delaunay-Moisan, A., & Toledano, M. B.** (2011). Glutathione revisited: a vital function in iron metabolism and ancillary role in thiol-redox control. *The EMBO journal*, 30(10), 2044-2056.
- Kumar, P., Dube, S. D., & Chauhan, V. S.** (1999). Effect of salicylic acid on growth, development and some biochemical aspects of soybean (*Glycine max* L. Merrill). *Indian Journal of Plant Physiology*, 4(4), 327-330.
- Kumar, P., Lakshmi, N. J., & 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.
- Kumar, S., & Pandey, A. K.** (2013). Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview. *The scientific world journal*, 2013.
- Lalotra, S., Akhouri Hemantaranjan, B., Yashu, R., Srivastava, R., & Kumar, S.** (2020). Jasmonates: An emerging approach in biotic and abiotic stress tolerance. In *Plant Science-Structure, Anatomy and Physiology in Plants Cultured in Vivo and in Vitro*. IntechOpen. 1–14.
- Lang, D., Yu, X., Jia, X., Li, Z., & Zhang, X.** (2020). Methyl jasmonate improves metabolism and growth of NaCl-stressed *Glycyrrhiza uralensis* seedlings. *Scientia Horticulturae*, 266, 109287.
- Larcher, W.** (2003). *Ecophysiology and stress physiology of functional groups*. *Physiological Plant Ecology*, Springer Science & Business Media.
- Larson, R. A.** (1988). The antioxidants of higher plants. *Phytochemistry*, 27(4), 969-978.
- Lauchli, A.** (1984). Salt exclusion: an adaptation of legumes for crops and pastures under saline conditions, In RC Staples, GH Toeniessen, eds, *Salinity tolerance in plants. Strategies for crop improvement*. John Wiley and Sons, New York, pp. 171-187
- Lehmann, S., Funck, D., Szabados, L., & Rentsch, D.** (2010). Proline metabolism and transport in plant development. *Amino acids*, 39(4), 949-962.
- Li, L., & Yuan, H.** (2013). Chromoplast biogenesis and carotenoid accumulation. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 539(2), 102-109.

Liang, W., Cui, W., Ma, X., Wang, G., & Huang, Z. (2014). Function of wheat Ta-UnP gene in enhancing salt tolerance in transgenic Arabidopsis and rice. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 450(1), 794-801.

Liang, W., Ma, X., Wan, P., & Liu, L. (2018). Plant salt-tolerance mechanism: A review. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 495(1), 286–291.

Lim, C. W., Baek, W., Jung, J., Kim, J. H., & Lee, S. C. (2015). Function of ABA in stomatal defense against biotic and drought stresses. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(7), 15251-15270.

Lima-Melo, Y., Carvalho, F. E., Martins, M. O., Passaia, G., Sousa, R. H., Neto, M. C. L., Margis-Pinheiro, M. & Silveira, J. A. (2016). Mitochondrial GPX1 silencing triggers differential photosynthesis impairment in response to salinity in rice plants. *Journal of Integrative Plant Biology*, 58(8), 737-748.

Lin, D., Xiao, M., Zhao, J., Li, Z., Xing, B., Li, X., Kong, M., Li, L., Zhang, Q., Liu, Y., Chen, H., Qin, W., Wu, H., & Chen, S. (2016). An overview of plant phenolic compounds and their importance in human nutrition and management of type 2 diabetes. *Molecules*, 21(10), 1374.

Lin, Z., Li, Y., Zhang, Z., Liu, X., Hsu, C. C., Du, Y., Sang, T., Zhu, C., Wang, Y., Satheesh, V., Pratibha P., Zhao, Y., Song, C.P., Tao, W. A., Zhu, J. K. & Wang, P. (2020). A RAF-SnRK2 kinase cascade mediates early osmotic stress signaling in higher plants. *Nature Communications*, 11(1), 1–10.

Liso, R., Innocenti, A. M., Bitonti, M. B., & Arrigoni, O. (1988). Ascorbic acid-induced progression of quiescent centre cells from G1 to S phase. *New Phytologist*, 110(4), 469-471.

Liu K. (1999). Soybeans Chemistry, Technology, and Utilization. Aspen Publishers, Inc., 532 s, Gaithersburg, Maryland.

Liu W, Zhang Y, Yuan X, Xuan Y, Gao Y, & Yan, Y. (2016). Exogenous salicylic acid improves salinity tolerance of Nitraria tangutorum. *Russian Journal of Plant Physiology*. 63:132–142

Liu, J., Li, L., Yuan, F., & Chen, M. (2019). Exogenous salicylic acid improves the germination of Limonium bicolor seeds under salt stress. *Plant Signaling & Behavior*, 14(10), e1644595.

Liu, K. (2004). Soybeans as a Powerhouse of Nutrients and Phytochemicals and Edible Soybean Products in the Current Market. In Soybean as Functional Foods and Ingredients, K. Liu, (ed). pp.1-51, AOCS Press, Champaign, IL, USA.

Loreto, F., & Bonghi, G. (1987). Control of photosynthesis under salt stress in the olive. In *Agrometeorology: 2nd International Cesena Agricultura Conference, Cesena, 8-9 October 1987/edited by Franco Prodi, Federica Rossi, Graziella Cristoferi*. [Cesena?]: Fondazione Cesena Agricultura, c1987.

- Ma, X., Zheng, J., Zhang, X., Hu, Q., & Qian, R.** (2017). Salicylic acid alleviates the adverse effects of salt stress on *Dianthus superbus* (Caryophyllaceae) by activating photosynthesis, protecting morphological structure, and enhancing the antioxidant system. *Frontiers in Plant Science*, 8, 600.
- Maggio, A., Miyazaki, S., Veronese, P., Fujita, T., Ibeas, J. I., Damsz, B., Narasimhan ML, Hasegawa PM, Joly J.J., & Bressan, R. A.** (2002). Does proline accumulation play an active role in stress-induced growth reduction?. *The Plant Journal*, 31(6), 699-712.
- Mahouachi, J., Arbona, V., & Gomez-Cadenas, A.** (2007). Hormonal changes in papaya seedlings subjected to progressive water stress and re-watering. *Plant Growth Regulation*, 53(1), 43-51.
- Malamy, J., & Klessig, D. F.** (1992). Salicylic acid and plant disease resistance. *The Plant Journal*, 2(5), 643-654.
- Mallik, S., Nayak, M., Sahu, B. B., Panigrahi, A. K., & Shaw, B. P.** (2011). Response of antioxidant enzymes to high NaCl concentration in different salt-tolerant plants. *Biologia Plantarum*, 55(1), 191-195.
- Mansour, M. M. F., Salama, K. H. A., Ali, F. Z. M., & Abou Hadid, A. F.** (2005). Cell and plant responses to NaCl in *Zea mays* L. cultivars differing in salt tolerance. *Gen. Appl. Plant Physiol*, 31(1-2), 29–41.
- Marschner, H.**, (1995). Mineral nutrition of higher plants. 2 nd ed. Acad. Pr., San Diego. Kindly p. 889.
- McCue, P., Zheng, Z., Pinkham, J. L. & Shetty, K.** (2000). A model for enhanced pea seedlings vigour following low Ph and salicylic acid treatments. *Process Biochemistry*, 35(6), 603-613.
- McQuinn, R. P., Giovannoni, J. J., & Pogson, B. J.** (2015). More than meets the eye: from carotenoid biosynthesis, to new insights into apocarotenoid signaling. *Current Opinion in Plant biology*, 27, 172-179.
- Mehlar AH.** (1951). *Arch Biochem Biophys*, 1951; 33: 65–77.
- Meratan, A. A., Ghafari, S. M., & Niknam, V.** (2008). Effects of salinity on growth, proteins and antioxidant enzymes in three *Acanthophyllum* species of different ploidy levels. *JTUS*, 33:1-8
- Mercado-Blanco, J., van der Drift, K. M., Olsson, P. E., Thomas-Oates, J. E., van Loon, L. C., & Bakker, P. A.** (2001). Analysis of the pmsCEAB gene cluster involved in biosynthesis of salicylic acid and the siderophore pseudomonine in the biocontrol strain *Pseudomonas fluorescens* WCS374. *Journal of Bacteriology*, 183(6), 1909-1920.
- Mercan, U.** (2004). Toksikolojide serbest radikallerin önemi. *Yüziüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 15(1), 91-96.

- Metraux, J. P., & Raskin, I.** (1993). Role of phenolics in plant disease resistance. Pages 191-209 in: *Biotechnology in Plant Disease Control*. I. Chet, ed. John Wiley & Sons, New York.
- Miao, Y., Lv, D., Wang, P., Wang, X. C., Chen, J., Miao, C., & Song, C. P.** (2006). An Arabidopsis glutathione peroxidase functions as both a redox transducer and a scavenger in abscisic acid and drought stress responses. *The Plant Cell*, 18(10), 2749-2766.
- Miao, Y., Lv, D., Wang, P., Wang, X. C., Chen, J., Miao, C., & Song, C. P.** (2006). An Arabidopsis glutathione peroxidase functions as both a redox transducer and a scavenger in abscisic acid and drought stress responses. *The Plant Cell*, 18(10), 2749-2766.
- Milla, M. A. R., Butler, E. D., Huete, A. R., Wilson, C. F., Anderson, O., & Gustafson, J. P.** (2002). Expressed sequence tag-based gene expression analysis under aluminum stress in rye. *Plant Physiology*, 130(4), 1706-1716.
- Milla, M. A. R., Maurer, A., Huete, A. R., & Gustafson, J. P.** (2003). Glutathione peroxidase genes in Arabidopsis are ubiquitous and regulated by abiotic stresses through diverse signaling pathways. *The Plant Journal*, 36(5), 602-615.
- Milla, M. A. R., Maurer, A., Huete, A. R., & Gustafson, J. P.** (2003). Glutathione peroxidase genes in Arabidopsis are ubiquitous and regulated by abiotic stresses through diverse signaling pathways. *The Plant Journal*, 36(5), 602-615.
- Misra, N., & Gupta, A. K.** (2005). Effect of salt stress on proline metabolism in two high yielding genotypes of green gram. *Plant Science*, 169(2), 331-339.
- Misra, N., & Gupta, A. K.** (2006). Effect of salinity and different nitrogen sources on the activity of antioxidant enzymes and indole alkaloid content in *Catharanthus roseus* seedlings. *Journal of Plant Physiology*, 163(1), 11-18.
- Mittler, R.** (2002). Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*, 7(9), 405-410.
- Mittler, R., & Blumwald, E.** (2015). The roles of ROS and ABA in systemic acquired acclimation. *The Plant Cell*, 27(1), 64-70.
- Mittler, R., & Zilinskas, B. A.** (1992). Molecular cloning and characterization of a gene encoding pea cytosolic ascorbate peroxidase. *Journal of Biological Chemistry*, 267(30), 21802-21807.
- Mittler, R., Vanderauwera, S., Suzuki, N., Miller, G. A. D., Tognetti, V. B., Vandepoele, K., Gollery, M., Shulaev, V., & Van Breusegem, F.** (2011). ROS signaling: the new wave?. *Trends in plant science*, 16(6), 300-309.
- Mittova, V., Guy, M., Tal, M., & Volokita, M.** (2004). Salinity up-regulates the antioxidative system in root mitochondria and peroxisomes of the wild salt-tolerant tomato species *Lycopersicon pennellii*. *Journal of Experimental Botany*, 55(399), 1105-1113.
- Mittova, V., Tal, M., Volokita, M., & Guy, M.** (2002). Salt stress induces up-regulation of an efficient chloroplast antioxidant system in the salt-tolerant wild tomato species *Lycopersicon pennellii* but not in the cultivated species. *Physiologia Plantarum*, 115(3), 393-400.

- Mittova, V., Tal, M., Volokita, M., & Guy, M.** (2003). Up-regulation of the leaf mitochondrial and peroxisomal antioxidative systems in response to salt-induced oxidative stress in the wild salt-tolerant tomato species *Lycopersicon pennellii*. *Plant, cell & environment*, 26(6), 845-856.
- Miura, K., & Tada, Y.** (2014). Regulation of water, salinity, and cold stress responses by salicylic acid. *Frontiers in Plant Science*, 5, 4.
- Molazem, D., Qurbanov, E. M., & Dunyamaliyev, S. A.** (2010). Role of proline, Na and chlorophyll content in salt tolerance of corn (*Zea mays* L.). *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 9(3), 319-324.
- Moller, I. M., Jensen, P. E., & Hansson, A.** (2007). Oxidative modifications to cellular components in plants. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 58, 459-481.
- Moller, S. G.** (2005). *Plastids* (Vol. 13). CRC Press, Boca Raton.
- Moons, A., Prinsen, E., Bauw, G., & Van Montagu, M.** (1997). Antagonistic effects of abscisic acid and jasmonates on salt stress-inducible transcripts in rice roots. *The Plant Cell*, 9(12), 2243-2259.
- Moretti, D. B., Nordi, W. M., Cruz, T. M., & Machado Neto, R.** (2017). Catalase, superoxide dismutase, glutathione peroxidase and oxygen radical absorbance capacity in the gut of juvenile pacu *Piaractus mesopotamicus* and dourado *Salminus brasiliensis* fed bovine first milk secretion. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 45(4), 717-723.
- Munne-Bosch, S.** (2005). The role of α -tocopherol in plant stress tolerance. *Journal of Plant Physiology*, 162(7), 743-748.
- Munns, R.** (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell & Environment*, 25(2), 239-250.
- Munns, R.** (2005). Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytologist*, 167(3), 645-663.
- Munns, R., & Gilliam, M.** (2015). Salinity tolerance of crops—what is the cost?. *New phytologist*, 208(3), 668-673.
- Munns, R., & Termaat, A.** (1986). Whole-plant responses to salinity. *Functional Plant Biology*, 13(1), 143-160.
- Munns, R., & Tester, M.** (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59, 651-681.
- Munns, R., Hare, R. A., James, R. A., & Rebetzke, G. J.** (2000). Genetic variation for improving the salt tolerance of durum wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*, 51(1), 69-74.
- Mustafa, N. R., & Verpoorte, R.** (2007). Phenolic compounds in *Catharanthus roseus*. *Phytochemistry Reviews*, 6(2-3), 243-258.

Najar, R., Aydi, S., Sassi-Aydi, S., Zarai, A., & Abdelly, C. (2019). Effect of salt stress on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in *Medicago truncatula*. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 153(1), 88-97.

Najar, R., Aydi, S., Sassi-Aydi, S., Zarai, A., & Abdelly, C. (2019). Effect of salt stress on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in *Medicago truncatula*. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 153(1), 88-97.

Nasırcılar, A. G., Ulukapı, K., & Şener, S. (2019). Exogenous salicylic acid applications as an example of molecules effective in abiotic stress tolerance in plants. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(sp3), 5-10.

Nath, M., Bhatt, D., Prasad, R., Gill, S. S., Anjum, N. A., & Tuteja, N. (2016). Reactive oxygen species generation-scavenging and signaling during plant-arbuscular mycorrhizal and *Piriformospora indica* interaction under stress condition. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1574.

Navarro-Torre, S., Bessadok, K., Flores-Duarte, N. J., Rodríguez-Llorente, I. D., Caviedes, M. A., & Pajuelo, E. (2020). Helping legumes under stress situations: inoculation with beneficial microorganisms. *Legume Crops: Prospects, Production and Uses*, 115.

Navrot, N., Collin, V., Gualberto, J., Gelhaye, E., Hirasawa, M., Rey, P., Knaff, D.B., Issakidis, E., Jacquat, J.P., & Rouhier, N. (2006). Plant glutathione peroxidases are functional peroxiredoxins distributed in several subcellular compartments and regulated during biotic and abiotic stresses. *Plant physiology*, 142(4), 1364-1379.

Nawaz, K., Hussain, K., Majeed, A., Khan, F., Afghan, S., & Ali, K. (2010). Fatality of salt stress to plants: Morphological, physiological and biochemical aspects. *African Journal of Biotechnology*, 9(34).

Neumann, P. (1997). Salinity resistance and plant growth revisited. *Plant, Cell & Environment*, 20(9), 1193-1198.

Ngamwonglumlert, L., Devahastin, S., & Chiewchan, N. (2017). Natural colorants: Pigment stability and extraction yield enhancement via utilization of appropriate pretreatment and extraction methods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(15), 3243-3259.

Nguyen, H. M., Sako, K., Matsui, A., Suzuki, Y., Mostofa, M. G., Ha, C. V., Tanaka, M., Tran, L-S.P., Habu, Y. & Seki, M. (2017). Ethanol enhances high-salinity stress tolerance by detoxifying reactive oxygen species in *Arabidopsis thaliana* and rice. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1001.

Nilüfer, D., & Boyacıoğlu, D. (2008). Soya ve soya ürünlerinin fonksiyonel gıda bileşenleri. *Gıda*, 33(5), 241-250.

Nisar, N., Li, L., Lu, S., Khin, N. C., & Pogson, B. J. (2015). Carotenoid metabolism in plants. *Molecular Plant*, 8(1), 68-82.

Niyogi, K. K., & Truong, T. B. (2013). Evolution of flexible non-photochemical quenching mechanisms that regulate light harvesting in oxygenic photosynthesis. *Current Opinion in Plant Biology*, 16(3), 307-314.

Noctor, G., & Foyer, C. H. (1998). Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. *Annual Review of Plant Biology*, 49(1), 249-279.

Noctor, G., Gomez, L., Vanacker, H., & Foyer, C. H. (2002). Interactions between biosynthesis, compartmentation and transport in the control of glutathione homeostasis and signalling. *Journal of Experimental Botany*, 53(372), 1283-1304.

Noctor, G., Mhamdi, A., Chaouch, S., Han, Y. I., Neukermans, J., Marquez-Garcia, B. E. L. E. N., Queval, G., & Foyer, C. H. (2012). Glutathione in plants: an integrated overview. *Plant, Cell & Environment*, 35(2), 454-484.

Noreen, S., Ashraf, M., & Akram, N. A. (2012). Does exogenous application of salicylic acid improve growth and some key physiological attributes in sunflower plants subjected to salt stress?. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 84(2), 169.

Noreen, S., Siddiq, A., Hussain, K., Ahmad, S., & Hasanuzzaman, M. (2017). Foliar application of salicylic acid with salinity stress on physiological and biochemical attributes of sunflower (*Helianthus annuus* L.) crop. *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, 16(2), 57-74.

Omoni, A. O., & Aluko, R. E. (2005). Soybean foods and their benefits: potential mechanisms of action. *Nutrition Reviews*, 63(8), 272-283.

Onat, T., Emerk, K., & Sözmen, E. Y. (2006). İnsan biyokimyası. II. *Baskı, Palme Yayıncılık, Ankara.*

Orvar, B. L., McPherson, J., & Ellis, B. E. (1997). Pre-activating wounding response in tobacco prior to high-level ozone exposure prevents necrotic injury. *The Plant Journal*, 11(2), 203-212.

Ozden, M., Demirel, U., & Kahraman, A. (2009). Effects of proline on antioxidant system in leaves of grapevine (*Vitis vinifera* L.) exposed to oxidative stress by H₂O₂. *Scientia Horticulturae*, 119(2), 163-168.

Ozyigit, I. I., Filiz, E., Vatansever, R., Kurtoglu, K. Y., Koc, I., Öztürk, M. X., & Anjum, N. A. (2016). Identification and comparative analysis of H₂O₂-scavenging enzymes (ascorbate peroxidase and glutathione peroxidase) in selected plants employing bioinformatics approaches. *Frontiers in Plant Science*, 7, 301.

Önal Aşçı, Ö., ve Eriş, A. (2019). Farklı NaCl ve jasmonik asit konsantrasyonlarının yem bezelyesinde (*Pisum arvense*) bitki gelişimine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi* 8(1): 89-92 (2019).

Öncel, I., Keleş, Y., & Üstün, A. S. (2000). Interactive effects of temperature and heavy metal stress on the growth and some biochemical compounds in wheat seedlings. *Environmental Pollution*, 107(3), 315-320.

Paglia, D.E. & Valentine, W. N. (1967). *J. Lab. Clin. Med.* 70: 158-169.

- Pal, M., Szalai, G., Kovács, V., Gondor, O.K., & Janda, T.** (2013). Salicylic acid-mediated abiotic stress tolerance. - In: Hayat, S., Ahmad, A., Alyemeni, M.N. (ed.): *Salicylic Acid: Plant Growth and Development*. Ppp. 183-247. Springer, Dordrecht.
- Pallanca, J. E., & Smirnoff, N.** (2000). The control of ascorbic acid synthesis and turnover in pea seedlings. *Journal of Experimental Botany*, 51(345), 669-674.
- Pancheva, T. V., Popova, L. P., & Uzunova, A. N.** (1996). Effects of salicylic acid on growth and photosynthesis in barley plants. *Journal of Plant Physiology*, 149(1-2), 57-63.
- Panda, S. K., & Upadhyay, R. K.** (2004). Salt stress injury induces oxidative alterations and antioxidative defence in the roots of *Lemna minor*. *Biologia Plantarum*, 48(2), 249-253.
- Pandey, S., Fartyal, D., Agarwal, A., Shukla, T., James, D., Kaul, T., Negi, Y.K., Aora, S., & Reddy, M. K.** (2017). Abiotic stress tolerance in plants: myriad roles of ascorbate peroxidase. *Frontiers in Plant Science*, 8, 581.
- Pandey, V. P., Awasthi, M., Singh, S., Tiwari, S., & Dwivedi, U. N.** (2017). A comprehensive review on function and application of plant peroxidases. *Biochem Anal Biochem*, 6(1), 308,1-1-16.
- Pareek, S., Sagar, N. A., Sharma, S., Kumar, V., Agarwal, T., González-Aguilar, G. A., & Yahia, E. M.** (2017). Chlorophylls: Chemistry and biological functions. *Fruit and Vegetable Phytochemicals*, 29, 269-284.
- Parida, A. K., & Das, A. B.** (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60(3), 324–349.
- Parida, A. K., Das, A. B., & Mohanty, P.** (2004). Investigations on the antioxidative defence responses to NaCl stress in a mangrove, *Bruguiera parviflora*: differential regulations of isoforms of some antioxidative enzymes. *Plant Growth Regulation*, 42(3), 213-226.
- Parsons, T.R. & J.D.H. Strickland.** (1963). Discussion of spectrophotometric determination of marine pigments, with revised equations for ascertaining chlorophylls and carotenoids. *Journal of Marine Research*, 21: 115-163.
- Parvaiz, A., & Satyawati, S.** (2008). Salt stress and phyto-biochemical responses of plants-a review. *Plant Soil and Environment*, 54(3), 89.
- Pasala, R.K., Khan, M.I.R., Minhas, P.S., Farooq, M.A., Sultana, R., Per, T.S., Deokate, P.P., Khan, N.A., Rane, J.,** 2016: Can plant bioregulators minimize crop productivity losses caused by drought, heat and salinity stress? An integrated review. *J. Appl. Bot. Food Qual.* 89, 113-125.
- Passaia, G., Caverzan, A., Fonini, L. S., Carvalho, F. E. L., Silveira, J. A. G., & Margis-Pinheiro, M.** (2014). Chloroplastic and mitochondrial GPX genes play a critical role in rice development. *Biologia Plantarum*, 58(2), 375-378.

Passaia, G., Fonini, L. S., Caverzan, A., Jardim-Messeder, D., Christoff, A. P., Gaeta, M. L., de Araujo Mariath, J.E.; Margis, R.; & Margis-Pinheiro, M. (2013). The mitochondrial glutathione peroxidase GPX3 is essential for H₂O₂ homeostasis and root and shoot development in rice. *Plant Science*, 208, 93-101.

Passaia, G., Queval, G., Bai, J., Margis-Pinheiro, M., & Foyer, C. H. (2014). The effects of redox controls mediated by glutathione peroxidases on root architecture in *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Experimental Botany*, 65(5), 1403-1413.

Passardi, F., Theiler, G., Zamocky, M., Cosio, C., Rouhier, N., Teixeira, F., .Margis-Pinheiro, M., Ioannidis, V., Penel, C., Falquet, L., & Dunand, C. (2007). PeroxiBase: the peroxidase database. *Phytochemistry*, 68(12), 1605-1611.

Pedranzani, H., Sierra-de-Grado, R., Vigliocco, A., Miersch, O., & Abdala, G. (2007). Cold and water stresses produce changes in endogenous jasmonates in two populations of *Pinus pinaster* Ait. *Plant Growth Regulation*, 52(2), 111–116.

Pektaş, İ. (2009). *Bitki gelişim düzenleyicilerinin antioksidan enzimler üzerindeki etkisinin araştırılması* (Master's thesis, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

Per, T. S., Khan, M. I. R., Anjum, N. A., Masood, A., Hussain, S. J., & Khan, N. A. (2018). Jasmonates in plants under abiotic stresses: Crosstalk with other phytohormones matters. *Environmental and experimental botany*, 145, 104-120.

Pessarakli, M. (2001). Handbook of Plant and Crop Physiology, 2nd Edn. New York: Marcel Dekker Inc., 520–530. doi: 10.1201/9780203908426.

Petropoulos, S. A., Sampaio, S. L., Di Gioia, F., Tzortzakis, N., Rouphael, Y., Kyriacou, M. C., & Ferreira, I. (2019). Grown to be blue—Antioxidant properties and health effects of colored vegetables. Part I: Root vegetables. *Antioxidants*, 8(12), 617.

Pirasteh-Anosheh, H., & Emam, Y. (2018). Modulation of oxidative damage due to salt stress using salicylic acid in *Hordeum vulgare*. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64(9), 1268-1277.

Pirbalouti, A. G., Mirbagheri, H., Hamed, B., & Rahimi, E. (2014). Antibacterial activity of the essential oils of myrtle leaves against *Erysipelothrix rhusiopathiae*. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4, 505–509.

Poor, P., Szopko, D., & Tari, I. (2012). Ionic homeostasis disturbance is involved in tomato cell death induced by NaCl and salicylic acid. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 48(3), 377-382.

Popova, L., Ananieva, E., Hristova, V., Christov, K., Georgieva, K., Alexieva, V., & Stoinova, Z. H. (2003). Salicylic acid-and methyl jasmonate-induced protection on photosynthesis to paraquat oxidative stress. *Bulg J Plant Physiol*, 133, 152.

Przybyla, D., Göbel, C., Imboden, A., Hamberg, M., Feussner, I., & Apel, K. (2008). Enzymatic, but not non-enzymatic, 1O₂-mediated peroxidation of polyunsaturated fatty acids

forms part of the EXECUTER1-dependent stress response program in the flu mutant of *Arabidopsis thaliana*. *The Plant Journal*, 54(2), 236-248.

Pujari, D. S., & Chanda, S. V. (2002). Effect of salinity stress on growth, peroxidase and IAA oxidase activities in vigna seedlings. *Acta Physiologiae Plantarum*, 24(4), 435-439.

Qasim, M., Ashraf, M., Jamil, M. A., Ashraf, M. Y., & RHA, E. S. (2003). Water relations and leaf gas exchange properties in some elite canola (*Brassica napus*) lines under salt stress. *Annals of Applied Biology*, 142(3), 307-316.

Qiu, Z., Guo, J., Zhu, A., Zhang, L., & Zhang, M. (2014). Exogenous jasmonic acid can enhance tolerance of wheat seedlings to salt stress. *Ecotoxicology and Environmental safety*, 104, 202-208.

Quan, L. J., Zhang, B., Shi, W. W., & Li, H. Y. (2008). Hydrogen peroxide in plants: a versatile molecule of the reactive oxygen species network. *Journal of Integrative Plant Biology*, 50(1), 2-18.

Raghavendra, A. S., Gonugunta, V. K., Christmann, A., & Grill, E. (2010). ABA perception and signalling. *Trends in Plant Science*, 15(7), 395-401.

Raja, V., Majeed, U., Kang, H., Andrabi, K. I., & John, R. (2017). Abiotic stress: Interplay between ROS, hormones and MAPKs. *Environmental and Experimental Botany*, 137, 142–157.

Ramos, J., Matamoros, M. A., Naya, L., James, E. K., Rouhier, N., Sato, S., Tabata, S.; & Becana, M. (2009). The glutathione peroxidase gene family of *Lotus japonicus*: characterization of genomic clones, expression analyses and immunolocalization in legumes. *New Phytologist*, 181(1), 103-114.

Randhir, R., Lin, Y. T., & Shetty, K. (2004). Stimulation of phenolics, antioxidant and antimicrobial activities in dark germinated mung bean sprouts in response to peptide and phytochemical elicitors. *Process Biochemistry*, 39(5), 637-646.

Rao & Pathak (1989). *Indian J. Hart*. 6(2): 99-102.

Rao, M. V., & Davis, K. R. (1999). Ozone-induced cell death occurs via two distinct mechanisms in *Arabidopsis*: the role of salicylic acid. *The Plant Journal*, 17(6), 603-614.

Rao, M. V., Lee, H. I., Creelman, R. A., Mullet, J. E., & Davis, K. R. (2000). Jasmonic acid signaling modulates ozone-induced hypersensitive cell death. *The Plant Cell*, 12(9), 1633-1646.

Rao, M. V., Paliyath, G., Ormrod, D. P., Murr, D. P., & Watkins, C. B. (1997). Influence of salicylic acid on H₂O₂ production, oxidative stress, and H₂O₂-metabolizing enzymes (salicylic acid-mediated oxidative damage requires H₂O₂). *Plant Physiology*, 115(1), 137-149.

Raskin, I. (1992). Role of salicylic acid in plants. *Annual Review of Plant Biology*, 43(1), 439-463.

Raskin, I., Turner I. M. & Melander, W. R. (1989). Regulation of heat production in the inflorescences of an *Arum lily* by endogenous salicylic acid, *Proc. Natl. Acad. Sci., USA*, 86,2214–2218.

Rengasamy, P. (2010). Soil processes affecting crop production in salt-affected soils. *Functional Plant Biology*, 37(7), 613–620.

Reniere, M. L., Whiteley, A. T., Hamilton, K. L., John, S. M., Lauer, P., Brennan, R. G., & Portnoy, D. A. (2015). Glutathione activates virulence gene expression of an intracellular pathogen. *Nature*, 517(7533), 170-173.

Richards, L.A. (1954). Origin and nature of saline and alkali soils. pp, 1-6. In: Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agricultural Handbook No: 60, USDA, Washigton, D.C., USA.

Riemann, M., Dhakarey, R., Hazman, M., Miro, B., Kohli, A., & Nick, P. (2015). Exploring jasmonates in the hormonal network of drought and salinity responses. *Frontiers in Plant Science*, 6, 1077

Riemann, M., Dhakarey, R., Hazman, M., Miro, B., Kohli, A., & Nick, P. (2015). Exploring jasmonates in the hormonal network of drought and salinity responses. *Frontiers in Plant Science*, 6, 1077.

Rivas-San Vicente, M., & Plasencia, J. (2011). Salicylic acid beyond defence: its role in plant growth and development. *Journal of Experimental Botany*, 62(10), 3321-3338.

Robert-Seilaniantz, A., Navarro, L., Bari, R., & Jones, J. D. (2007). Pathological hormone imbalances. *Current Opinion in Plant Biology*, 10(4), 372-379.

Rodriguez-Serrano, M., Romero-Puertas, M. C., Pazmino, D. M., Testillano, P. S., Risueño, M. C., Del Río, L. A., & Sandalio, L. M. (2009). Cellular response of pea plants to cadmium toxicity: cross talk between reactive oxygen species, nitric oxide, and calcium. *Plant Physiology*, 150(1), 229-243.

Rodriguez-Navarro, A. (2000). Potassium transport in fungi and plants. *Biochimica et Biophysica Acta, Reviews on Biomembranes*, 1469(1), 1-30.

Roxas, V. P., Lodhi, S. A., Garrett, D. K., Mahan, J. R., & Allen, R. D. (2000). Stress tolerance in transgenic tobacco seedlings that overexpress glutathione S-transferase/glutathione peroxidase. *Plant and Cell Physiology*, 41(11), 1229-1234.

Roxas, V. P., Smith, R. K., Allen, E. R., & Allen, R. D. (1997). Overexpression of glutathione S-transferase/glutathioneperoxidase enhances the growth of transgenic tobacco seedlings during stress. *Nature Biotechnology*, 15(10), 988-991.

Roy, S., & Chowdhury, N. (2020). Salt stress in plants and amelioration strategies: A Critical Review. *Abiotic Stress in Plants*. 1–32.

Ryu, H., & Cho, Y. G. (2015). Plant hormones in salt stress tolerance. *Journal of Plant Biology*, 58(3), 147–155.

Sadali, N. M., Sowden, R. G., Ling, Q., & Jarvis, R. P. (2019). Differentiation of chromoplasts and other plastids in plants. *Plant Cell Reports*, 38(7), 803-818.

Saed-Moucheshi, A., Pakniyat, H., Pirasteh-Anosheh, H., & Azooz, M. M. (2014). Role of ROS as signaling molecules in plants. In *Oxidative damage to plants* (pp. 585-620). Academic Press.

Saeidnejad, A. H., Mardani, H., & Naghibolghora, M. (2012). Protective effects of salicylic acid on physiological parameters and antioxidants response in maize seedlings under salinity stress. *J. Appl. Environ. Biol. Sci*, 2(8), 364-373.

Safdar, H., Amin, A., Shafiq, Y., Ali, A., Yasin, R., Shoukat, A., Hussan M. U. & Sarwar, M. I. (2019). A review: Impact of salinity on plant growth. *Nat. Sci*, 17(1), 34-40.

Sairam, R. K. & Tyagi, A. (2004). Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. *Curr. Sci.*, 86: 407-421.

Sairam, R. K., Rao, K. V., & Srivastava, G. C. (2002). Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. *Plant Science*, 163(5), 1037-1046.

Samadi, S., Habibi, G., & Vaziri, A. (2019). Effects of exogenous salicylic acid on antioxidative responses, phenolic metabolism and photochemical activity of strawberry under salt stress. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 9(2), 2685-2694.

Santino, A., Taurino, M., De Domenico, S., Bonsegna, S., Poltronieri, P., Pastor, V., & Flors, V. (2013). Jasmonate signaling in plant development and defense response to multiple (a) biotic stresses. *Plant Cell Reports*, 32(7), 1085-1098.

Savvas, D., & Lenz, F. (2000). Effects of NaCl or nutrient-induced salinity on growth, yield, and composition of eggplants grown in rockwool. *Scientia Horticulturae*, 84(1-2), 37-47.

Schaller, M. (2011). The behavioural immune system and the psychology of human sociality. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366(1583), 3418-3426.

Schwartz, S. H., Qin, X., & Loewen, M. C. (2004). The biochemical characterization of two carotenoid cleavage enzymes from *Arabidopsis* indicates that a carotenoid-derived compound inhibits lateral branching. *Journal of Biological Chemistry*, 279(45), 46940-46945.

Seckin-Dinler, B., Tasci, E., Sarisoy, U., & Gul, V. (2018). The cooperation between methyl jasmonate and salicylic acid to protect soybean (*Glycine max* L.) from salinity. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(3), 1618-1626.

Seminario, A., Song, L., Zulet, A., Nguyen, H. T., González, E. M., & Larrainzar, E. (2017). Drought stress causes a reduction in the biosynthesis of ascorbic acid in soybean plants. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1042.

Seo, H. S., Song, J. T., Cheong, J. J., Lee, Y. H., Lee, Y. W., Hwang, I., Lee, J. S., & Do Choi, Y. (2001). Jasmonic acid carboxyl methyltransferase: a key enzyme for jasmonate-regulated plant responses. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(8), 4788–4793.

Seo, M., & Koshiba, T. (2002). Complex regulation of ABA biosynthesis in plants. *Trends in plant science*, 7(1), 41-48.

Serrano, R., Mulet, J. M., Rios, G., Marquez, J. A., De Larrinoa, I. F., Leube, M. P., Mendizabal, I., Pascual-Ahuir, A., Proft, M., Ros, R. & Montesinos, C. (1999). A glimpse of the mechanisms of ion homeostasis during salt stress. *Journal of Experimental Botany*, 1023-1036.

Seyfferth, C., & Tsuda, K. (2014). Salicylic acid signal transduction: the initiation of biosynthesis, perception and transcriptional reprogramming. *Frontiers in Plant Science*, 5, 697.

Sezer, K., & Keskin, M. (2014). Serbest oksijen radikallerinin hastalıkların patogenezisindeki rolü. *FÜ Sağ. Bil. Vet. Dergisi*, 28(1), 49-56.

Shah, J., Chaturvedi, R., Chowdhury, Z., Venables, B., & Petros, R. A. (2014). Signaling by small metabolites in systemic acquired resistance. *The Plant Journal*, 79(4), 645-658.

Shah, Z. H., Rehman, H. M., Akhtar, T., Daur, I., Nawaz, M. A., Ahmad, M. Q., Rana, I. A., Atif, R. M., Yang, S. H., & Chung, G. (2017). Redox and ionic homeostasis regulations against oxidative, salinity and drought stress in wheat (a systems biology approach). *Frontiers in Genetics*, 8, 141.

Shah, F., Nie, L., Cui, K., Shah, T., Wu, W., Chen, C., Zhu, L., Ali, F., Fahad, S., & Huang, J. (2014). Rice grain yield and component responses to near 2°C of warming. *Field Crops Research*. 157:98-110. DOI: 10.1016/j. fcr.2013.12.014.

Shakirova, F. M., Sakhabutdinova, A. R., Bezrukova, M. V., Fatkhutdinova, R. A., & Fatkhutdinova, D. R. (2003). Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science*, 164(3), 317-322.

Shalata, A., Mittova, V., Volokita, M., Guy, M., & Tal, M. (2001). Response of the cultivated tomato and its wild salt-tolerant relative *Lycopersicon pennellii* to salt-dependent oxidative stress: The root antioxidative system. *Physiologia Plantarum*, 112(4), 487–494.

Sharma, P. (2014). Salicylic acid: a novel plant growth regulator – role in physiological processes and abiotic stresses under changing environments. - In: Tuteja, N., Gill, S.S. (ed.): *Climate Change and Plant Abiotic Stress Tolerance*. Pp. 939-990. Wiley, Weinheim.

Sharma, P., Jha, A. B., Dubey, R. S., & Pessarakli, M. (2012). Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. *Journal of Botany*, 1-26.

Sharma, Y. K., León, J., Raskin, I., & Davis, K. R. (1996). Ozone-induced responses in *Arabidopsis thaliana*: the role of salicylic acid in the accumulation of defense-related transcripts and induced resistance. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93(10), 5099-5104.

Sharp, R. E., Hsiao, T. C., & Silk, W. K. (1990). Growth of the maize primary root at low water potentials: II. Role of growth and deposition of hexose and potassium in osmotic adjustment. *Plant Physiology*, 93(4), 1337–1346.

Sheteiwy, M. S., Shao, H., Qi, W., Daly, P., Sharma, A., Shaghaleh, H., Hamoud Y. A., El-Esawi M.A., Pan, R., Wana, Q., & Lu, H. (2021). Seed priming and foliar application with jasmonic acid enhance salinity stress tolerance of soybean (*Glycine max* L.) seedlings. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(5), 2027-2041.

Shigeoka, S., Ishikawa, T., Tamoi, M., Miyagawa, Y., Takeda, T., Yabuta, Y., & Yoshimura, K. (2002). Regulation and function of ascorbate peroxidase isoenzymes. *Journal of Experimental Botany*, 53(372), 1305-1319.

Shin, Y. K., Bhandari, S. R., Jo, J. S., Song, J. W., Cho, M. C., Yang, E. Y., & Lee, J. G. (2020). Response to salt stress in lettuce: changes in chlorophyll fluorescence parameters, phytochemical contents, and antioxidant activities. *Agronomy*, 10(11), 1627.

Shu, K., Qi, Y., Chen, F., Meng, Y., Luo, X., Shuai, H., Zhou, W., Ding, J., Du, J., Liu, J., Yang, F., Wang, Q., Liu, W., Yong, T., Wang, X., Feng, Y. & Yang, W. (2017). Salt stress represses soybean seed germination by negatively regulating GA biosynthesis while positively mediating ABA biosynthesis. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1372.

Sibole, J. V., Montero, E., García, C., Cabot, C., Poschenrieder, C., & Barceló, J. (2001). Stomatal regulation by ABA in short-term salt-treated *Phaseolus vulgaris*. In *Nutrición Mineral en una Agricultura Mediterránea Sostenible* (pp. 111-113).

Siefermann-Harms, D. (1987). The light-harvesting and protective functions of carotenoids in photosynthetic membranes. *Physiologia Plantarum*, 69(3), 561-568.

Siva, G., Sivakumar, S., Kumar, G. P., Vigneswaran, M., Vinoth, S., Selvan, A. M., Ahamed, A. P., Manivannan, K., Kumar, R. R., Thajuddin, N., Kumar, T. S., & Jayabalan, N. (2015). Optimization of elicitation condition with jasmonic acid, characterization and antimicrobial activity of psoralen from direct regenerated plants of *Psoralea corylifolia* L. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 4(4), 624–631.

Sleator, R. D., & Hill, C. (2002). Bacterial osmoadaptation: the role of osmolytes in bacterial stress and virulence. *FEMS Microbiology Reviews*, 26(1), 49-71.

Smillie, R. M., & Scott, N. S. (1969). Organelle biosynthesis: The chloroplast. In: Hahn FE (ed). *In Progress in Molecular and Subcellular Biology* (pp. 136-202). Springer, Berlin, Heidelberg.

Smirnoff N. (2005). Ascorbate, Tocopherol and Carotenoids: Metabolism, Pathway Engineering and Functions. In: Smirnoff N, ed. *Antioxidants and Reactive Oxygen Species in Plants*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 53-86.

Smirnoff, N. (1996). Botanical briefing: the function and metabolism of ascorbic acid in plants. *Annals of botany*, 78(6), 661-669.

Smirnoff, N. (2000). Ascorbic acid: metabolism and functions of a multi-faceted molecule. *Current Opinion in Plant Biology*, 3(3), 229-235.

Smirnoff, N., & Pallanca, J. E. (1996). Ascorbate metabolism in relation to oxidative stress. *Biochemical Society Transactions*, 24(2), 472-478.

Smith, I. K., Vierheller, T. L., & Thorne, C. A. (1989). Properties and functions of glutathione reductase in plants. *Physiologia Plantarum*, 77(3), 449-456.

Smoleń, S., Lukasiewicz, A., Klimek-Chodacka, M., & Baranski, R. (2020). Effect of Soil Salinity and Foliar Application of Jasmonic Acid on Mineral Balance of Carrot Plants Tolerant and Sensitive to Salt Stress. *Agronomy*, 10(5), 659.

Sofo, A., Scopa, A., Nuzzaci, M., & Vitti, A. (2015). Ascorbate peroxidase and catalase activities and their genetic regulation in plants subjected to drought and salinity stresses. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(6), 13561-13578.

Soliman, M. H., Alayafi, A. A., El Kelish, A. A., & Abu-Elsaoud, A. M. (2018). Acetylsalicylic acid enhance tolerance of *Phaseolus vulgaris* L. to chilling stress, improving photosynthesis, antioxidants and expression of cold stress responsive genes. *Botanical Studies*, 59(1), 1-17.

Song, J. T., Koo, Y. J., Seo, H. S., Kim, M. C., Do Choi, Y., & Kim, J. H. (2008). Overexpression of AtSGT1, an Arabidopsis salicylic acid glucosyltransferase, leads to increased susceptibility to *Pseudomonas syringae*. *Phytochemistry*, 69(5), 1128-1134.

Song, J. T., Seo, H. S., Song, S. I., Lee, J. S., & Do Choi, Y. (2000). NTR1 encodes a floral nectary-specific gene in *Brassica campestris* L. ssp. *Pekinensis*. *Plant Molecular Biology*, 42(4), 647-655.

Souri, M. K., & Tohidloo, G. (2019). Effectiveness of different methods of salicylic acid application on growth characteristics of tomato seedlings under salinity. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 6(1), 1-7.

Soussi, M., Santamaria, M., Ocana, A., & Lluch, C. (2001). Effects of salinity on protein and lipopolysaccharide pattern in a salt-tolerant strain of *Mesorhizobium ciceri*. *Journal of Applied Microbiology*, 90(3), 476-481.

Sreenivasulu, N., Miranda, M., Prakash, H. S., Wobus, U., & Weschke, W. (2004). Transcriptome changes in foxtail millet genotypes at high salinity: Identification and characterization of a PHGPX gene specifically up-regulated by NaCl in a salt-tolerant line. *Journal of Plant Physiology*, 161(4), 467-477.

Steduto P, Albrizio R, Giorio P, & Sorrentino G. (2000). Gas-exchange response and stomatal and non-stomatal limitations to carbon assimilation of sunflower under salinity. *Environ Exp Bot* 44: 243-255.

Stepien, P., & Johnson, G. N. (2009). Contrasting responses of photosynthesis to salt stress in the glycophyte *Arabidopsis* and the halophyte *Thellungiella*: role of the plastid terminal oxidase as an alternative electron sink. *Plant Physiology*, 149(2), 1154-1165.

Stevens, J., Senaratna, T., & Sivasithamparam, K. (2006). Salicylic acid induces salinity tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Roma): associated changes in gas exchange, water relations and membrane stabilisation. *Plant Growth Regulation*, 49(1), 77-83.

Stintzi, A. (2000). The Arabidopsis male-sterile mutant, opr3, lacks the 12-oxophytodienoic acid reductase required for jasmonate synthesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(19), 10625-10630.

Su, G. X., & Bai, X. (2008). Contribution of putrescine degradation to proline accumulation in soybean leaves under salinity. *Biologia plantarum*, 52(4), 796-799.

Sudhakar, C., Lakshmi, A., & Giridarakumar, S. (2001). Changes in the antioxidant enzyme efficacy in two high yielding genotypes of mulberry (*Morus alba* L.) under NaCl salinity. *Plant Science*, 161(3), 613-619.

Sudhakar, P., Latha, P., & Reddy, P. V. (2016). Phenotyping crop plants for physiological and biochemical traits. Academic Press. 1-172.

Sultan, S. M., Mohamed, F. M., Gamal, H. A., & Mohamed, S. S. E. (2016). Growth and yield of cucumber plants derived from seeds pretreated with salicylic acid. *Journal of Biological Chemistry and Environmental Sciences*, 11(1), 541-61.

Sultana, N., Ikeda, T., & Itoh, R. (1999). Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. *Environmental and Experimental Botany*, 42(3), 211-220.

Sun, T., Yuan, H., Cao, H., Yazdani, M., Tadmor, Y., & Li, L. (2018). Carotenoid metabolism in plants: the role of plastids. *Molecular plant*, 11(1), 58-74.

Szepesi, A., Csiszar, J., Gemes, K., Horvath, E., Horvath, F., Simon, M. L., & Tari, I. (2009). Salicylic acid improves acclimation to salt stress by stimulating abscisic aldehyde oxidase activity and abscisic acid accumulation, and increases Na⁺ content in leaves without toxicity symptoms in *Solanum lycopersicum* L. *Journal of Plant Physiology*, 166(9), 914-925.

Szpunar-Krok, E., Jańczak-Pieniążek, M., Skrobacz, K., Bobrecka-Jamro, D., & Balawejder, M. (2020). Response of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Plants to spraying by hydrogen peroxide. *Sustainability*, 12(6), 2469.

Taffouo, V. D., Nouck, A. E., Nyemene, K. P., Tonfack, B., Meguekam, T. L., & Youmbi, E. (2017). Effects of salt stress on plant growth, nutrient partitioning, chlorophyll content, leaf relative water content, accumulation of osmolytes and antioxidant compounds in pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 45(2), 481-490.

Tahjib-Ul-Arif, M., Siddiqui, M. N., Sohag, A. A. M., Sakil, M. A., Rahman, M. M., Polash, M. A. S., Mostofa, M.G., & Tran, L. S. P. (2018). Salicylic acid-mediated enhancement of photosynthesis attributes and antioxidant capacity contributes to yield improvement of maize plants under salt stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, 37(4), 1318-1330.

Taji, T., Ohsumi, C., Iuchi, S., Seki, M., Kasuga, M., Kobayashi, M., Yamaguchi-Shinozaki, K., & Shinozaki, K. (2002). Important roles of drought-and cold-inducible genes for galactinol synthase in stress tolerance in *Arabidopsis thaliana*. *The Plant Journal*, 29(4), 417–426.

Takahashi, M. A., & Asada, K. (1983). Superoxide anion permeability of phospholipid membranes and chloroplast thylakoids. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 226(2), 558-566.

Talbi Zribi, O., Slama, I., Trabelsi, N., Hamdi, A., Smaoui, A., & Abdelly, C. (2018). Combined effects of salinity and phosphorus availability on growth, gas exchange, and nutrient status of *Catapodium rigidum*. *Arid Land Research and Management*, 32(3), 277-290.

Talei, D., Kadir, M. A., Yusop, M. K., Valdiani, A., & Abdullah, M. P. (2012). Salinity effects on macro and micronutrients uptake in medicinal plant King of Bitters (*Andrographis paniculata* Nees.). *Plant Omics Journal*, 3(5), 271-278.

Tanaka, Y., Sasaki, N., & Ohmiya, A. (2008). Biosynthesis of plant pigments: anthocyanins, betalains and carotenoids. *The Plant Journal*, 54(4), 733-749.

Tang, X., Mu, X., Shao, H., Wang, H., & Brestic, M. (2015). Global plant-responding mechanisms to salt stress: physiological and molecular levels and implications in biotechnology. *Critical Reviews in Biotechnology*, 35(4), 425–437.

Tausz, M., Sircelj, H., & Grill, D. (2004). The glutathione system as a stress marker in plant ecophysiology: is a stress-response concept valid?. *Journal of experimental botany*, 55(404), 1955-1962.

Temel, Y., Bozkuş, T., & Çiftçi, M. (2017). Glutatyon Redüktaz (GR) Enziminin Japon Bildircin (*Coturnix coturnix japonica*) Eritrositlerinden Saflaştırılması ve Karakterizasyonu. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 7(3), 143-150.

Temple, M. D., Perrone, G. G., & Dawes, I. W. (2005). Complex cellular responses to reactive oxygen species. *Trends in Cell Biology*, 15(6), 319-326.

Termaat, A., Passioura, J. B., & Munns, R. (1985). Shoot turgor does not limit shoot growth of NaCl-affected wheat and barley. *Plant Physiology*, 77(4), 869-872.

Tester, M., & Davenport, R. (2003). Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Annals of Botany*, 91(5), 503–527.

Tester, M., & Langridge, P. (2010). Breeding technologies to increase crop production in a changing world. *Science*, 327(5967), 818–822.

Tewari, R. K., Kumar, P., & Sharma, P. N. (2006). Antioxidant responses to enhanced generation of superoxide anion radical and hydrogen peroxide in the copper-stressed mulberry plants. *Planta*, 223(6), 1145-1153.

Thomas, C. E., McLean, L. R., Parker, R. A., & Ohlweiler, D. F. (1992). Ascorbate and phenolic antioxidant interactions in prevention of liposomal oxidation. *Lipids*, 27(7), 543-550.

Toksoy Köseoğlu, S. (2019). Tuz Stresi Altındaki Mısır (*Zea mays* L.) bitkisinde salisilik asit uygulamalarının fizyolojik ve biyokimyasal etkisinin araştırılması, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Türkiye.

Ton, J., Flors, V., & Mauch-Mani, B. (2009). The multifaceted role of ABA in disease resistance. *Trends in plant science*, 14(6), 310-317.

Torsethaugen, G., Pitcher, L. H., Zilinskas, B. A., & Pell, E. J. (1997). Overproduction of ascorbate peroxidase in the tobacco chloroplast does not provide protection against ozone. *Plant Physiology*, 114(2), 529-537.

Torun, H., Novak, O., Mikulík, J., Pencík, A., Strnad, M., & Ayaz, F. A. (2020). Timing-dependent effects of salicylic acid treatment on phytohormonal changes, ROS regulation, and antioxidant defense in salinized barley (*Hordeum vulgare* L.). *Scientific Reports*, 10(1), 1-17.

Tripathi, S. B., Gurumurthi, K., Panigrahi, A. K., & Shaw, B. P. (2007). Salinity induced changes in proline and betaine contents and synthesis in two aquatic macrophytes differing in salt tolerance. *Biologia Plantarum*, 51(1), 110-115.

Trovato, M., Mattioli, R., & Costantino, P. (2008). Multiple roles of proline in plant stress tolerance and development. *Rendiconti Lincei*, 19(4), 325-346.

Truffault, V., Fry, S. C., Stevens, R. G., & Gautier, H. (2017). Ascorbate degradation in tomato leads to accumulation of oxalate, threonate and oxalyl threonate. *The Plant Journal*, 89(5), 996-1008.

Tsonev, T. D., Lazova, G. N., Stoinova, Z. G., & Popova, L. P. (1998). A possible role for jasmonic acid in adaptation of barley seedlings to salinity stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, 17(3), 153-159.

Tsukada, K., Takahashi, K., & Nabeta, K. (2010). Biosynthesis of jasmonic acid in a plant pathogenic fungus, *Lasiodiplodia theobromae*. *Phytochemistry*, 71(17-18), 2019-2023.

Tunçturk, M., Tunçturk, R., & Yasar, F. (2008). Changes in micronutrients, dry weight and plant growth of soybean (*Glycine max* L. Merrill) cultivars under salt stress. *African Journal of Biotechnology*, 7(11).

Tungmunthum, D., Thongboonyou, A., Pholboon, A., & Yangsabai, A. (2018). Flavonoids and other phenolic compounds from medicinal plants for pharmaceutical and medical aspects: An overview. *Medicines*, 5(3), 93.

Turhan, E., & Eris, A. (2005). Changes of micronutrients, dry weight, and chlorophyll contents in strawberry plants under salt stress conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36(7-8), 1021-1028.

Türkyılmaz, B., Aktaş, L. Y., & Güven, A. (2005). Phaseolus vulgaris L.'de salisilik asit uyarımlı bazı fizyolojik ve biyokimyasal değişimler. *FÜ Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(2), 319-326.

Tyagi, S., Sembi, J. K., & Upadhyay, S. K. (2018). Gene architecture and expression analyses provide insights into the role of glutathione peroxidases (GPXs) in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Plant Physiology*, 223, 19-31.

Unno, H., Maeda, Y., Yamamoto, S., Okamoto, M., & Takenaga, H. (2002). Relationship between salt tolerance and Ca²⁺ retention among plant species. *Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition (Japan)*, 73(6), 715-718.

Uppalapati, S. R., Ishiga, Y., Wangdi, T., Kunkel, B. N., Anand, A., Mysore, K. S., & Bender, C. L. (2007). The phytotoxin coronatine contributes to pathogen fitness and is required for suppression of salicylic acid accumulation in tomato inoculated with *Pseudomonas syringae* pv. tomato DC3000. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 20(8), 955-965.

Ursini, F., Maiorino, M., Brigelius-Flohe R., Aumann K.D., Roveri, A., Schomburg, D., & Flohe, L. (1995). Diversity of glutathione peroxidases. *Methods Enzymol* 252: 38–53.
Uygulamalarının Fizyolojik ve Biyokimyasal Etkisinin Araştırılması (Doktora tezi). Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

Vaidyanathan, H., Sivakumar, P., Chakrabarty, R., & Thomas, G. (2003). Scavenging of reactive oxygen species in NaCl-stressed rice (*Oryza sativa* L.) differential response in salt-tolerant and sensitive varieties. *Plant Science*, 165(6), 1411–1418.

Vanderauwera, S., Suzuki, N., Miller, G., Van De Cotte, B., Morsa, S., Ravanat, J. L., Hegie, A., Triantaphylides, C., Shulaev, V., Montagu, M.C.E.V., Breusegem, F.V., & Mittler, R. (2011). Extranuclear protection of chromosomal DNA from oxidative stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(4), 1711-1716.

Vanderauwera, S., Vandenbroucke, K., Inzé, A., Van De Cotte, B., Mühlenbock, P., De Rycke, R., Naouar, N.; van Gaever, T.; van Montagu, M.C. & Van Breusegem, F. (2012). AtWRKY15 perturbation abolishes the mitochondrial stress response that steers osmotic stress tolerance in Arabidopsis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(49), 20113-20118.

Velderrain-Rodríguez, G. R., Palafox-Carlos, H., Wall-Medrano, A., Ayala-Zavala, J. F., Chen, C. O., Robles-Sánchez, M., Astiazaran-García, H., Alvarez-Parrilla, E & González-Aguilar, G. A. (2014). Phenolic compounds: their journey after intake. *Food & Function*, 5(2), 189-197.

Velitchkova, M., & Fedina, I. (1998). Response of photosynthesis of *Pisum sativum* to salt stress as affected by methyl jasmonate. *Photosynthetica*, 35(1), 89–97.

Verbruggen, N., & Hermans, C. (2008). Proline accumulation in plants: a review. *Amino acids*, 35(4), 753-759.

Verma, V., Ravindran, P., & Kumar, P. P. (2016). Plant hormone-mediated regulation of stress responses. *BMC Plant Biology*, 16(1), 1–10.

Vinocur, B. & Altman, A., (2005). Recent advances in engineering plant tolerance to abiotic stress: achievements and limitations. *Current Opinion in Biotechnology*, 16, 123–132.

Wan, D., Li, R., Zou, B., Zhang, X., Cong, J., Wang, R., Xia Y, & Li, G. (2012). Calmodulin-binding protein CBP60g is a positive regulator of both disease resistance and drought tolerance in Arabidopsis. *Plant Cell Reports*, 31(7), 1269-1281.

Wang, C., El-Shetehy, M., Shine, M. B., Yu, K., Navarre, D., Wendehenne, D., Kachroo, A., & Kachroo, P. (2014). Free radicals mediate systemic acquired resistance. *Cell Reports*, 7(2), 348-355.

Wang, X., Sager, R., Cui, W., Zhang, C., Lu, H., & Lee, J. Y. (2013). Salicylic acid regulates plasmodesmata closure during innate immune responses in Arabidopsis. *The Plant Cell*, 25(6), 2315-2329.

Wang, Y., Mopper, S., & Hasenstein, K. H. (2001). Effects of salinity on endogenous ABA, IAA, JA, and SA in *Iris hexagona*. *Journal of Chemical Ecology*, 27(2), 327–342.

Wani, A. S., Ahmad, A., Hayat, S., & Fariduddin, Q. (2013). Salt-induced modulation in growth, photosynthesis and antioxidant system in two varieties of *Brassica juncea*. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 20(2), 183-193.

Wani, S. H., Kumar, V., Shriram, V., & Sah, S. K. (2016). Phytohormones and their metabolic engineering for abiotic stress tolerance in crop plants. *The Crop Journal*, 4(3), 162–176.

Wasternack, C., & Hause, B. (2002). Jasmonates and octadecanoids: signals in plant stress responses and development. *Prog. Nucleic Acid Res. Mol. Biol.*, 72: 165–221.

Wasternack, C., & Parthier, B. (1997). Jasmonate-signalled plant gene expression. *Trends in Plant Science*, 2(8), 302–307.

Wei, S., Hannoufa, A., Soroka, J., Xu, N., Li, X., Zebarjadi, A., & Gruber, M. (2011). Enhanced β -ionone emission in Arabidopsis over-expressing AtCCD1 reduces feeding damage in vivo by the crucifer flea beetle. *Environmental Entomology*, 40(6), 1622-1630.

Wei, W., Bilsborrow, P. E., Hooley, P., Fincham, D. A., Lombi, E., & Forster, B. P. (2003). Salinity induced differences in growth, ion distribution and partitioning in barley between the cultivar Maythorpe and its derived mutant Golden Promise. *Plant and Soil*, 250(2), 183–191.

Weidhase, R. A., Lehmann, J., Kramell, H., Sembdner, G., & Parthier, B. (1987). Degradation of ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase and chlorophyll in senescing barley leaf segments triggered by jasmonic acid methylester, and counteraction by cytokinin. *Physiologia Plantarum*, 69(1), 161-166.

Wendehenne, D., Gao, Q. M., Kachroo, A., & Kachroo, P. (2014). Free radical-mediated systemic immunity in plants. *Current Opinion in Plant Biology*, 20, 127-134.

Whatley, J. M. (1978). A suggested cycle of plastid developmental interrelationships. *New Phytologist*, 80(3), 489-502.

Wildermuth, M. C., Dewdney, J., Wu, G., & Ausubel, F. M. (2001). Isochorismate synthase is required to synthesize salicylic acid for plant defence. *Nature*, 414(6863), 562-565.

Willekens, H., Chamnongpol, S., Davey, M., Schraudner, M., Langebartels, C., Van Montagu, M., Inze, D., & Van Camp, W. (1997). Catalase is a sink for H₂O₂ and is indispensable for stress defence in C3 plants. *The EMBO journal*, 16(16), 4806-4816.

Wise, R. R. (2007). The diversity of plastid form and function. In: Wise RR, Hooper JK (eds). In *The structure and function of plastids*. Advances in photosynthesis and respiration (pp. 3-26). Springer, Dordrecht.

Wulandhari, L. A., Gunawan, A. A. S., Qurania, A., Harsani, P., Tarawan, T. F., & Hermawan, R. F. (2019). Plant nutrient deficiency detection using deep convolutional neural network. *ICIC Express Letters*, 13(10), 971-977.

Xiong, L., Schumaker, K. S., & Zhu, J. K. (2002). Cell signaling during cold, drought, and salt stress. *The Plant Cell*, 14(suppl_1), S165-S183.

Xu, J., Xing, X. J., Tian, Y. S., Peng, R. H., Xue, Y., Zhao, W., & Yao, Q. H. (2015). Transgenic Arabidopsis plants expressing tomato glutathione S-transferase showed enhanced resistance to salt and drought stress. *PloS one*, 10(9), e0136960.1-16.

Yadav, S., Irfan, M., Ahmad, A., & Hayat, S. (2011). Causes of salinity and plant manifestations to salt stress: a review. *Journal of Environmental Biology*, 32(5), 667.

Yalpani, N., León, J., Lawton, M. A., & Raskin, I. (1993). Pathway of salicylic acid biosynthesis in healthy and virus-inoculated tobacco. *Plant Physiology*, 103(2), 315-321.

Yang, G., Yu, Z., Gao, L., & Zheng, C. (2019). SnRK2s at the crossroads of growth and stress responses. *Trends in Plant Science*, 24(8), 672-676.

Yang, Z., Zhang, Z., Zhang, T., Fahad, S., Cui, K., Nie, L., et al. (2017). The effect of season-long temperature increases on rice cultivars grown in the central and southern regions of China. *Frontiers in Plant Science*. 8:1908. DOI: 10.3389/fpls.2017.01908.

Yıldız, M., Terzi, H., & Akçalı, N. (2014). Bitki Tuz Stresi Toleransında Salisilik Asit ve Poliaminler. *Afyon Kocatepe University Journal of Science & Engineering*, 14(2).

Yigit, E., Akbulut, G. B., Bayram, D., Kaya, A., & Gok, Y. (2016). Effect of salicylic acid and selenium on antioxidant system of *Avena sativa* L. under fenoxaprop-p-ethyl stress. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(3), 874-884.

Yoon, J. Y., Hamayun, M., Lee, S. K., & Lee, I. J. (2009). Methyl jasmonate alleviated salinity stress in soybean. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 12(2), 63-68.

Yu, Z., Duan, X., Luo, L., Dai, S., Ding, Z., & Xia, G. (2020). How plant hormones mediate salt stress responses. *Trends in Plant Science*.

Yu, Z., Zhang, D., Xu, Y., Jin, S., Zhang, L., Zhang, S., Yang, G., Huang, J., Yan, K., Wu, C., & Zheng, C. (2019). CEPR2 phosphorylates and accelerates the degradation of PYR/PYLs in Arabidopsis. *Journal of Experimental Botany*, 70(19), 5457–5469.

Zeevaart, J. A., & Creelman, R. A. (1988). Metabolism and physiology of abscisic acid. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 39(1), 439-473.

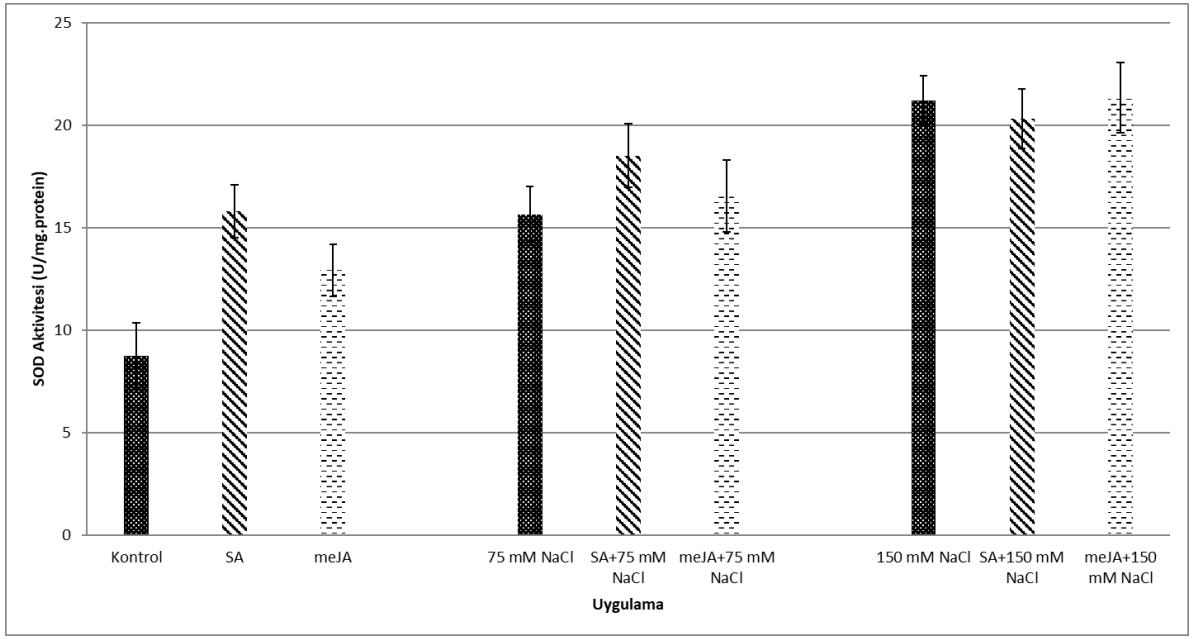
Zhai, C. Z., Zhao, L., Yin, L. J., Chen, M., Wang, Q. Y., Li, L. C., Xu, Z. H., & Ma, Y. Z. (2013). Two wheat glutathione peroxidase genes whose products are located in chloroplasts improve salt and H₂O₂ tolerances in Arabidopsis. *PloS one*, 8(10), e73989.

Zhang, Z., Li, Q., Li, Z., Staswick, P. E., Wang, M., Zhu, Y., & He, Z. (2007). Dual regulation role of GH3. 5 in salicylic acid and auxin signaling during Arabidopsis-Pseudomonas syringae interaction. *Plant Physiology*, 145(2), 450-464.

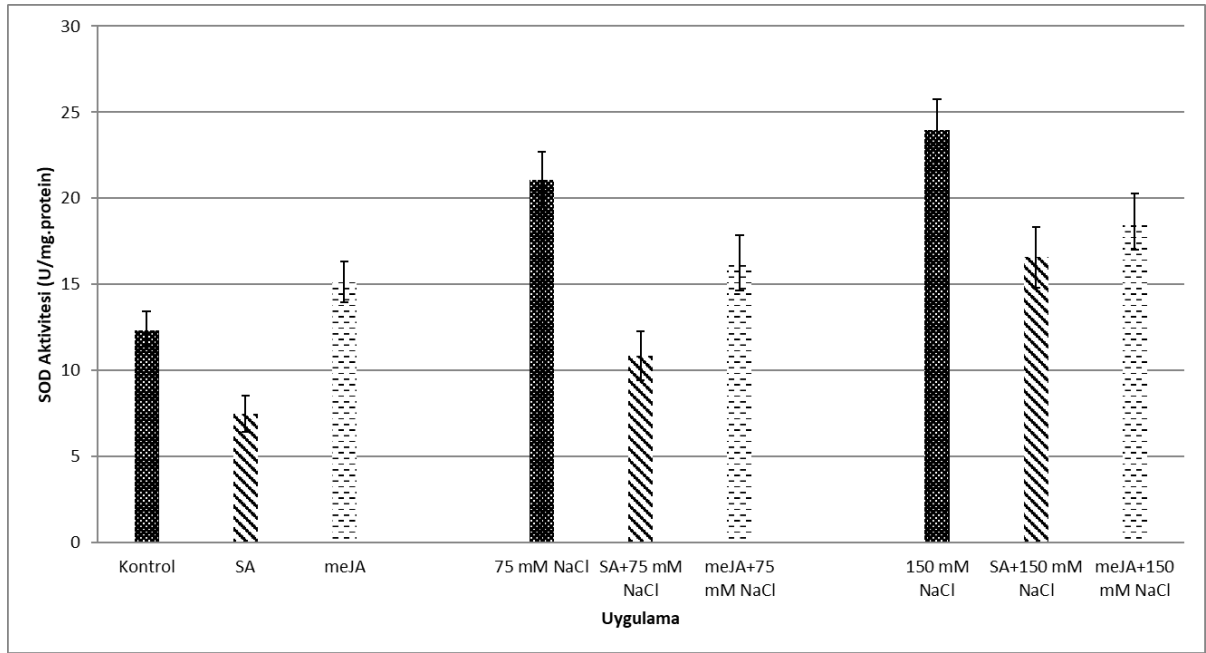
Zhou, Y., Hu, L., Ye, S., Jiang, L., & Liu, S. (2018). Genome-wide identification of glutathione peroxidase (GPX) gene family and their response to abiotic stress in cucumber. *3 Biotech*, 8(3)159, 1-11.

Zhu, J. K. (2002). Salt and Drought Stress Signal Transduction in Plants. *Annual Reviews Plant Biology*, 53, 247-273.

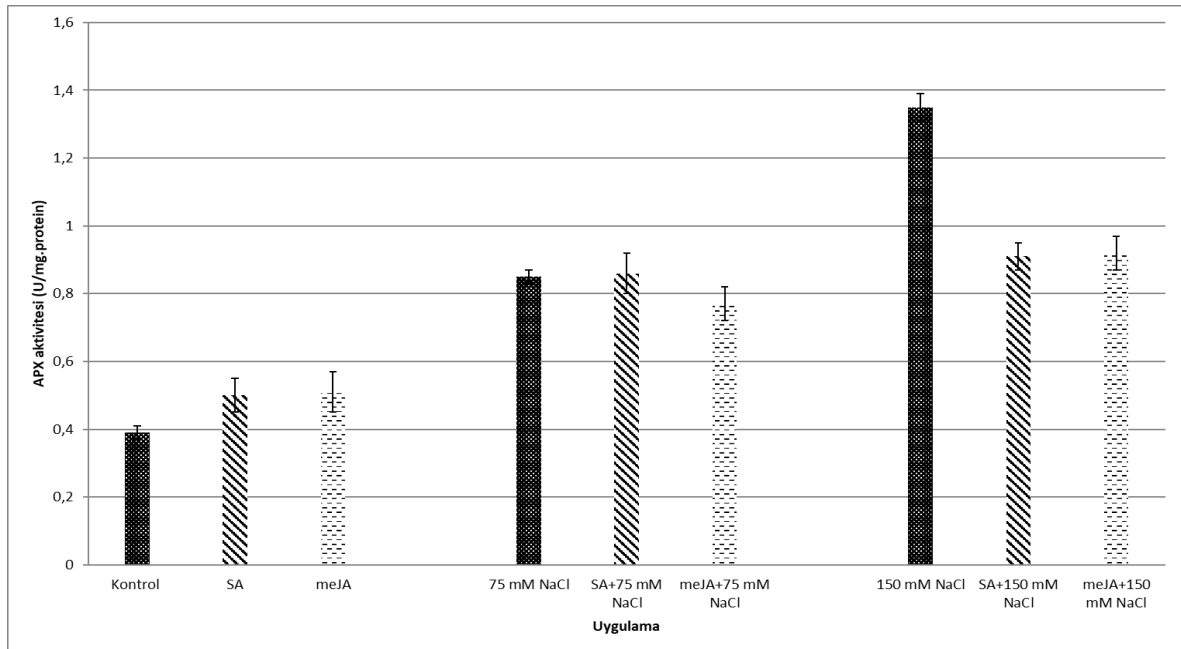
EKLER



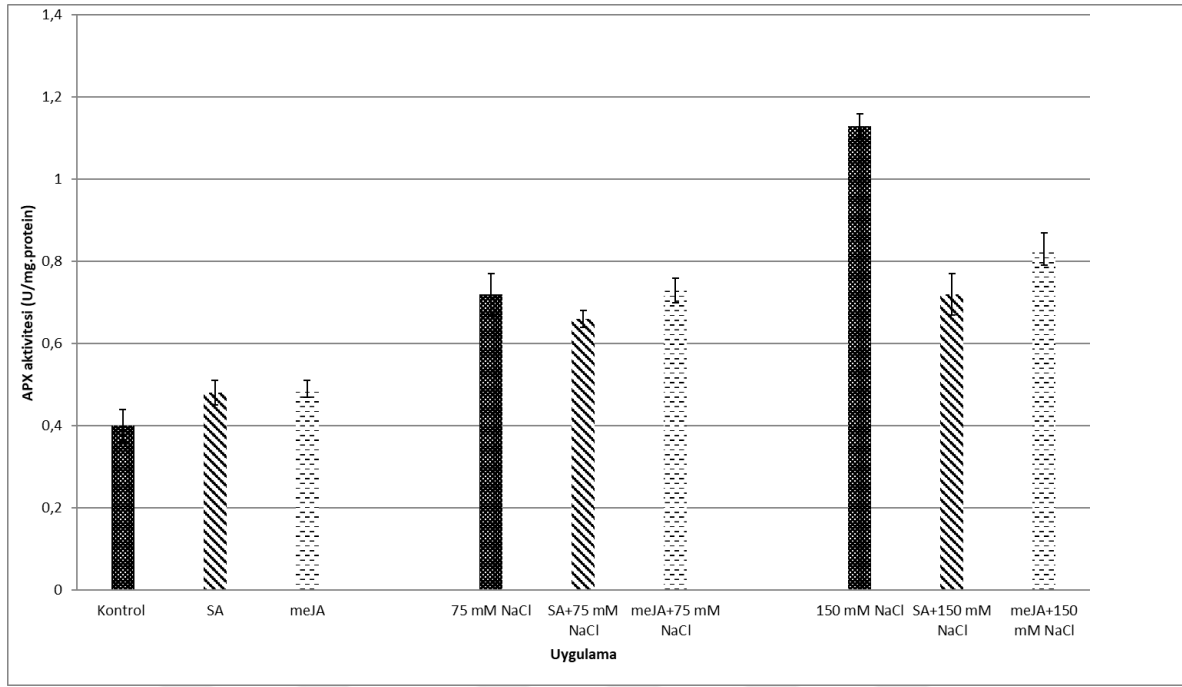
Ek Şekil 1. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya’da SOD enzim aktivitesi değişimi.



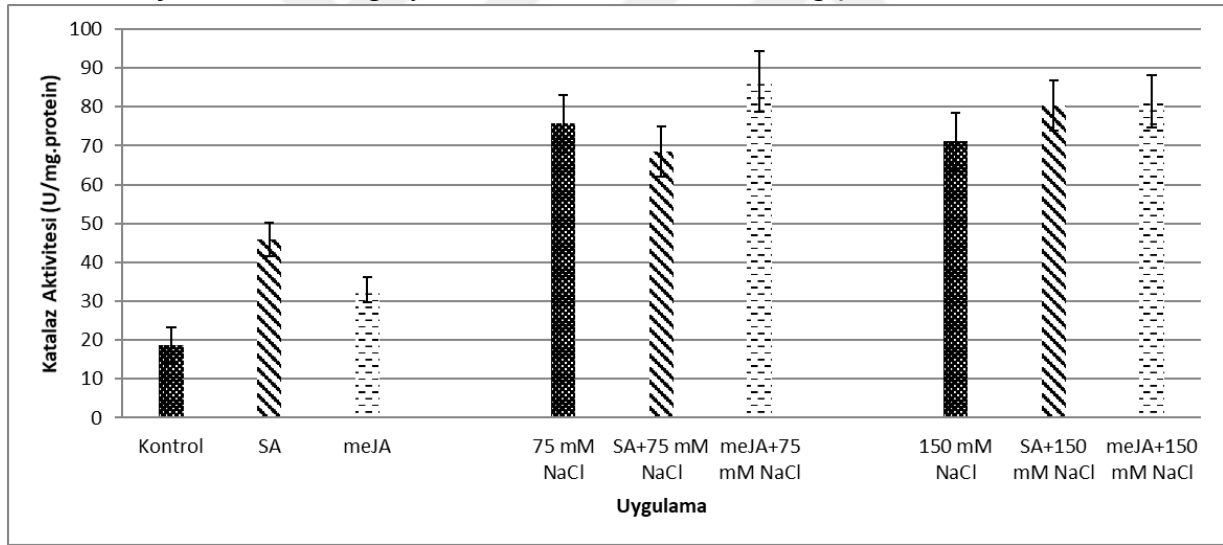
Ek Şekil 2. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Agroyal'de SOD enzim aktivitesi değişimi.



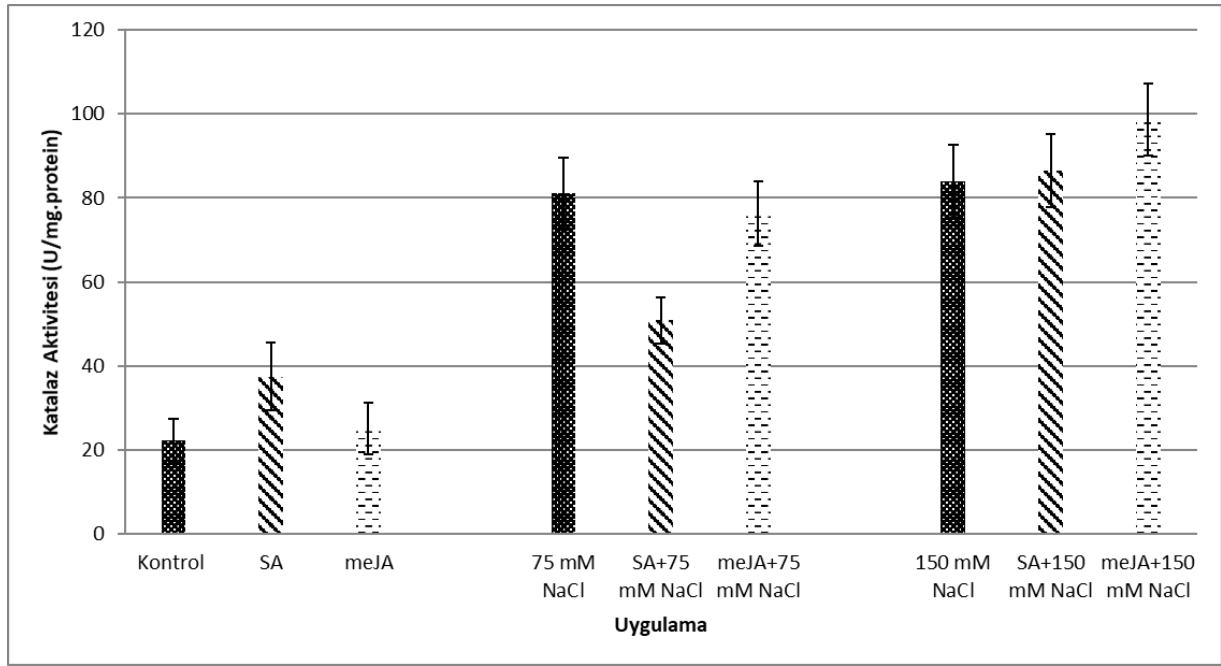
Ek Şekil 3. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya'da APX enzim aktivitesi değişimi.



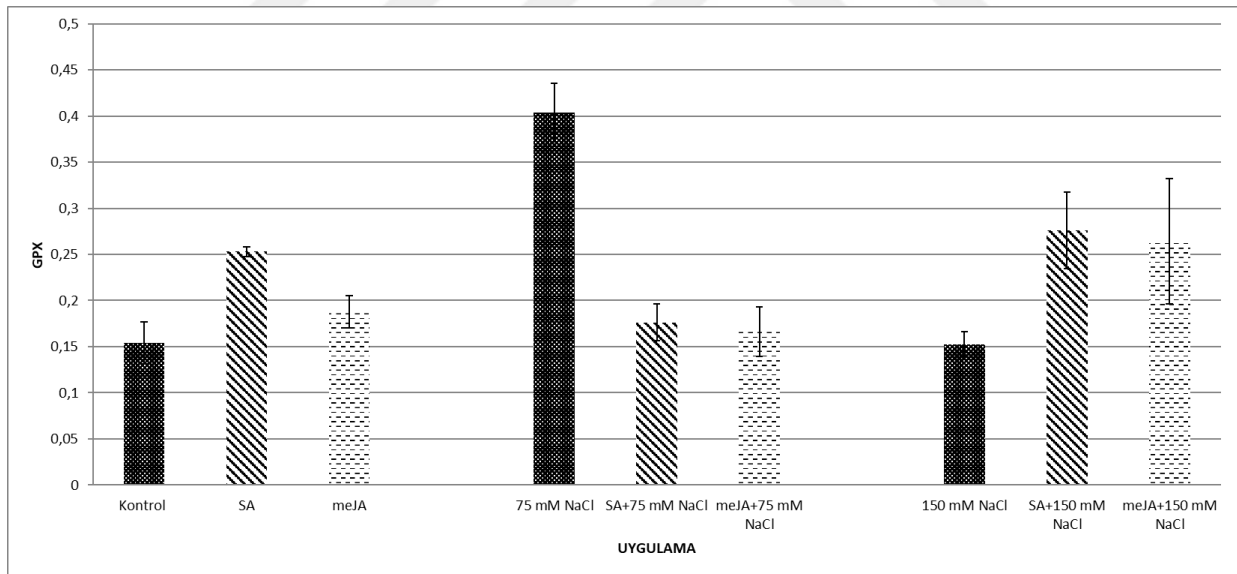
Ek Şekil 4. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Agroyal’de SOD enzim aktivitesi değişimi.



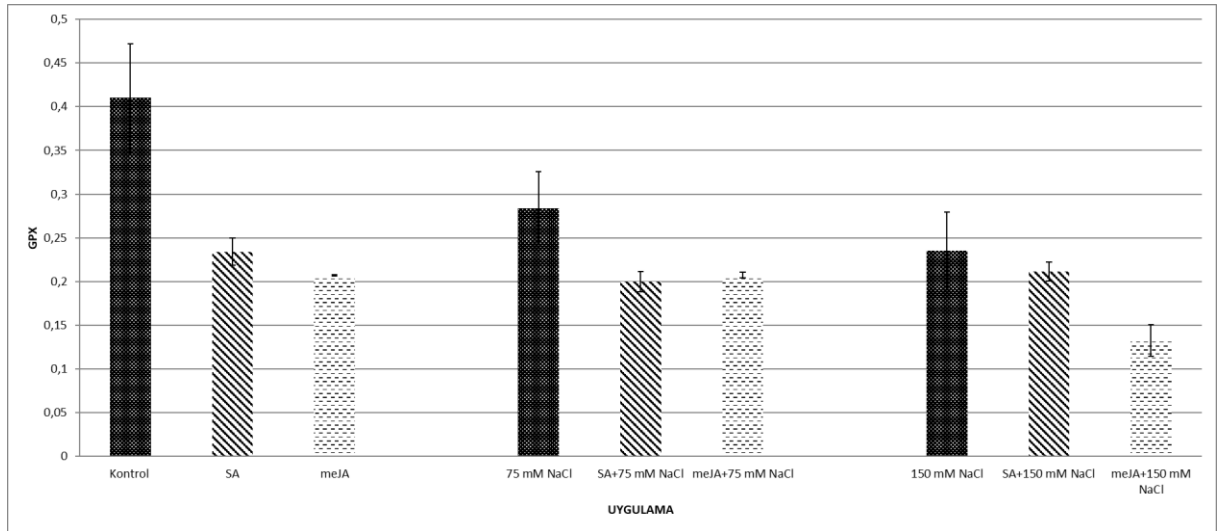
Ek Şekil 5. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya’da CAT enzim aktivitesi değişimi.



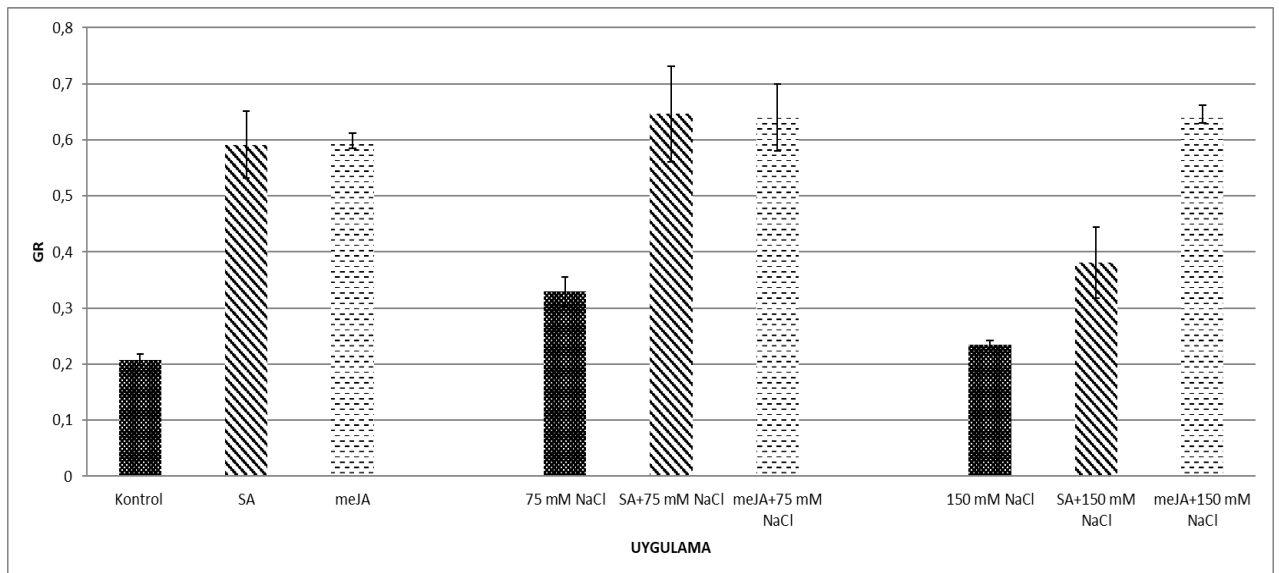
Ek Şekil 6. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Agroyal’de CAT enzim aktivitesi değişimi



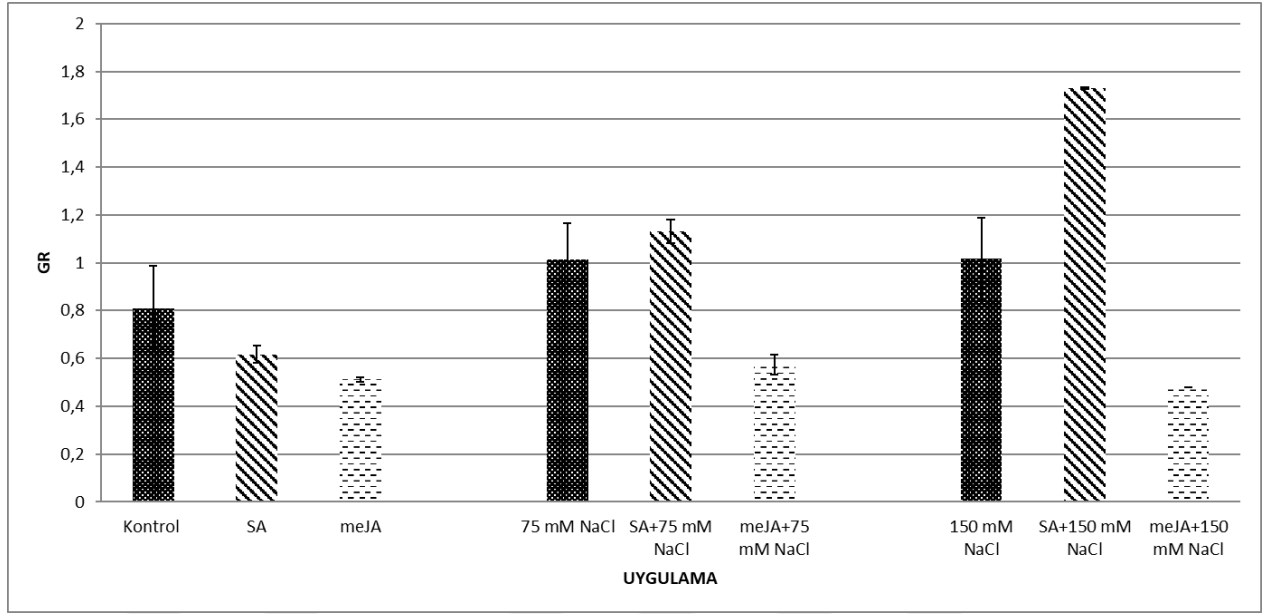
Ek Şekil 7. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya’da GPX enzim aktivitesi değişimi.



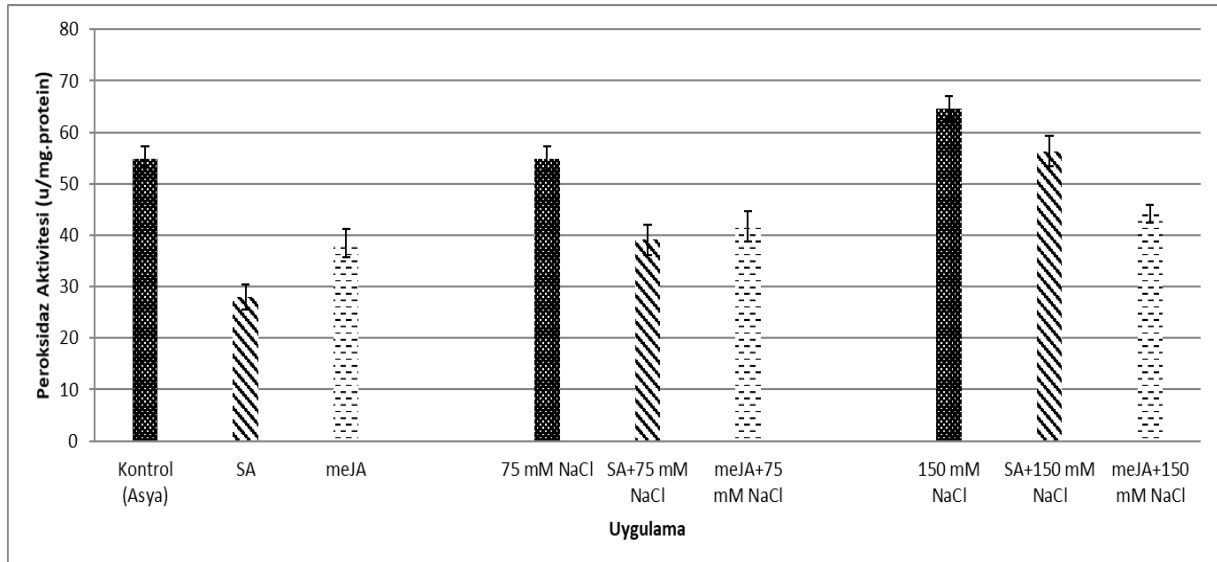
Ek Şekil 8. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Agroyal’de GPX enzim aktivitesi değişimi



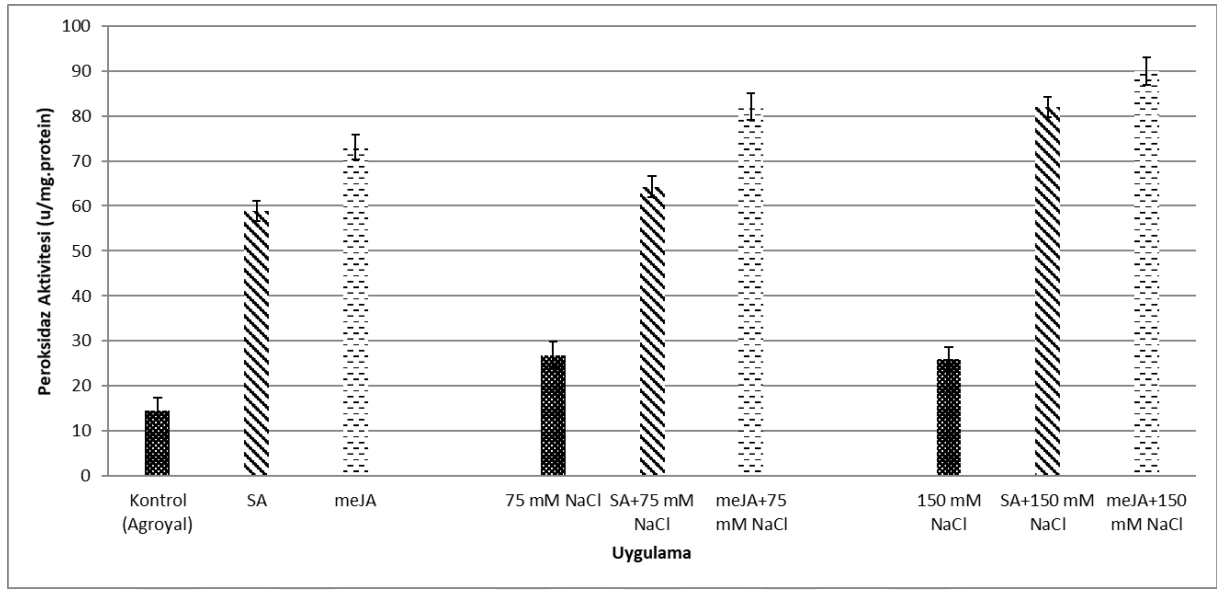
Ek Şekil 9. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya’da GR enzim aktivitesi değişimi.



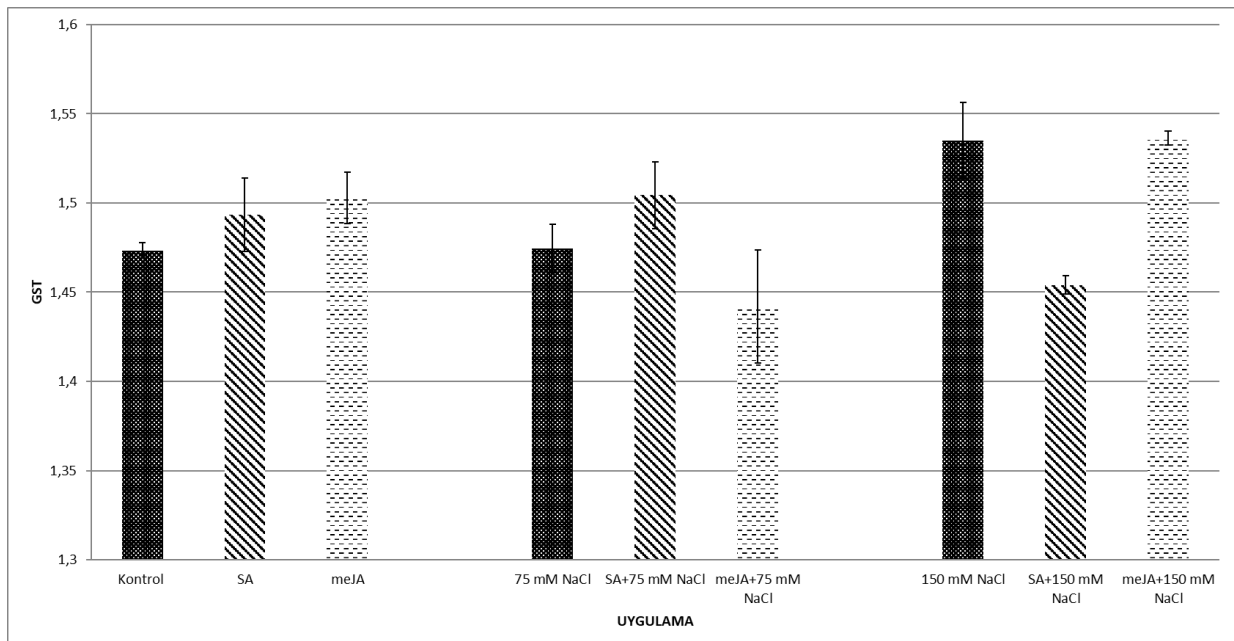
Ek Şekil 10. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Agroyal'de GR enzim aktivitesi değişimi



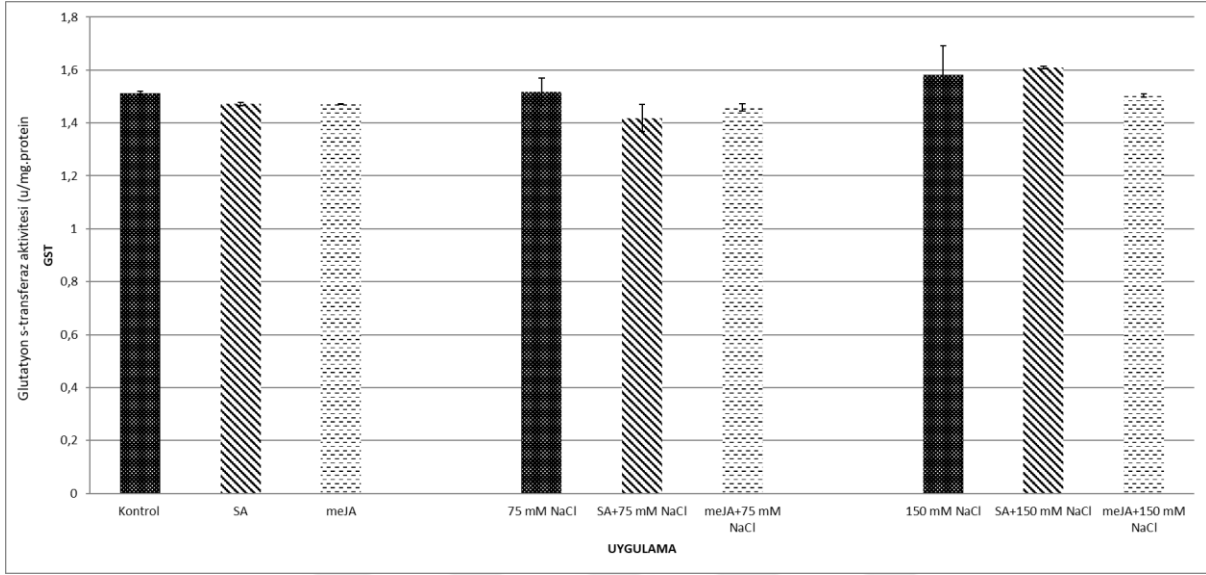
Ek Şekil 11. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya'da POD enzim aktivitesi değişimi.



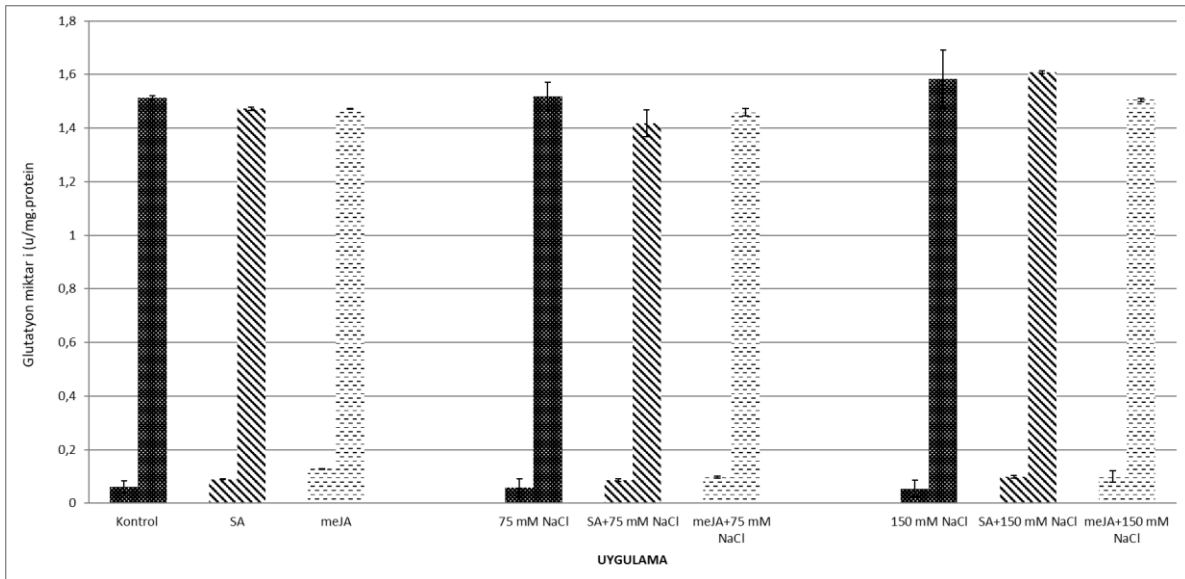
Ek Şekil 12. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Agroyal’de POD enzim aktivitesi değişimi



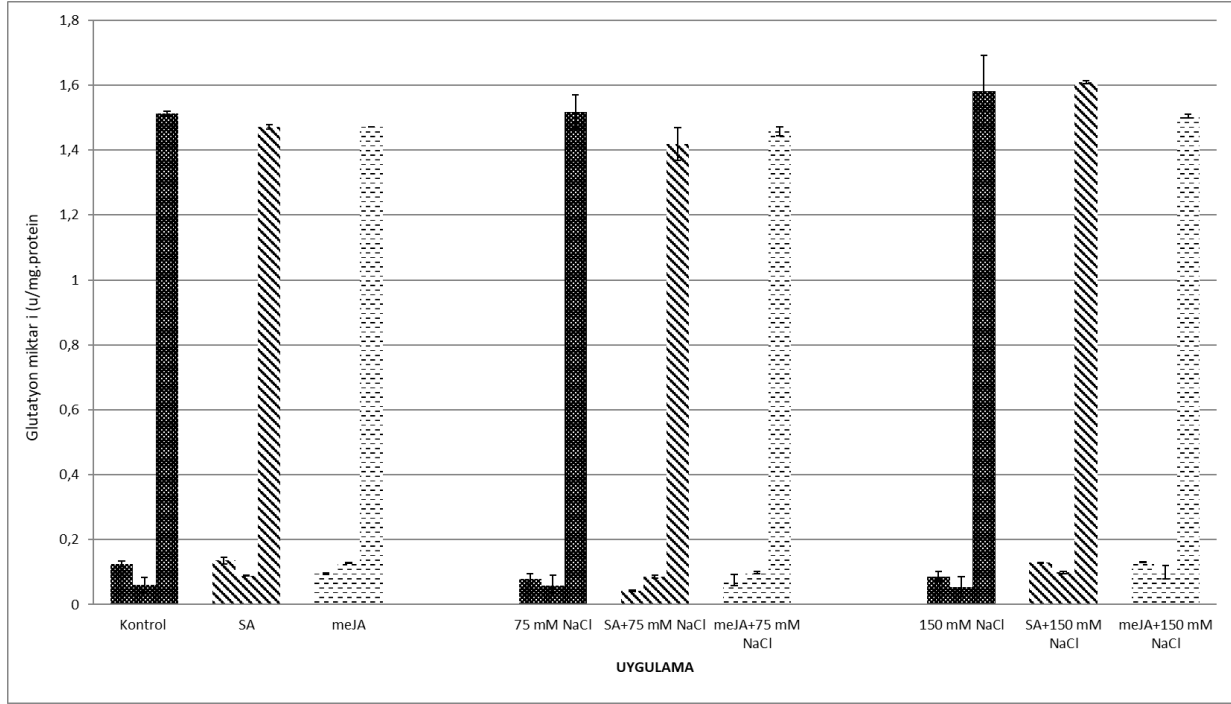
Ek Şekil 13. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya'da GST enzim aktivitesi değişimi.



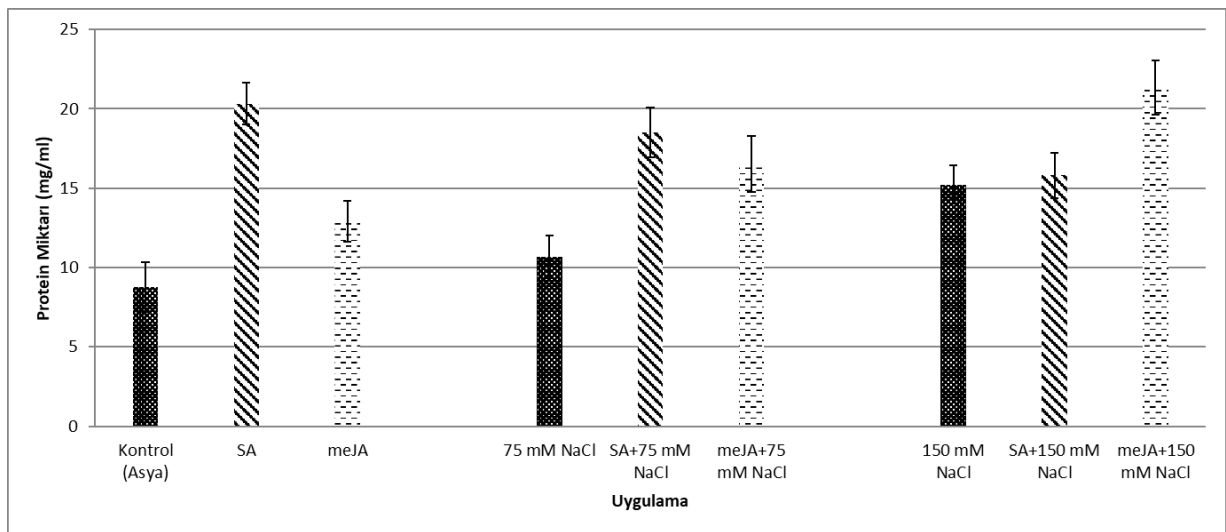
Ek Şekil 14. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Agroyal'de GST enzim aktivitesi değişimi



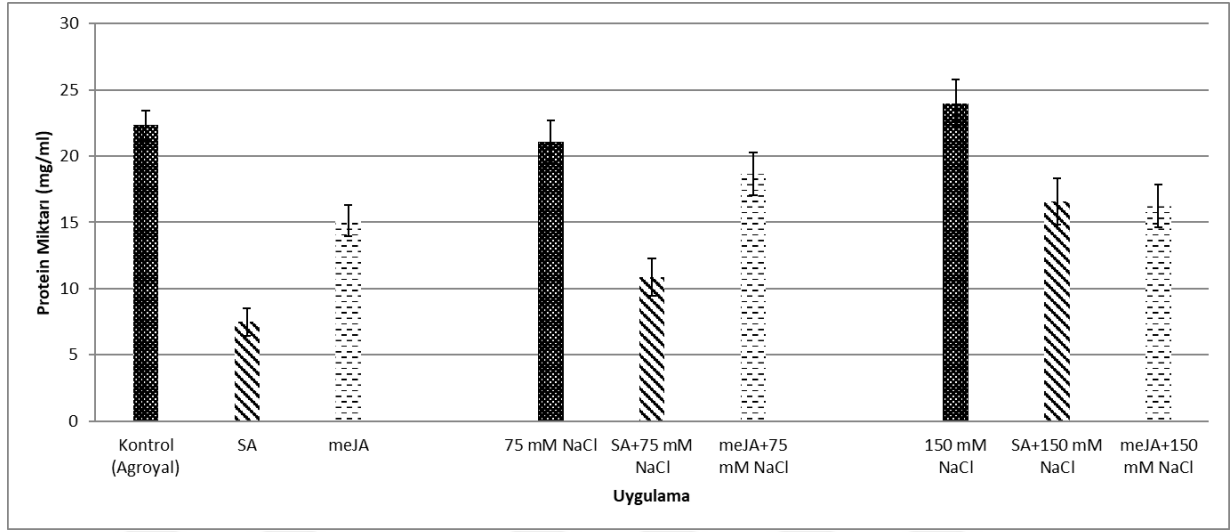
Ek Şekil 15. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya’da GSH içeriği değişimi.



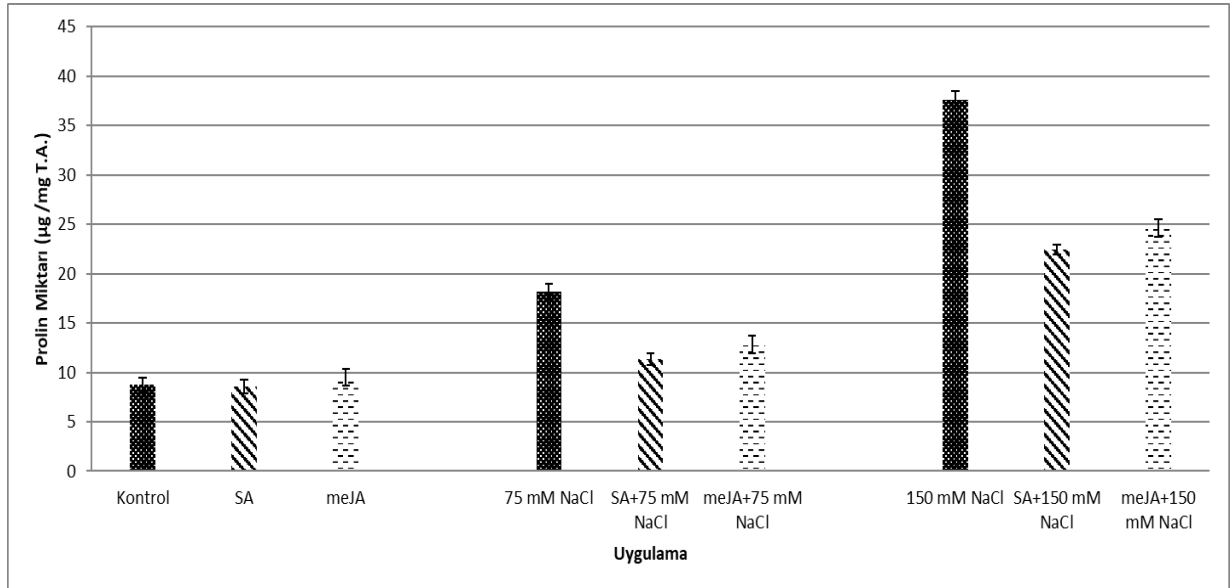
Ek Şekil 16. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Agroyal’de GSH içeriği değişimi.



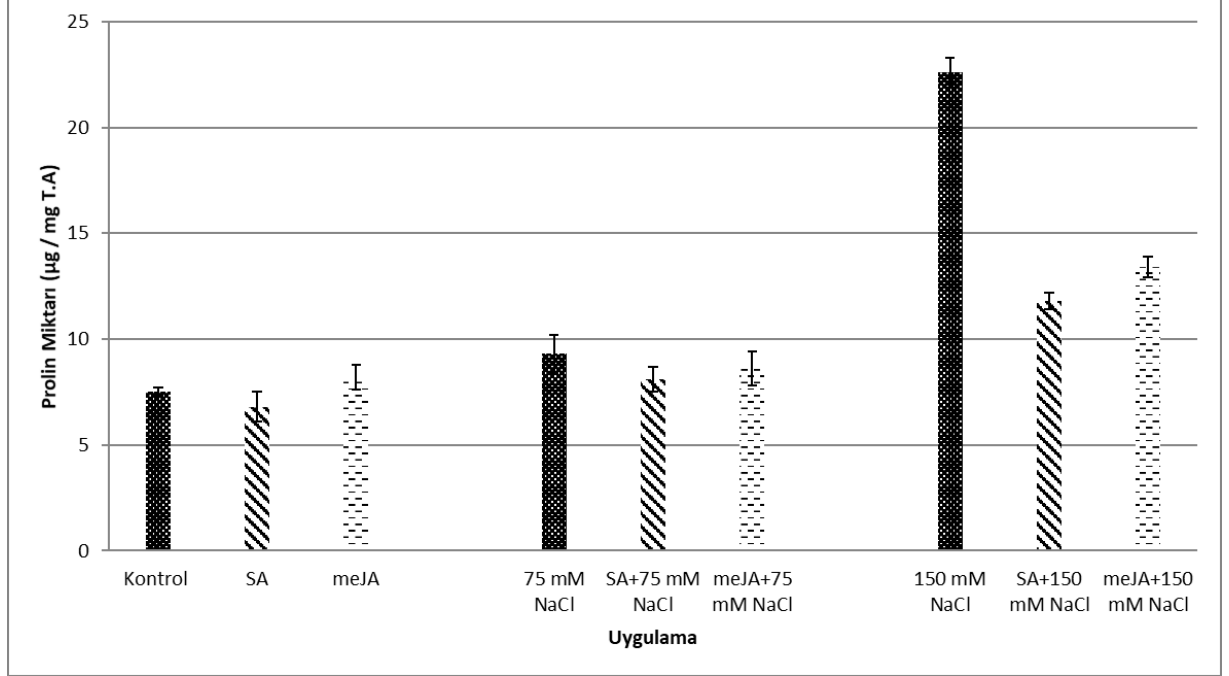
Ek Şekil 17. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya’da toplam protein miktarı değişimi.



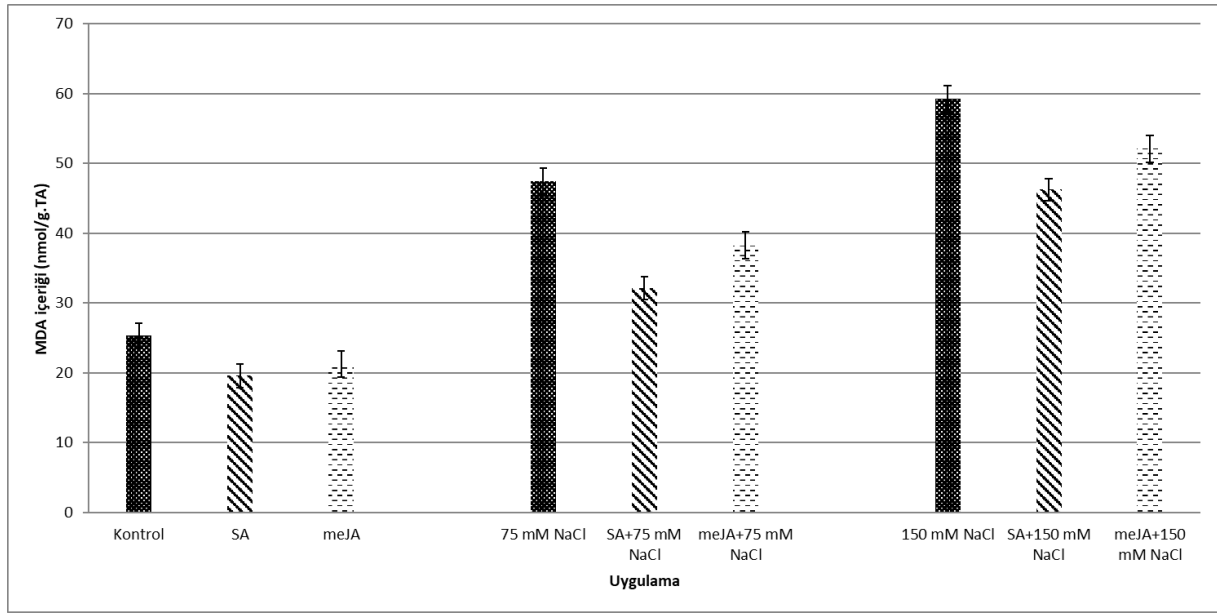
Ek Şekil 18. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Agroyal’de toplam protein miktarı değişimi.



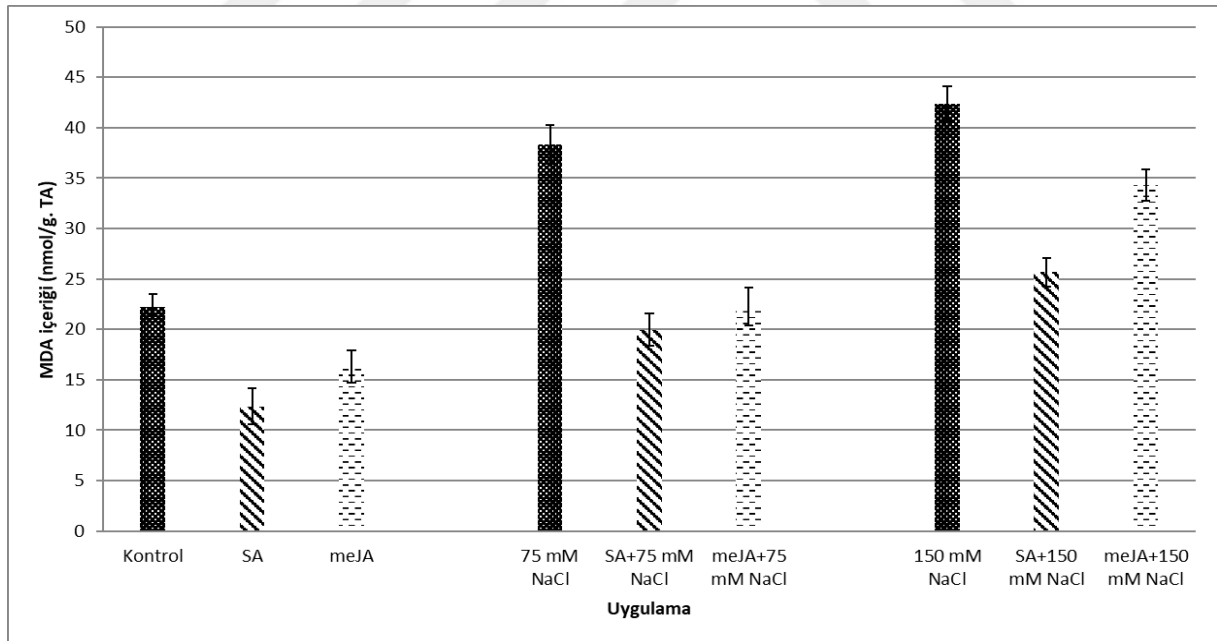
Ek Şekil 19. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya’da Prolin içeriği değişimi.



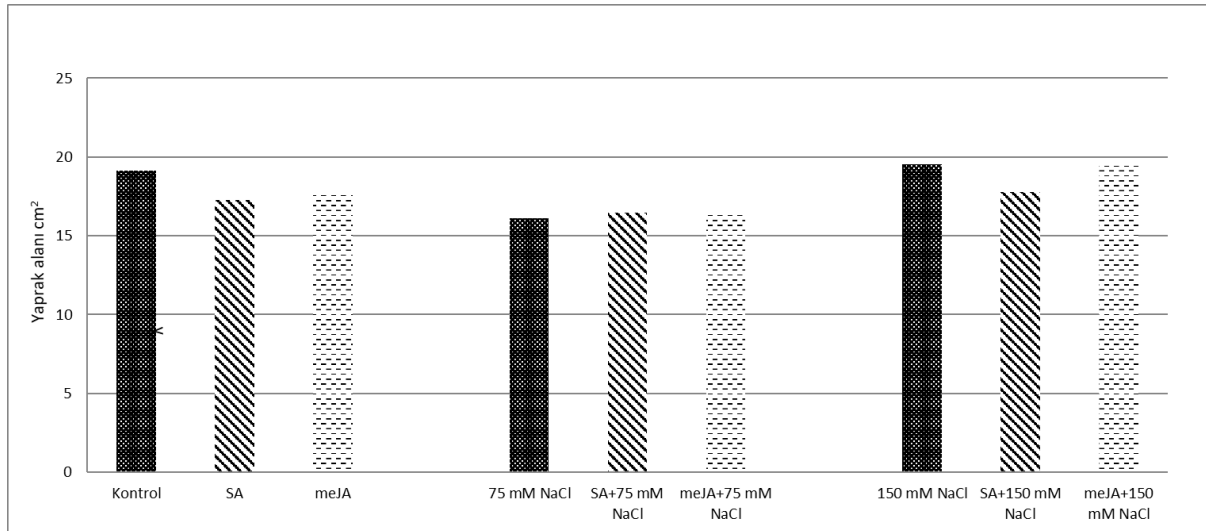
Ek Şekil 20. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Agroyal’de Prolin içeriği değişimi.



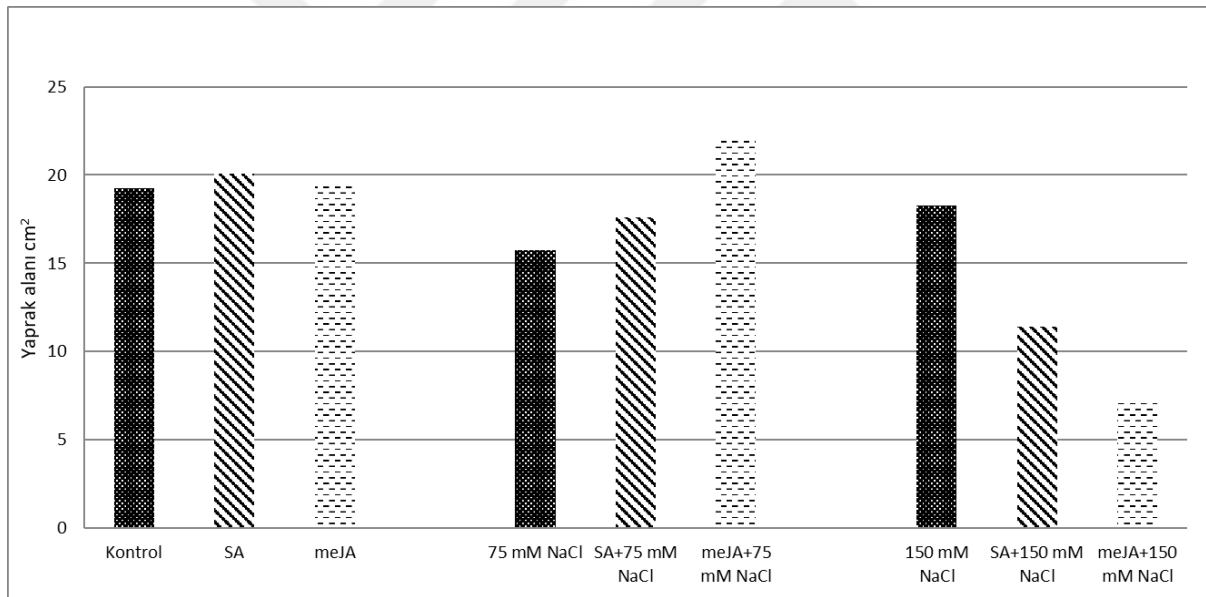
Ek Şekil 21. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya'da MDA içeriği değişimi.



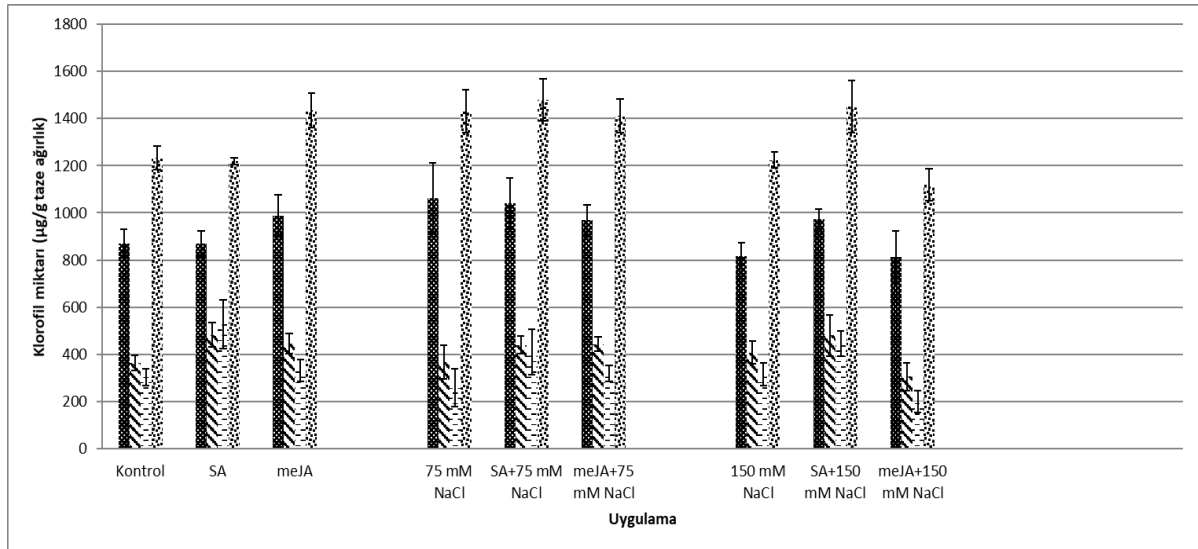
Ek Şekil 22. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Agroyalde'de MDA içeriği değişimi



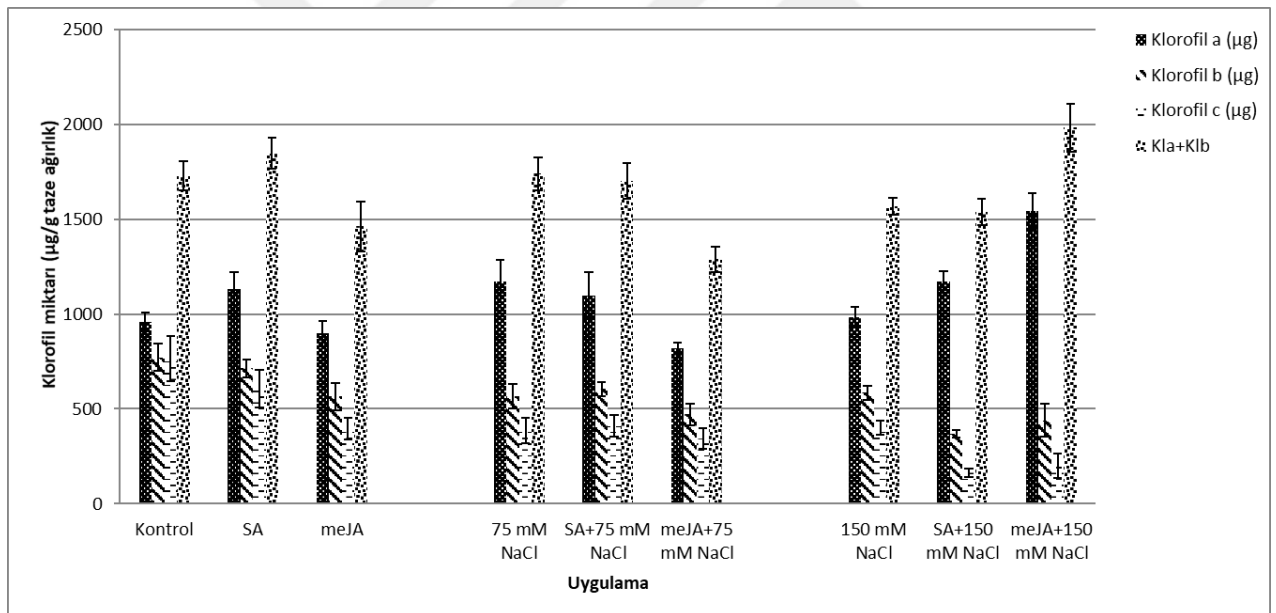
Ek Şekil 23. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya’da yaprak alanı değişimi.



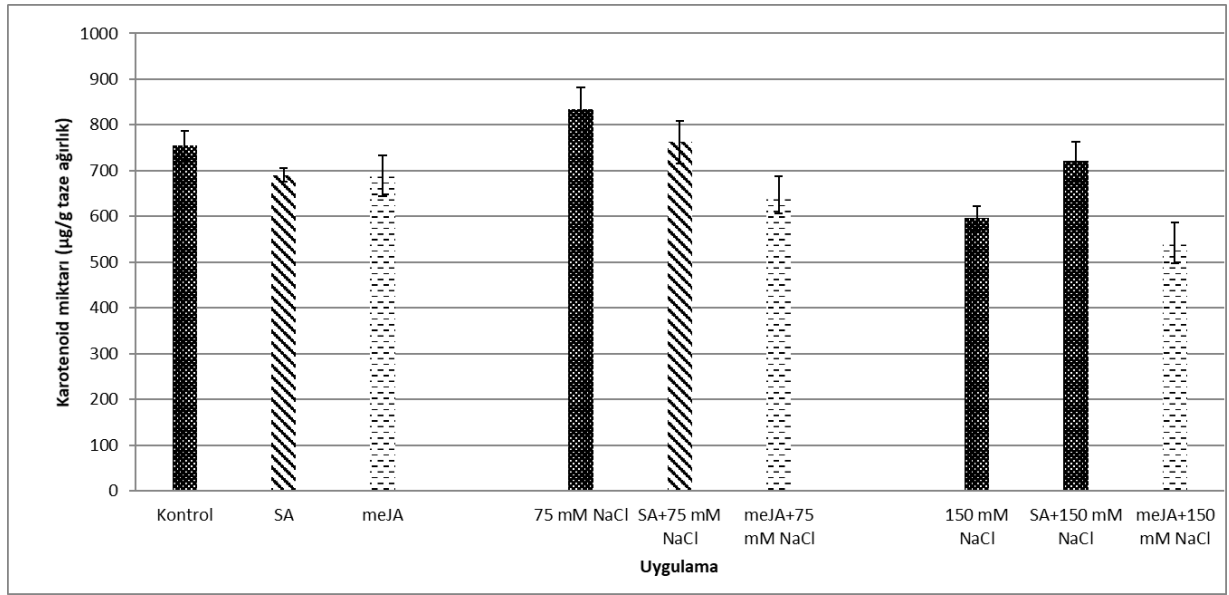
Ek Şekil 24. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Agroyal’de yaprak alanı değişimi.



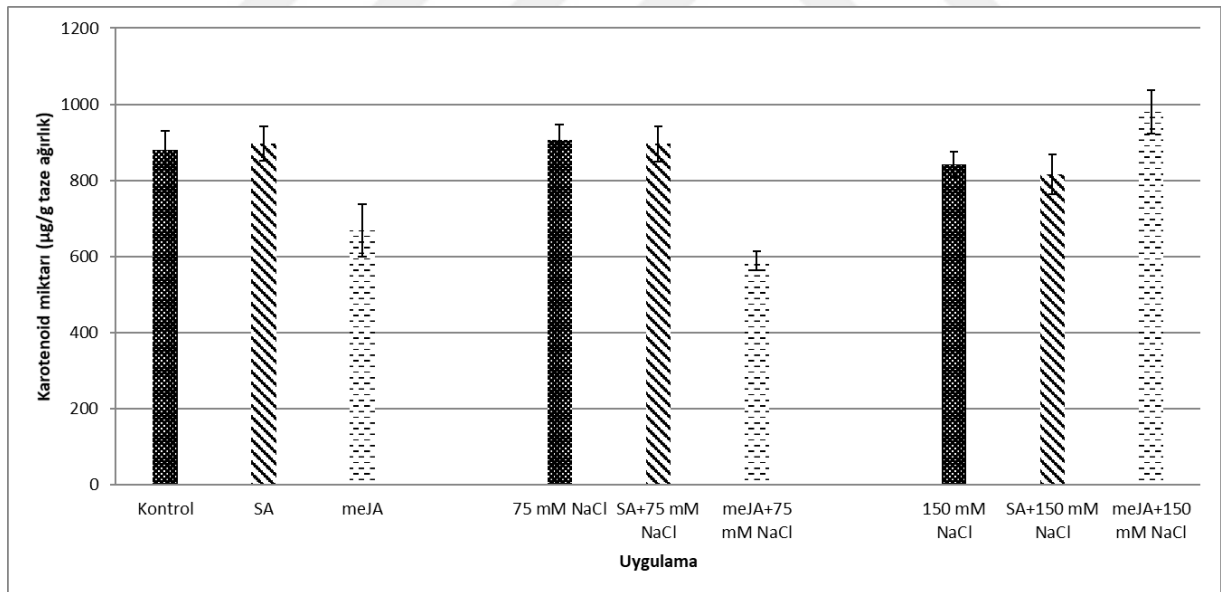
Ek Şekil 25. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya’da Kl a, Kl b, Kl c, Toplam Kl miktarı değişimleri.



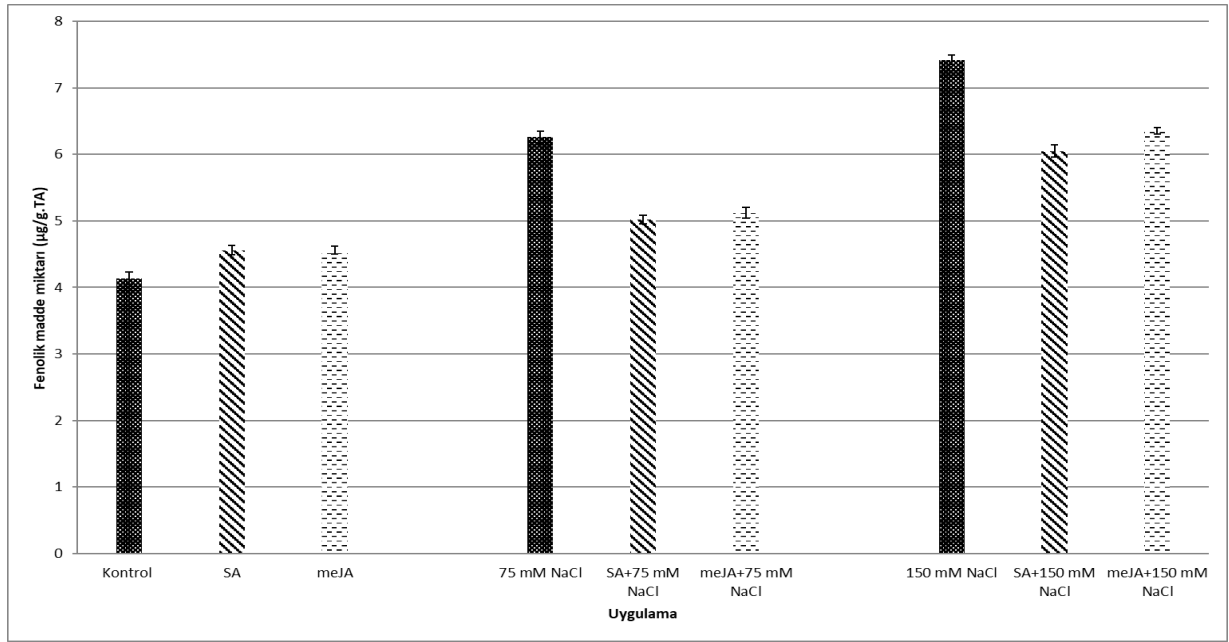
Ek Şekil 26. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Agroyal’de Kl a, Kl b, Kl c, Toplam Kl miktarı değişimleri.



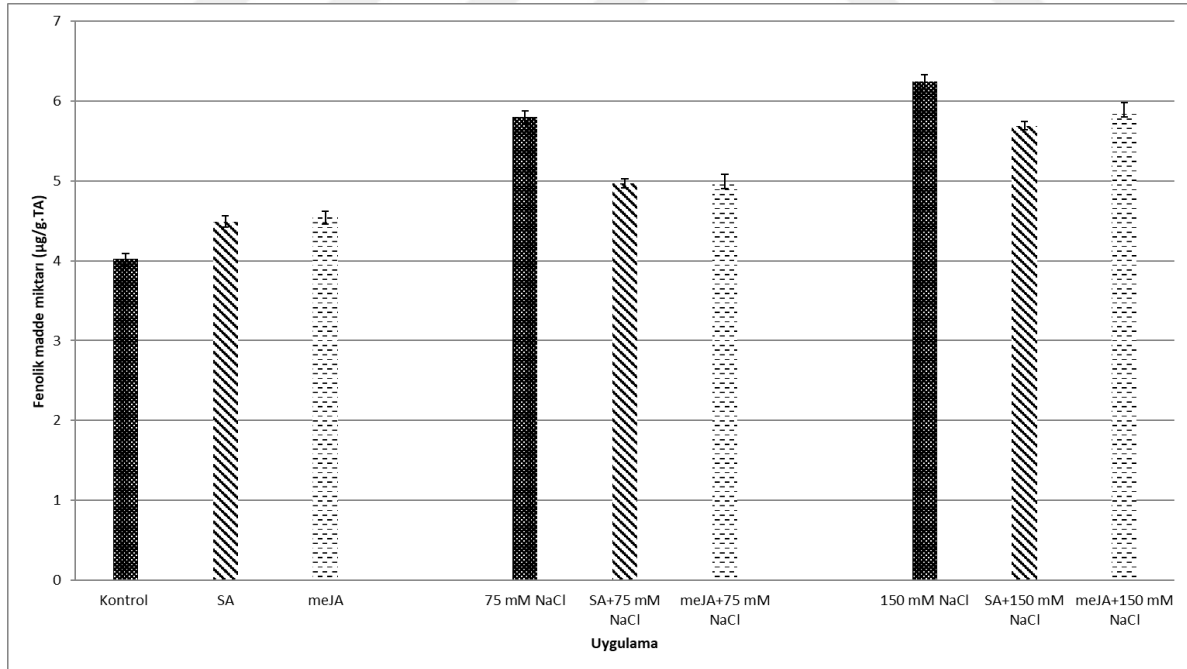
Ek Şekil 27. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya'da karotenoid içeriği değişimi.



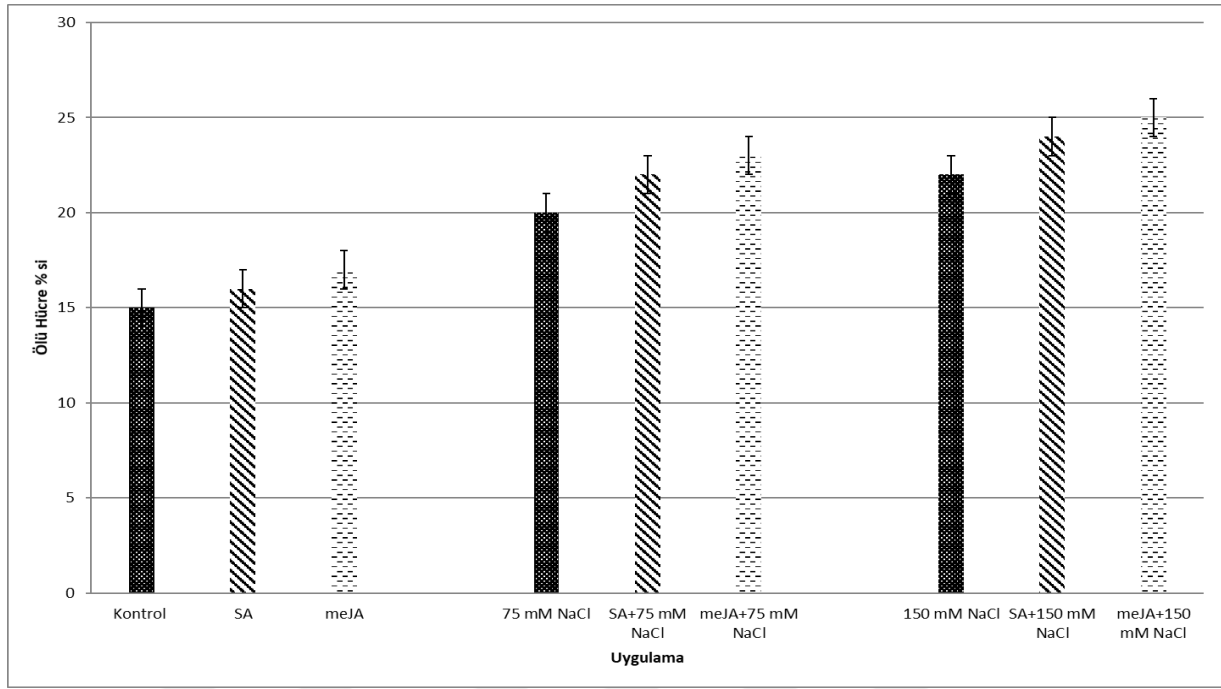
Ek Şekil 28. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Agroyal'de karotenoid içeriği değişimi.



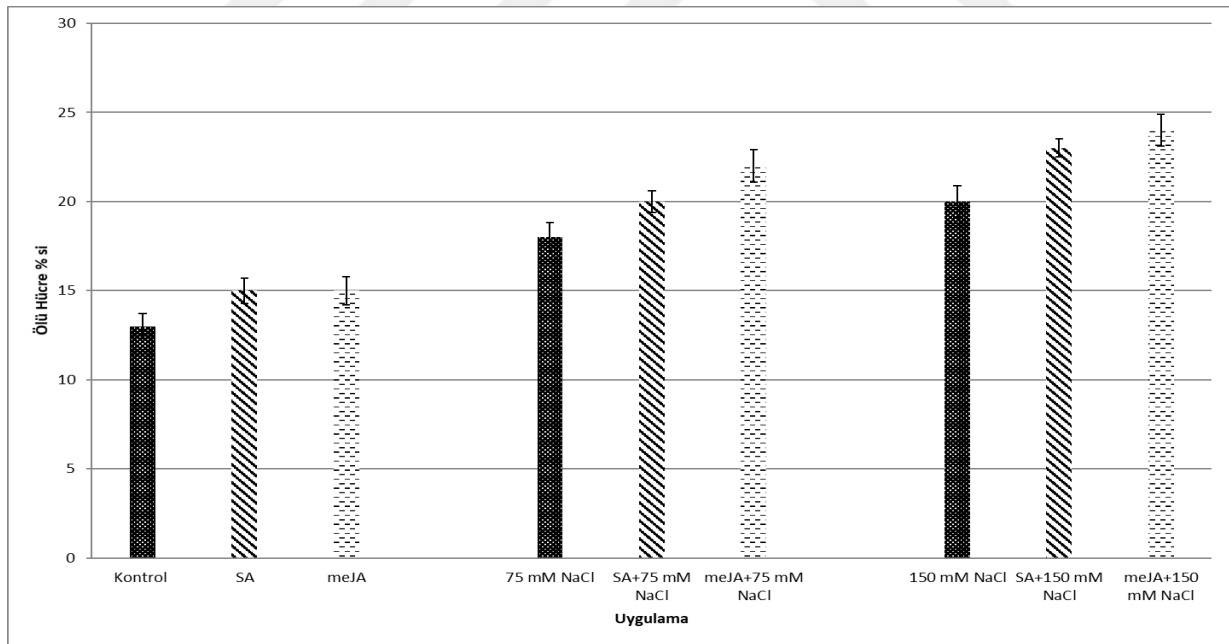
Ek Şekil 29. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya’da fenolik madde içeriği değişimi.



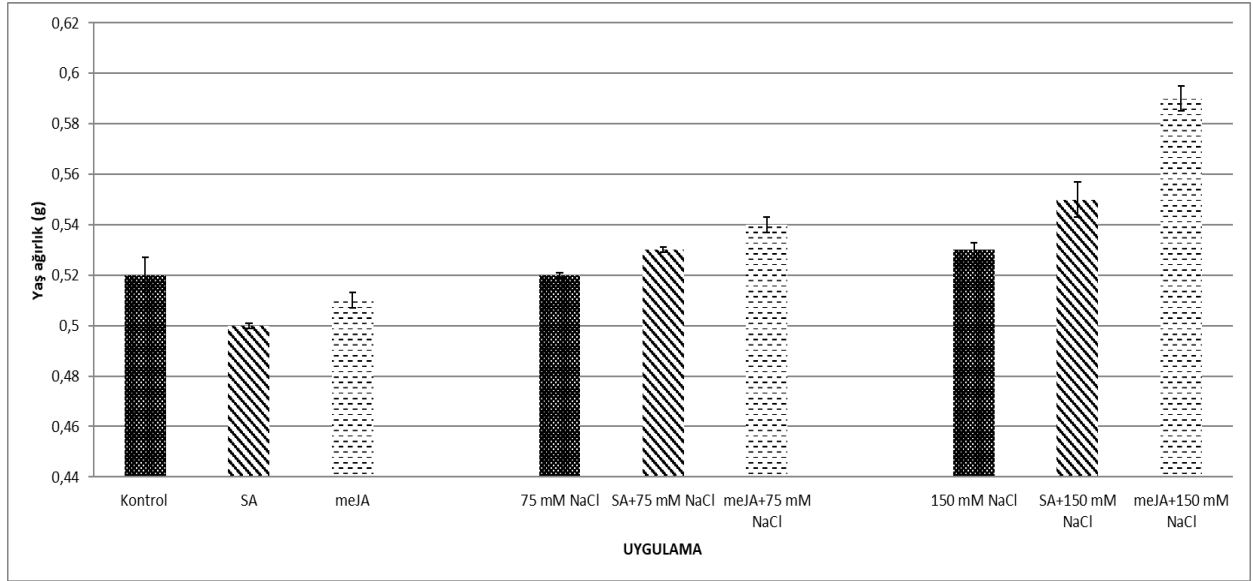
Ek Şekil 30. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Agroyal’de fenolik madde içeriği değişimi.



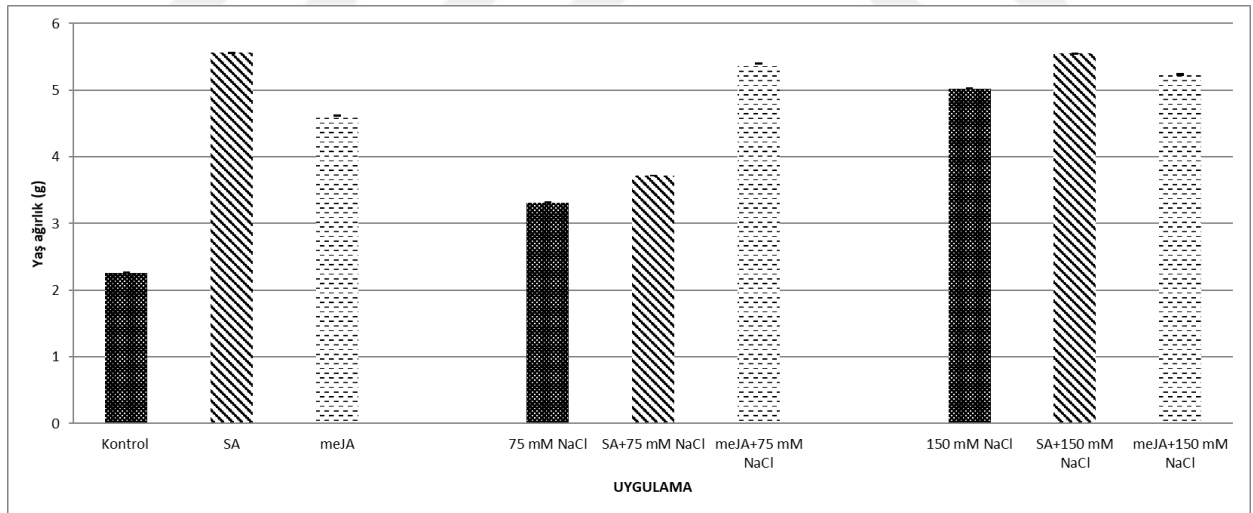
Ek Şekil 31. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya’da ölü hücre yüzdesi değişimi.



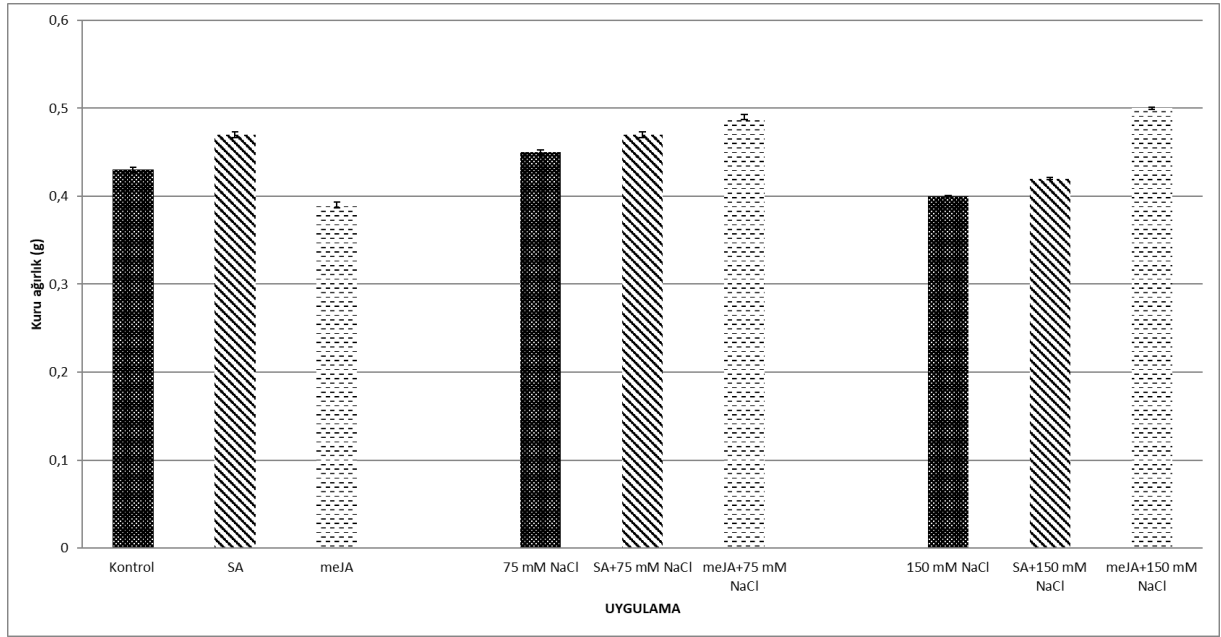
Ek Şekil 32. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Agroyal’de ölü hücre yüzdesi değişimi.



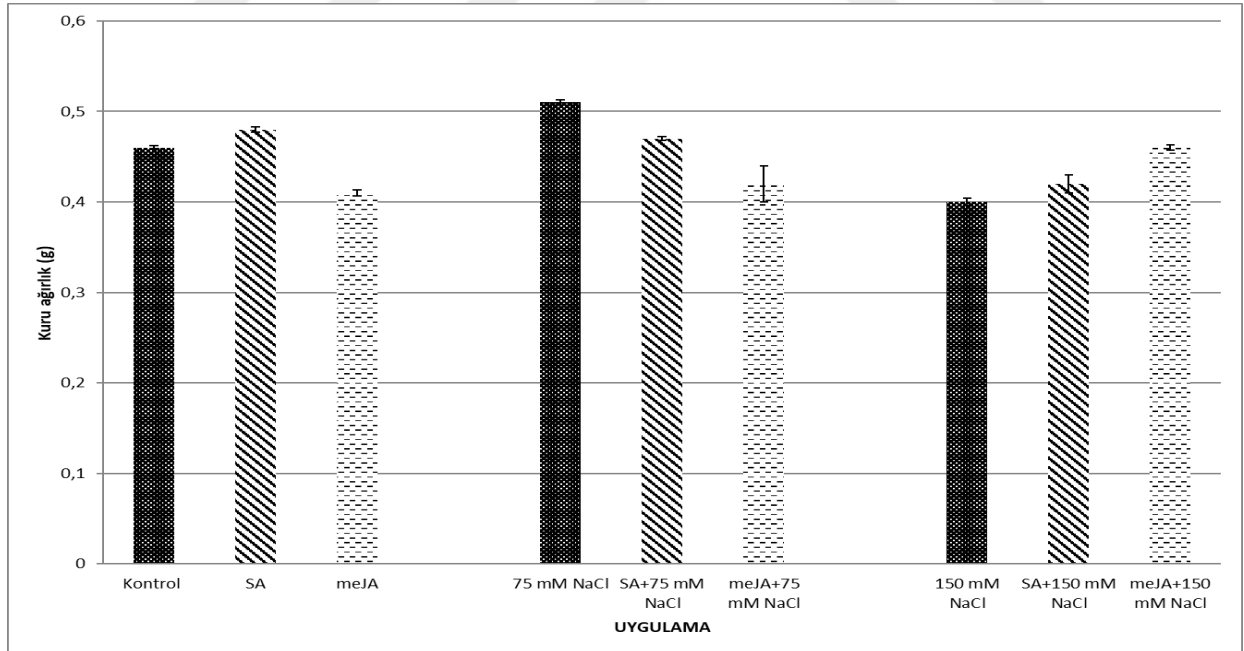
Ek Şekil 33. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya'da yaş ağırlık değişimi.



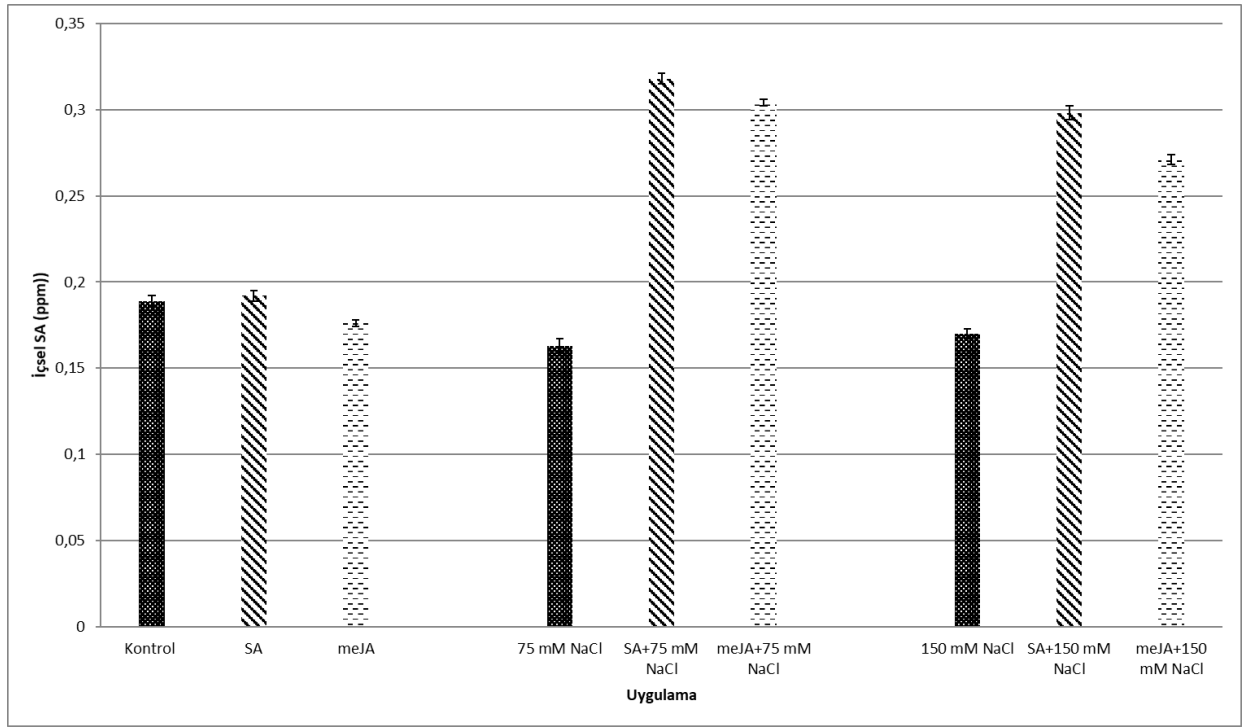
Ek Şekil 34. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Agroyal'de yaş ağırlık değişimi.



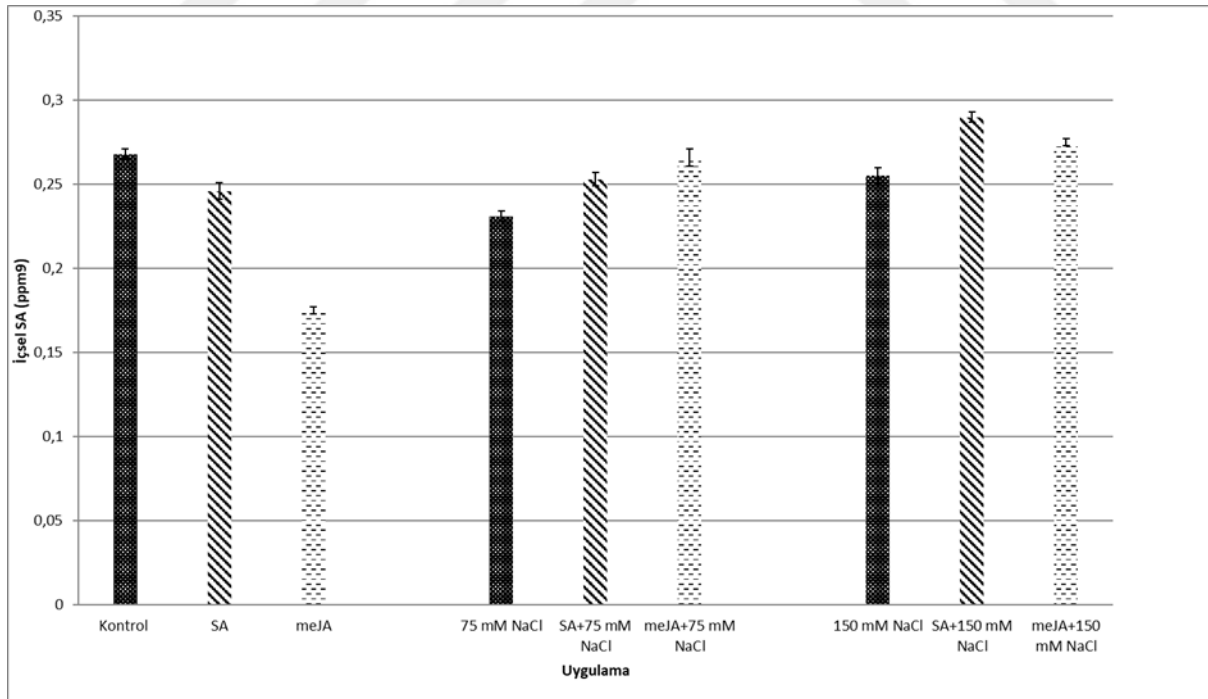
Ek Şekil 35. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya'da kuru ağırlık değişimi.



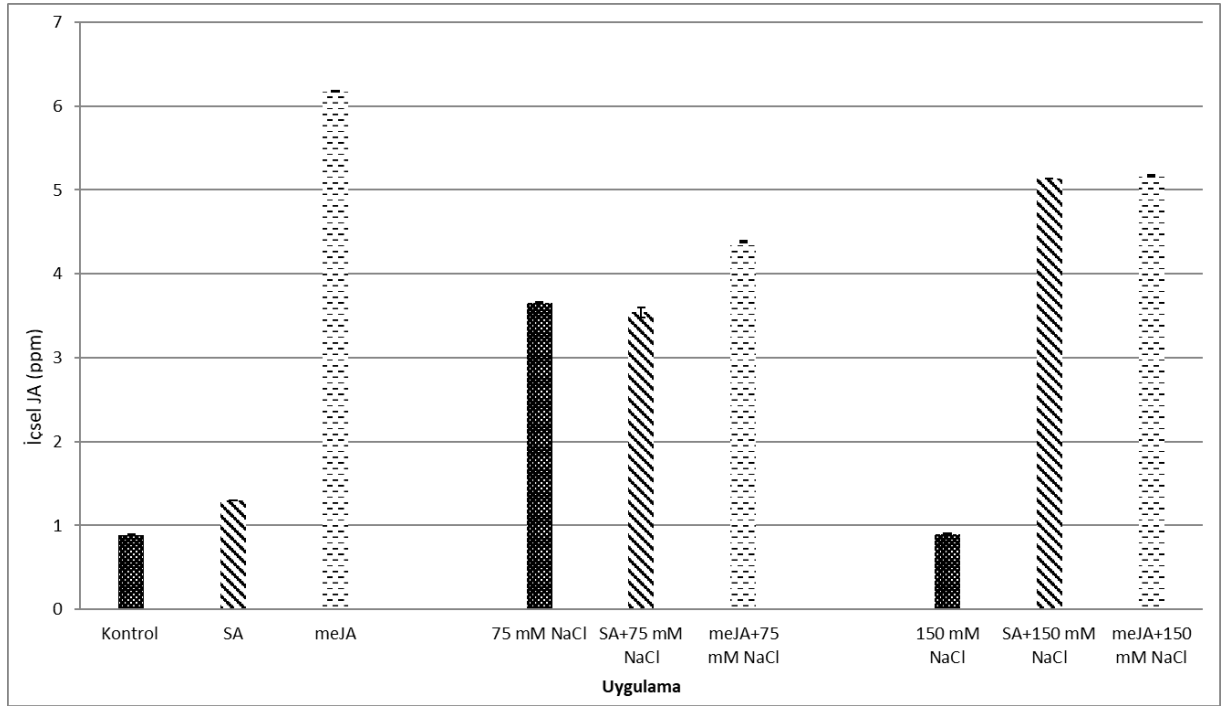
Ek Şekil 36. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Agroyal'de kuru ağırlık değişimi.



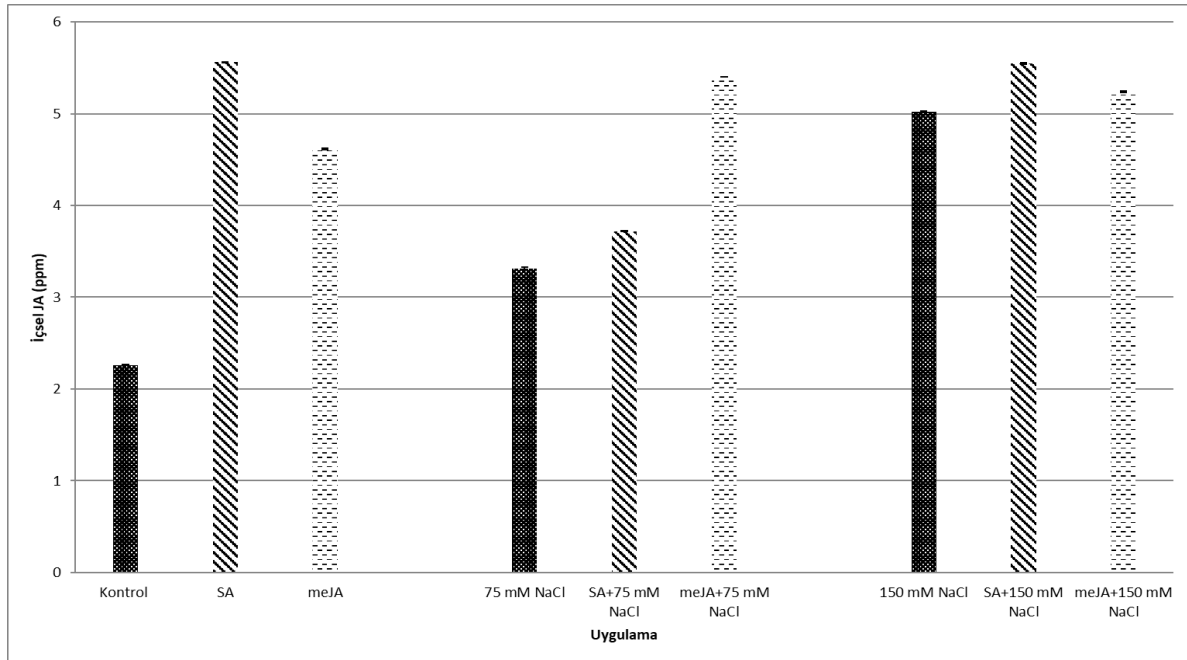
Ek Şekil 37. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya’da içsel SA miktarı değişimi.



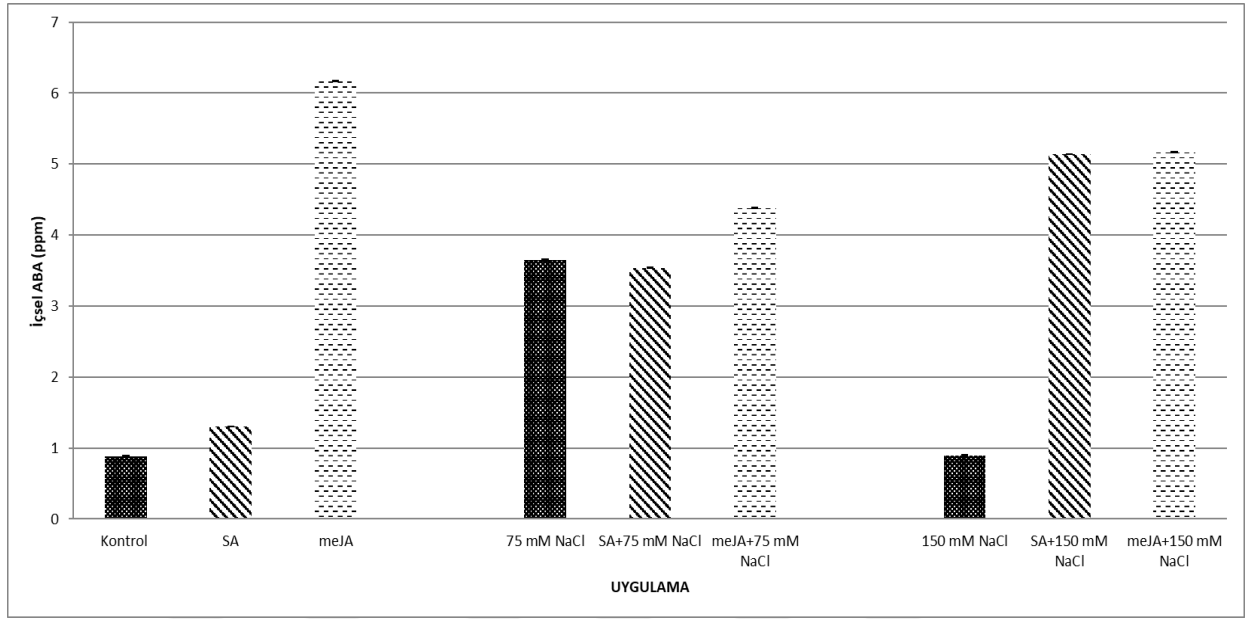
Ek Şekil 38. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Agroyal’de içsel SA miktarı değişimi.



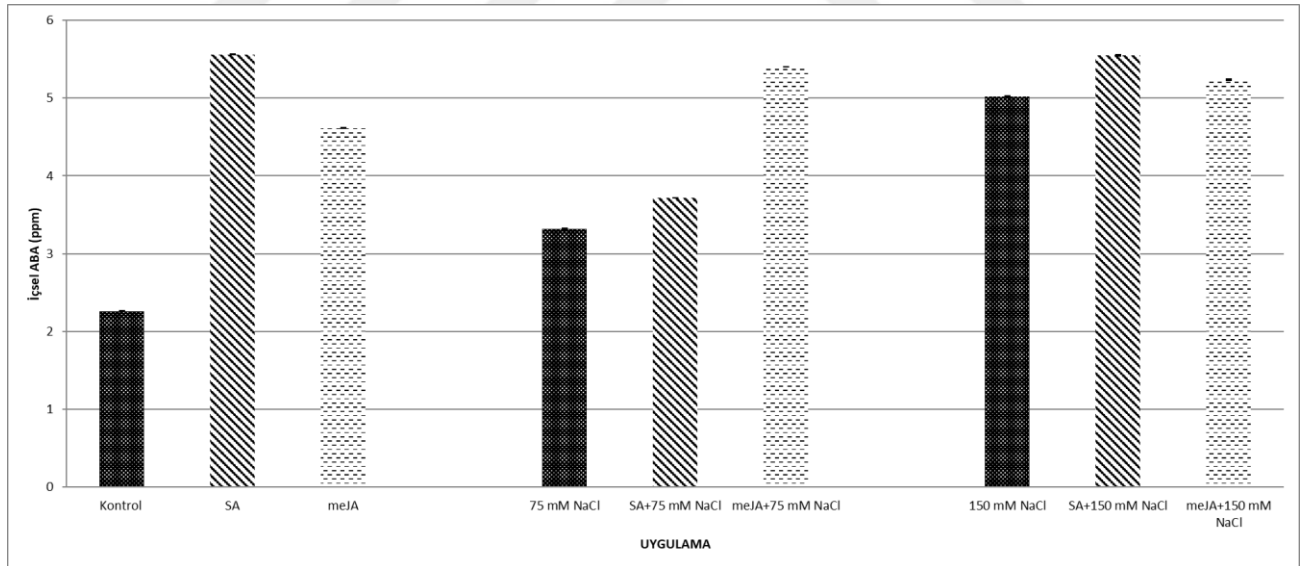
Ek Şekil 39. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya’da içsel JA miktarı değişimi.



Ek Şekil 40. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Agroyal’de içsel JA miktarı değişimi.



Ek Şekil 41. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Asya’da içsel ABA miktarı değişimi.



Ek Şekil 42. Çimlenme öncesi ASA ve MeJA uygulanan, çimlenme sonrası tuz stresine maruz bırakılan *Glycine max* cv. Agroyal’de içsel ABA miktarı değişimi.

ÖZGEÇMİŞ

İlkokulu Aksu Seka İlköğretim okulu, ortaokulu Mehmet Akif Ersoy ortaokulu ve lise öğrenimini Giresun Lisesi'nde tamamladı. 2005 yılında İnönü Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'nde lisans eğitime başladı ve 2005 yılında mezun oldu. 2009 yılında İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında yüksek lisans eğitime başladı. 2011 yılında yüksek lisans eğitimini tamamlayarak, aynı yıl İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında doktora eğitime başladı. 2014 yılında Kürtün Anadolu Lisesi'nde biyoloji öğretmenliği görevine başladı. 2015 yılında Cahit Zarifoğlu Anadolu İmam Hatip Lisesi'ne tayin olan Görnaz halen görevine devam etmektedir.

Yayınları

Akbulut, G. B., Yigit, E., & Bayram, D. (2015). Investigation of the effects of salicylic acid on some biochemical parameters in Zea mays to glyphosate herbicide. *Journal of Environmental & Analytical Toxicology*, 5(3), 1.

Bayram, D. D., Yigit, E., & Akbulut, G. B. (2015). The effects of salicylic acid on Helianthus annuus L. exposed to quizalofop-p-ethyl. *American Journal of Plant Sciences*, 6(14), 2412.

Yigit, E., Akbulut, G. B., Bayram, D., Kaya, A., & Gok, Y. (2016). Effect of salicylic acid and selenium on antioxidant system of Avena sativa L. under fenoxaprop-p-ethyl stress. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(3), 874-884.

Yigit, E., Akbulut, G. B., Gok, Y., & Bayram, D. (2012). The effects of organic selenium on some physiological and biochemical parameters in Hordeum Vulgare L. and Triticum Aestivum L. exposed to salt stress. *Fresenius Environmental Bulletin*, 21(3a), 743-747.

Akbulut, G. B., Yiğit, E., & Bayram, D. (2018). Effect of Glyphosate on Some Protective Systems in Zea mays L. *Yüzyüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 28(1), 27-35.