

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

120419

(DOKTORA TEZİ)

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

**FARKLI PANCAR GENOTİPLERİNDE
TUZ STRESİNE BAĞLI OLARAK
ANTIÖKSİDANT DÜZEYLERİNDEKİ
DEĞİŞİMLERİN ARAŞTIRILMASI**

YILMAZ BOR, MELİKE
Biyoteknoloji Anabilim Dalı
Bilim Dalı Kodu : 614.02.07
Sunuş Tarihi : 11. 06. 2002

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Filiz ÖZDEMİR

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

2002-İZMİR

120419

014031



ÖZET**FARKLI PANCAR GENOTİPLERİNDE TUZ STRESİNE
BAĞLI OLARAK ANTİOKSİDANT DÜZEYLERİNDEKİ
DEĞİŞİMLERİN ARAŞTIRILMASI**

YILMAZ BOR Melike

Doktora Tezi, Biyoteknoloji Anabilim Dalı

Tez Yöneticisi : Doç. Dr. Filiz ÖZDEMİR

Haziran 2002, 64 Sayfa

Bu tez çalışmasında, iki şeker pancarı varyetesi , *Beta vulgaris cv. bianca*, *Beta vulgaris cv. ansa* ve bu bitkilerin yabani akrabası, *Beta maritima*'da, tuz stresinin, zamana ve konsantrasyona bağlı çeşitli etkileri incelenmiştir. Kültür varyeteleri ile yabani tür arasında, büyüme parametreleri (kök ve gövde), fotosentetik verim, bağıl su içeriği, fotosentetik pigment, protein, prolin, lipid peroksidasyonu miktarları ve süperoksit dismutaz, peroksidaz, katalaz, askorbat peroksidaz ve glutasyon redüktaz gibi antioksidatif enzimlerinin aktivitelerine göre farklılıkların belirlenmesi amaçlanmıştır.

Tüm bitki gruplarında, genel olarak, tuz stresinin ilk bir haftalık döneminde, belirtilen parametreler arasında çok belirgin farklılıklar gözlenmezken, ikinci haftada ve sonraki dönemde özellikle antioksidatif enzim aktivitelerinde anlamlı farklılıklar elde edildi. *Beta vulgaris cv. bianca* ve *Beta vulgaris cv. ansa* ile karşılaştırıldığında, *B. maritima*'da kalıtsal olarak, temel lipid peroksidasyonu miktarı düşük, süperoksit dismutaz (SOD), peroksidaz (POX), katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APOX) ve glutasyon redüktaz (GR) enzimlerinin aktiviteleri yüksek düzeydedir. *B. maritima*'da 150 ve 500 mM NaCl uygulamalarında da, kültür varyetelerine göre lipid peroksidasyonu miktarı düşük, süperoksit dismutaz (SOD), peroksidaz (POX), katalaz

(CAT), askorbat peroksidaz (APOX) ve glutasyon redüktaz (GR) enzimlerinin aktiviteleri yüksek düzeydedir.

Bu sonuçlar, *B. maritima*'nın oksidatif zarara karşı kalıtsal ve indüklenmiş yüksek antioksidant enzim aktiviteleri sayesinde, tuz stresine duyarlı olan şeker pancarı varyeteleri, *B. vulgaris* cv. *bianca* ve *B. vulgaris* cv. *ansa*'dan daha etkili bir korunma mekanizmasına sahip olduğunu göstermektedir.

Anahtar sözcükler : *Beta vulgaris* L., *Beta maritima* L., şeker pancarı, antioksidantlar, tuz stresi

ABSTRACT

**INVESTIGATION OF CHANGES IN THE ANTIOXIDANT
LEVELS OF DIFFERENT BEET GENOTYPES
DEPENDING ON SALT STRESS**

YILMAZ BOR Melike

Ph. D. in Biotechnology

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Filiz ÖZDEMİR

June 2002, 64 Pages

In this thesis, the effects of salt stress, on two sugar beet varieties, *Beta vulgaris cv. bianca*, *Beta vulgaris cv. ansa* and their wild relative, *Beta maritima*, were studied for different lengths of time and salt concentrations. We aimed to determine the differences between growth parameters, photosynthetic efficiency, relative water content, photosynthetic pigments, protein, pyroline, lipid peroxidation contents and activities of antioxidative enzymes like superoxide dismutase, peroxidase, catalase, ascorbate peroxidase and glutathione reductase, for the cultivated varieties and wild species.

In the first week of salt stress, the parameters mentioned above were generally not significantly different in all groups, but in the long term, significant differences were observed especially in the antioxidative enzymes' activities. In *B. maritima* the constitutive level of lipid peroxidation was lower, but activities of superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POX), ascorbate peroxidase (APOX), catalase (CAT) and glutathione reductase (GR) were inherently higher than in *B. vulgaris cv. bianca* and *ansa*. Compared to *B. vulgaris*, lipid peroxidation was also lower and the activities of SOD, POX, APOX, CAT and GR were higher in *B. maritima*, at the end of the experimental period in both salt concentrations.

These results possibly suggest that the wild salt tolerant beet, *B. maritima* exhibit a better protection mechanism against oxidative damage by maintaining a higher constitutive and induced activity of antioxidant enzymes than the relatively sensitive plants of the sugar beet, *B. vulgaris* cv. *bianca* and *B. vulgaris* cv. *ansa*.

Key words: *Beta vulgaris* L., *Beta maritima* L., sugar beet, antioxidants, salt stress

TEŞEKKÜR

Bu doktora tez çalışması, Ege Üniversitesi Araştırma Fon Saymanlığı 2000-BİYO-001 No. 'lu ve TÜBİTAK-TOTAG 2714 No. 'lu projelerle desteklenmiştir. Her iki kuruma da sağladıkları destek için teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Tez çalışmamın tüm aşamalarında, bilimsel ve insani yönleri ile her konuda bana verdiği maddi-manevi destek ve her zaman doğru yaklaşımlarla, yanımda yer alarak, gelecek için olumlu adımlar atmamı sağlayan değerli hocam, Doç. Dr. Filiz ÖZDEMİR'e; yoğun çalışma temposuna rağmen, maddi-manevi her zaman yanımda yer alarak ilgisini ve desteğini eksik etmeyen sevgili eşim Dr. Tahir BOR'a; bana huzurlu bir çalışma imkanı sağlayan ve her zaman her türlü desteklerini hissettiğim aileme; gösterdiği anlayıştan dolayı oğluma; tez projesinin her döneminde değerli katkılarından dolayı, Prof. Dr. İsmail TÜRKAN'a; laboratuvar çalışmalarındaki desteklerinden dolayı, Araş. Gör. Tijen DEMİRAL ve Araş. Gör. Hediye SEKMEN'e; araştırmamızda kullanılan tohumların sağlanmasında yardımcı olan Dr. Ayfer TAN ve Dr. Osman Erdem ÖZGÜR'e; her türlü yardım ve destekleri için Doç. Dr. Figen ZİHNİOĞLU'na, Yrd. Doç. Dr. Sacide PEHLİVAN'a, Yrd. Doç. Dr. Nurdan PAZARLIOĞLU'na, teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	V
ABSTRACT	VII
TEŞEKKÜR	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	XIII
ÇİZELGELER DİZİNİ	XVI
1. GİRİŞ.....	1
2. MATERYAL METOD	10
2.1 Bitki Materyalinin Yetiştirilmesi ve Örnekleme.....	10
2.2 Büyüme Parametrelerini İncelenmesi.....	11
2.3 Fotosentetik Verimin Ölçülmesi.....	11
2.4 Fotosentetik Pigment Miktarının Belirlenmesi.....	11
2.5 Bağlı Su İçeriği.....	12
2.6 Total Protein Miktarının Belirlenmesi.....	12
2.7 Antioksidant Enzim Aktivitelerinin Belirlenmesi.....	13
2.7.1 Süperoksit Dismutaz Enziminin Aktivitesinin Belirlenmesi.....	13
2.7.2 Peroksidaz Enziminin Aktivitesinin Belirlenmesi.....	13
2.7.3 Katalaz Enziminin Aktivitesinin Belirlenmesi.....	13
2.7.4 Askorbat Peroksidaz Enziminin Aktivitesinin Belirlenmesi.....	14
2.7.5 Glutasyon Redüktaz Enziminin Aktivitesinin Belirlenmesi.....	14
2.8 Prolin Miktarının Belirlenmesi.....	14
2.9 Lipid Peroksidasyonu Miktarının Belirlenmesi.....	15
2.10 İstatistiksel Analizler.....	15
3. SONUÇLAR.....	20
3.1 Büyüme parametreleri ile ilgili sonuçlar.....	20

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.2 Fotosentetik verim ile ilgili sonuçlar.....	24
3.3 Fotosentetik pigment içeriği ile ilgili sonuçlar.....	24
3.4 Bağlı su içeriği ile ilgili sonuçlar.....	27
3.5 Total protein miktarı ile ilgili sonuçlar.....	27
3.6 Antioksidant Enzim Aktiviteleri İle İlgili Sonuçlar.....	29
3.6.1 Süperoksit dismutaz (SOD) enzimi ile ilgili sonuçlar.....	29
3.6.2 Peroksidaz (POX) enzimi ile ilgili sonuçlar.....	31
3.6.3 Katalaz (CAT) enzimi ile ilgili sonuçlar.....	33
3.6.4 Askorbat peroksidaz (APOX) enzimi ile ilgili sonuçlar.....	35
3.6.5 Glutasyon redüktaz (GR) enzimi ile ilgili sonuçlar.....	37
3.7 Prolin Miktarları İle İlgili Sonuçlar.....	39
3.8 Lipid Peroksidasyonu İle İlgili Sonuçlar.....	41
3.9 İstatistiksel Analiz Sonuçları.....	43
4. TARTIŞMA.....	44
5. KAYNAKLAR DİZİNİ.....	50
6. ÖZGEÇMİŞ.....	64

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 : <i>Beta vulgaris cv bianca</i> , <i>Beta vulgaris cv ansa</i> ve <i>Beta maritima</i> bitkileri 0. gün.....	16
Şekil 2.2 : <i>Beta vulgaris cv bianca</i> farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 6. gün.....	16
Şekil 2.3 : <i>Beta vulgaris cv ansa</i> farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 6. gün.....	17
Şekil 2.4 : <i>Beta maritima</i> farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 6. gün.....	17
Şekil 2.5 : <i>Beta vulgaris cv bianca</i> farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 28. hafta...	18
Şekil 2.6 : <i>Beta vulgaris cv ansa</i> farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 28. hafta.....	18
Şekil 2.7 : <i>Beta maritima</i> farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 28. hafta.....	19
Şekil 3.1 : <i>Beta vulgaris cv bianca</i> (A), <i>Beta vulgaris cv ansa</i> (B) ve <i>Beta maritima</i> (C) bitkilerinde farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) total protein miktarındaki (mg / g yaş ağırlık) değişimler 0., 6., 12. günlerde ve 28. haftada verilmiştir.....	28
Şekil 3.2 : <i>Beta vulgaris cv bianca</i> (A), <i>Beta vulgaris cv ansa</i> (B) ve <i>Beta maritima</i> (C) bitkilerinde farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) total SOD aktivitesindeki (ünite / g yaş ağırlık) değişimler 0., 6., 12. günlerde ve 28. haftada verilmiştir.....	30

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Sayfa

- Şekil 3.3 : *Beta vulgaris cv bianca* (A), *Beta vulgaris cv ansa* (B) ve *Beta maritima* (C) bitkilerinde farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) total POX aktivitesindeki (ünite / g yaş ağırlık) değişimler 0., 6., 12. günlerde ve 28. haftada verilmiştir..... 32
- Şekil 3.4 : *Beta vulgaris cv bianca* (A), *Beta vulgaris cv ansa* (B) ve *Beta maritima* (C) bitkilerinde farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) total CAT aktivitesindeki (ünite / g yaş ağırlık) değişimler 0., 6., 12. günlerde ve 28. haftada verilmiştir..... 34
- Şekil 3.5 : *Beta vulgaris cv bianca* (A), *Beta vulgaris cv ansa* (B) ve *Beta maritima* (C) bitkilerinde farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) total APOX aktivitesindeki (ünite / g yaş ağırlık) değişimler 0., 6., 12. günlerde ve 28. haftada verilmiştir..... 36
- Şekil 3.6 : *Beta vulgaris cv bianca* (A), *Beta vulgaris cv ansa* (B) ve *Beta maritima* (C) bitkilerinde farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) total GR aktivitesindeki (ünite / g yaş ağırlık) değişimler 0., 6., 12. günlerde ve 28. haftada verilmiştir..... 38
- Şekil 3.7 : *Beta vulgaris cv bianca* (A), *Beta vulgaris cv ansa* (B) ve *Beta maritima* (C) bitkilerinde farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) prolin miktarındaki (μmol / g yaş ağırlık) değişimler 0., 6., 12. günlerde ve 28. haftada verilmiştir..... 40

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)**Sayfa**

Şekil 3.8 :*Beta vulgaris* cv *bianca* (A), *Beta vulgaris* cv *ansa* (B) ve *Beta maritima* (C) bitkilerinde farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) MDA miktarındaki (nmol / g yaş ağırlık) değişimler 0., 6., 12. günlerde ve 28. haftada verilmiştir.....

42

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 1.1: Çeşitli toprak tuzluluğu kademelerine bitkiler tarafından verilen yanıtlar (Amacher et al, 1997).....	3
Çizelge 1.2: Tarımsal bitkilerin verim düzeyinde tuz toleransları (Amacher et al, 1997).	3
Çizelge 3.1: <i>Beta vulgaris cv bianca</i> , <i>Beta vulgaris cv ansa</i> ve <i>Beta maritima</i> bitkilerinde, farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6. ve 12. günlerde gözlenen kök uzunluklarındaki (cm)değişimler.....	20
Çizelge 3.2: <i>Beta vulgaris cv bianca</i> , <i>Beta vulgaris cv ansa</i> ve <i>Beta maritima</i> bitkilerinde, farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6. ve 12. günlerde gözlenen gövde uzunluklarındaki (cm) değişimler.....	21
Çizelge 3.3: <i>Beta vulgaris cv bianca</i> , <i>Beta vulgaris cv ansa</i> ve <i>Beta maritima</i> bitkilerinde, farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6. ve 12. günlerde gözlenen kök yaş ve kuru ağırlıklarındaki (g) değişimler.....	22
Çizelge 3.4: <i>Beta vulgaris cv bianca</i> , <i>Beta vulgaris cv ansa</i> ve <i>Beta maritima</i> bitkilerinde, farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6. ve 12. günlerde gözlenen gövde yaş ve kuru ağırlıklarındaki (g) değişimler.....	23
Çizelge 3.5: <i>Beta vulgaris cv bianca</i> , <i>Beta vulgaris cv ansa</i> ve <i>Beta maritima</i> bitkilerinde, farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6. ve 12. günlerde gözlenen fotosentetik verimdeki (Fv/Fm değerleri) değişimler.....	24

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

Sayfa

Çizelge 3.6: <i>Beta vulgaris</i> cv <i>bianca</i> , <i>Beta vulgaris</i> cv <i>ansa</i> ve <i>Beta maritima</i> bitkilerinde, farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6. ve 12. günlerde gözlenen klorofil a miktarındaki (mg g yaş ağırlık ⁻¹) değişimler.....	25
Çizelge 3.7: <i>Beta vulgaris</i> cv <i>bianca</i> , <i>Beta vulgaris</i> cv <i>ansa</i> ve <i>Beta maritima</i> bitkilerinde, farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6. ve 12. günlerde gözlenen klorofil b miktarındaki (mg g yaş ağırlık ⁻¹) değişimler.....	25
Çizelge 3.8: <i>Beta vulgaris</i> cv <i>bianca</i> , <i>Beta vulgaris</i> cv <i>ansa</i> ve <i>Beta maritima</i> bitkilerinde, farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6. ve 12. günlerde gözlenen karotenoid miktarındaki (mg g yaş ağırlık ⁻¹) değişimler.....	26
Çizelge 3.9: <i>Beta vulgaris</i> cv <i>bianca</i> , <i>Beta vulgaris</i> cv <i>ansa</i> ve <i>Beta maritima</i> bitkilerinde, farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6. ve 12. günlerde gözlenen bağıl su içeriğindeki (%) değişimler.....	26
Çizelge 3.10: <i>Beta vulgaris</i> cv <i>bianca</i> , <i>Beta vulgaris</i> cv <i>ansa</i> ve <i>Beta maritima</i> bitkilerinde farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6.ve 12. günlerde, total protein miktarındaki (mg g ⁻¹ yaş ağırlık) değişimler.....	27
Çizelge 3.11: <i>Beta vulgaris</i> cv <i>bianca</i> , <i>Beta vulgaris</i> cv <i>ansa</i> ve <i>Beta maritima</i> bitkilerinde farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6.ve 12. günlerde, total süperoksit dismutaz aktivitesindeki (enzim unit g ⁻¹ yaş ağırlık) değişimler.	29

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

Sayfa

- Çizelge 3.12: *Beta vulgaris* cv *bianca*, *Beta vulgaris* cv *ansa* ve *Beta maritima* bitkilerinde farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6.ve 12. günlerde, peroksidaz aktivitesindeki (enzim unit g^{-1} yaş ağırlık) değişimler. 31
- Çizelge 3.13: *Beta vulgaris* cv *bianca*, *Beta vulgaris* cv *ansa* ve *Beta maritima* bitkilerinde farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6.ve 12. günlerde, katalaz aktivitesindeki (enzim unit g^{-1} yaş ağırlık) değişimler. 33
- Çizelge 3.14: *Beta vulgaris* cv *bianca*, *Beta vulgaris* cv *ansa* ve *Beta maritima* bitkilerinde farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6.ve 12. günlerde, askorbat peroksidaz aktivitesindeki (enzim unit g^{-1} yaş ağırlık) değişimler. 35
- Çizelge 3.15: *Beta vulgaris* cv *bianca*, *Beta vulgaris* cv *ansa* ve *Beta maritima* bitkilerinde farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6.ve 12. günlerde, glutasyon redüktaz aktivitesindeki (enzim unit g^{-1} yaş ağırlık) değişimler. 37
- Çizelge 3.16: *Beta vulgaris* cv *bianca*, *Beta vulgaris* cv *ansa* ve *Beta maritima* bitkilerinde farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6.ve 12. günlerde, prolin miktarındaki $\mu mol g^{-1}$ yaş ağırlık) değişimler. 39
- Çizelge 3.17: *Beta vulgaris* cv *bianca*, *Beta vulgaris* cv *ansa* ve *Beta maritima* bitkilerinde farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6.ve 12. günlerde, lipid peroksidasyonundaki (malondialdehit miktarı - nmol g^{-1} yaş ağırlık) değişimler..... 40

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)**Sayfa**

Çizelge 3.18: <i>Beta vulgaris</i> cv <i>bianca</i>, <i>Beta vulgaris</i> cv <i>ansa</i> ve <i>Beta maritima</i> bitkilerinde gözlenen farklılıkların (F değerleri), tuz konsantrasyonları (T), günler (G) ve türler (B) düzeyinde istatistiksel analizleri.....	43
---	-----------



FARKLI PANCAR GENOTİPLERİNDE TUZ STRESİNE BAĞLI OLARAK ANTİOKSİDANT DÜZEYLERİNDEKİ DEĞİŞİMLERİN ARAŞTIRILMASI

1. GİRİŞ

Pancar bitkisinin, şeker pancarı, yemlik pancar, pazı, ıspanak pancarı, kırmızı ve sarı pancar gibi pek çok kültür türü vardır. Kültür türlerinden, ülkemizde, doğudan-batıya, kuzeyden-güneye çok çeşitli bölgelerde tarımı yapılan şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.), ekonomik açıdan büyük öneme sahip bir bitkidir. Ayrıca ülkemizde, *Beta maritima*, *Beta macrorhiza*, *Beta lomatogona*, *Beta patellaris*, *Beta corolliflora* gibi pek çok yabancı tür de doğal olarak yetişmektedir (Tan, 1992).

Beta yabancı türleri, dünya üzerinde çok geniş bir alanda; Anadolu'dan, Doğu Akdeniz'e, Orta Asya steplerinden, Hindistan'a, Akdeniz havzasından, Kanarya adalarına ve Atlantik sahili boyunca Kuzey Denizi'ne kadar çok geniş bir yayılım göstermektedirler. Bu türler, genelde, tuza ve kuraklığa dayanıklı oldukları için aynı ortamda bulundukları diğer bitkilere üstünlük sağlarlar.

Belirtilen yabancı türlerden biri olan *B. maritima*, genellikle deniz tuzunun ulaşabildiği sahillerde, iç kısımlarda tuzlu bataklıklarda, tuzlu boş arazilerde doğal yayılım gösterir (Zohary, 1966; Ford-Lloyd et al. 1982; Tan 1982; 1992). Özellikle, Akdeniz ve Ege sahil kesimi, uzun sıcak yaz periyotlarına sahiptir ve buralarda doğal yayılım gösteren bitkiler, bu koşullara çok iyi adapte olmuşlardır. Ayrıca, *B. maritima* gibi sahil şeridinde yaşayan bitkilerin rüzgar ile taşınan deniz suyuna da maruz kaldığı bilinmektedir ve bu nedenle tuza doğal tolerans gösterdiği belirtilmektedir (Evans ve Wier, 1981; Marschner et al. 1981).

Diğer kültür bitkileri ile karşılaştırıldığında şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.) her ne kadar, tuza ve kuraklığa dayanıklı bir tür olarak kabul edilse de (Katerji et al. 1997; Hanson and Wyse, 1982), bu bitkinin çimlenme ve erken fide döneminde tuz stresinden olumsuz etkilendiği ve bu nedenle önemli derecede verim kayıpları

meydana geldiği birçok araştırmacı tarafından vurgulanmıştır (Durrant et al., 1974; Ghoulam and Fares, 2001; Ghoulam et al. 2002).

Şeker pancarı ile yapılan stres fizyolojisi çalışmaları incelendiğinde, bunların daha çok kuraklık stresinin, ürün verimi üzerine etkilerine yönelik olduğu görülmüştür. Azam Ali et al. (1994) tarafından yapılan bir araştırmada, kuraklık sonucu ürün veriminin üçte bir oranda azaldığı saptanmıştır. Bunun yanı sıra, şeker kalitesi, kuraklık sonucu, depo kökte oluşan bazı bileşikler (özellikle azot içeren) nedeniyle bozulur ve bu bileşikler şeker ekstraksiyonunu da engeller (Brown et al., 1987). Kurak koşullarda, şeker pancarı bitkisinde, transpirasyonu azaltmak amacıyla, stoma iletkenliğini de azaltıldığından, ortamda fotosentez için gerekli, CO₂ miktarı yeterli düzeyde kalmaz, bu da fotosentetik verimi düşürür (Lawlor and Milford, 1975). Yine bu bitkide yapılan bir başka çalışmada, kuraklığın, Kalvin döngüsü enzimlerinin aktivitesini azalttığı ve bu şekilde fotosentezin etkilendiği bulunmuştur (O'toole et al., 1976).

Kuraklığın yanı sıra, verimli tarımsal toprakların tuzlanması (özellikle NaCl tuzluluğu), tüm dünyada ve özellikle de gelişmekte olan ülkelerde, giderek büyük bir sorun haline gelmektedir. Çeşitli kaynaklara göre, tuzlu toprakların dünya genelindeki yüzölçümü 340 milyon ile 1.0 milyar hektar arasında değişmektedir (Massoud, 1974; Christiansen, 1982). Ülkemiz topraklarının büyük bir kısmında olduğu gibi, kurak ve yarı-kurak topraklarda, ekonomik türlerin yetiştirilmesi için yağışların yeterli olmadığı dönemlerde sulama yapılmaktadır. Sulama sonucunda topraklarda çok çeşitli tuz iyonları birikir. Yapılan araştırmalar, dünya üzerinde sulama yapılan toprakların üçte birinin aşırı tuzlanmaya maruz kaldığını göstermiştir (Ekholm, 1975; Kovda 1980).

Toprak tuzluluğu, doymun toprakların sıvı fazının elektriksel iletkenliği (EC_e) ölçülerek belirlenir ve birimi desisimens/metre'dir (dS/m) (Amacher et al, 1997). Çizelge 1.1'de bitkilerin genel olarak toprak tuzluluğuna verdikleri cevaplar gösterilmiştir. Ayrıca, çizelge 1.2'de ekonomik türlerden bazılarının, toprak tuzluluğunun çeşitli derecelerine gösterdikleri tolerans verilmiştir.

Çizelge 1.1 : Çeşitli toprak tuzluluğu kademelerine bitkiler tarafından verilen yanıtlar (Amacher et al, 1997).

Tuzluluk (EC_e , dS/m)	Bitkilerin Yanıtı
0 ile 2	Genellikle etkilenmezler
2 ile 4	Duyarlı bitkilerin büyümleri engellenir
4 ile 8	Bir çok bitkinin büyümesi engellenir
8 ile 16	Sadece dayanıklı bitkiler büyümlerini sürdürür
16'nın üzeri	Çok az sayıdaki, çok dayanıklı bitkiler büyümlerini sürdürür

Çizelge 1.2 : Tarımsal bitkilerin verim düzeyinde tuz toleransları (Amacher et al, 1997).

Bitki Adı	Sınır Değeri (EC_e , dS/m)	% 10 verim kaybı (EC_e , dS/m)	% 25 verim kaybı (EC_e , dS/m)	% 50 verim kaybı (EC_e , dS/m)
Arpa	8.0	9.6	13.0	17.0
Fasulye	1.0	1.5	2.3	3.6
Mısır	1.7	2.5	4.0	6.0
Buğday	4.7	7.0	9.5	13.0
Ayçiçeği	2.3	3.2	4.7	6.3
Ş. Pancarı	6.7	8.7	11.0	15.0
Havuç	1.0	1.7	2.8	4.6
Isparnak	3.7	5.5	7.0	8.0
Domates	2.5	3.5	5.0	7.6
Patates	1.7	2.5	3.8	5.9
Elma	1.7	2.3	3.3	4.8
Üzüm	1.5	2.5	4.1	6.7
Çilek	1.0	1.3	1.8	2.5
Kiraz	0.9	1.9	2.2	3.1

Tuz stresi, bitkilerin yetiştirildikleri ortamda, büyüme ve gelişmelerini olumsuz etkileyecek düzeyde, yani aşırı miktarda çözünmüş tuzların bulunması sonucu ortaya çıkar (Yahya, 1998). Özellikle kültür bitkileri, toprakların tuzlanmasıdan çok zarar görmektedir ve her yıl bu nedenle büyük verim kayıpları meydana gelmektedir. Toprakta bulunan tuz, su potansiyelini düşürerek ve mineral alınımını engelleyerek bitkilerin tüm büyüme ve gelişme faaliyetlerini olumsuz etkiler. Tuz zararlarının etki konsantrasyonları, türlerin genetik özelliklerine, bitkinin bulunduğu büyüme dönemine, çevresel etkileşimlere ve tuzluluğu oluşturan iyonun cinsine göre farklılık gösterir. Yabani türler, özellikle tuzlu bataklık, deniz kenarları gibi yerlerde yayılış gösterenler, çok ekstrem konsantrasyonlarda bile yaşamlarını sürdürebilirken, kültür bitkileri kök çevrelerinde ancak çok düşük bir tuz konsantrasyonuna toleranslıdır. Daha önceden de belirtildiği gibi, genellikle, 2600mg/l ($\approx$ 4dS/m) den yüksek konsantrasyonlar bu bitkilerde toksik etki gösterir (Shannon et al. 1994).

Tuz stresi, bitkilerde önce kökler tarafından algılanmasına rağmen, büyüme gerilemesi ve iyon toksisitesi yapraklarda görülür. Özellikle halofit olmayan bitkilerde, yaprak büyümesi azalırken, kök büyümesi daha az etkilendiği için, kök / gövde oranı artar (Munns ve Termaat, 1986). Bu etki tuz stresinin kısa-dönem (bir veya iki gün) etkileri grubuna girer. İkinci grup etkiler yani, uzun-dönem (haftalar, aylar) etkileri, kök bölgesinde tuz varlığı sonucunda toprak suyunun ozmotik potansiyelinin düşmesi ve bitkinin turgorunu kaybetmesi sonucu ortaya çıkar. Turgor kaybı sonrasında, hücre bölünmesi, gelişimi, ve uzaması olumsuz etkilenir, ayrıca stomaların kapanması sonucunda gaz alışverişi önlediği için, fotosentez ve solunum engellenir (Kingsbury et al. 1984; Munns ve Termaat, 1986, Pasternak, 1987). Bunların yanı sıra, tuzun bitki beslenmesi üzerindeki etkileri, Na ve Cl birikimi ile direkt toksisite veya aşırı element birikimi sonucu besin alınımında meydana gelen dengesizlikler olarak belirlemektedir (Pasternak, 1987). Örneğin, bitki hücrelerinde, enzimatik ve metabolik fonksiyonlar için esansiyel olan K^+ (Glass, 1989)

sitoplazmada yüksek Na^+ varlığında etken biçimde fonksiyon gösteremez ve taşınımları da Na^+ toksisitesinin sonucu olarak zarar görür (Wyn Jones et al., 1979).

Yüksek tuz konsantrasyonlarında, suyun hücre dışına, iyonların ise hücre içine taşınım dengesi bozulur. Örneğin, ortamda aşırı Na^+ varlığında, hücre hızla suyunu kaybederken, iyonlar içeride birikir, böylece sitoplazmada Na^+ konsantrasyonu hızla artarken, iyon taşınımı ve hücrenin büyümesi ile ilgili tüm biyokimyasal reaksiyonlar zarar görür (Hayashi and Murata, 1998). Tuz stresi koşullarında, ortamda aşırı Na^+ varlığı veya yüksek Na^+/K^+ oranı enzimatik aktivite için çok tehlikelidir. Na^+ 'un aktif bir şekilde dışarıya atılması, Na^+ -ATPase pompası veya Na^+/H^+ antiport mekanizmaları ile gerçekleştirilir. Bitki hücrelerinde, Na^+/H^+ antiportu plazma membranında veya tonoplastta yer alarak sitoplazmada mümkün olan en düşük Na^+ düzeyini sağlamaya çalışır. Tuz varlığında, Na^+/H^+ antiportunun aktivitesinin arttığı saptanmıştır (Hayashi and Murata, 1998).

Bitkiler tuza verdikleri cevaplara göre halofitler ve glükofitler olarak iki farklı grupta incelenebilirler. Halofitler, doğal ortamlarında tuza toleranslıdırlar ve genellikle belirli bir düzeye kadar ortamdaki tuz (NaCl) miktarı ($\approx 170 - 250 \text{ mM}$) gelişmelerini olumlu yönde etkiler (Lauchli and Epstein, 1984). Bitkilerde tuz toleransının temel mekanizmaları; Na^+ 'un etkili bir şekilde dışarı atılmasını veya hücre içinde kademelenmesini, yüksek K^+ konsantrasyonlarını, doku dehidrasyonuna toleransı, prolin ve glisin betain gibi osmolitlerin sentezini ve Cl^- 'un hücrede etkin kademelenmesini içermektedir (Matoh et al., 1988; Bousier ve Lauchli, 1989). Bazı halofitler, Na ve Cl elementlerini, çok yüksek oranlarda alarak yapraklarında biriktirirler ve bunları düşük toprak su potansiyelini yenebilmek için ozmotik düzenleyici olarak kullanırlar (Lauchli and Epstein, 1984 ; Matoh et al. 1988). Bu iyonlar, yaprak hücrelerinin vakuolünde biriktirilir ve bu şekilde sitoplazma ve organellerde düşük iyon konsantrasyonları sağlanarak enzimatik ve metabolik fonksiyonlar zarar görmeden devam edebilir (Ramani ve Kannan, 1986 ; Matoh et al. 1988). Sitoplazmadaki ozmotik düzenlenme bu bitkilerde, enzimatik ve metabolik

olarak sentezlenen glisin betain, prolin gibi azot içeren bileşiklerle veya sorbitol, mannitol gibi şeker içeren bileşiklerle sağlanır. Buna ilave olarak, vakuolü sitoplazmadan ayıran membran olan, tonoplast, tuz stresi altında, turgor basıncını koruyarak ve çözgen gradientlerini ayarlayarak osmotik düzenlemeye yardımcı olur (Shannon et al. 1994).

Glikofitler, tuza -çok duyarlıdan, orta derecede toleranslıya- kadar çok farklı gruplar içerirler. Tarımı yapılan türlerin büyük bir çoğunluğu glikofitik karakterde olduğu için bu grupta yer alan ve tuza verdikleri cevaplar açısından her zaman kesin sınırlarla birbirlerinden ayrılamayan bu bitkileri incelemek araştırmacılar için çok daha ilgi çekici olmuştur. Genellikle toleranslı kabul edilen türlerin adaptasyon mekanizmaları, uzak durmak, toksik tuzların köklerden dışarı atılması, aktif dışarı atan pompalar ve subsellüler lokalizasyon gibi çeşitli stratejileri içerir (Stavarek ve Rains, 1983; Lauchli ve Epstein, 1984; Pasternak, 1987).

Pek çok organizma tarafından tuza tolerans mekanizmalarından biri olan, yukarıda adı geçen ozmotik koruyucu bileşiklerin sentezlenmesi ve hücre içinde biriktirilmesi ile çevrenin su potansiyeli ile eşit hücre içi su potansiyeli sağlanmaya çalışılmaktadır (Hayashi and Murata, 1998). Bu bileşikler ozmotik koruyucu olarak ve proteinlerin yapılarını kararlı hale getirerek önemli görevler üstlenirler. Şekerlerden, sükroz, trihaloz, glikosilgliserol, vb., şeker alkollerinden, mannitol, sorbitol, gliserol, vb., amino asitlerden, glutamat, prolin ve quaterner amonyum bileşiklerinden, glisin betain, prolin betain , β -alaninebetaine vb. düşük molekül ağırlığına sahip, toksik olmayan bileşikler olmaları nedeniyle hücre düzeyinde normal fizyolojik proseslere zarar vermeden, yüksek konsantrasyonlara kadar birikebilmektedirler (Hayashi and Murata, 1998).

Optimum büyüme koşullarında hücreler antioksidant enzim ve metabolitler sayesinde, aktif oksijen türlerinin vereceği zararlardan korunurlar. Bu türlerin oluşumu ve elimine edilmesi reaksiyonları normalde denge halindedir (Halliwell, 1982; Foyer et al., 1994). Bitkilerde, yüksek ışık şiddeti, farklı sıcaklık dereceleri,

kuraklık, herbisit uygulamaları veya mineral eksiklikleri gibi çeşitli çevresel koşullar, reaktif oksijen türlerinin üretimi ve elimine edilmesi arasındaki dengeyi bozarlar ve sonuçta oksidatif zarar meydana gelir. Normal aerobik metabolizma sonucu, mitokondri ve kloroplastlardaki elektron taşıma zincirinden sızan elektronlar, O_2 ile etkileşime girerek süperoksit (O_2^-), hidrojen peroksit (H_2O_2), ve hidroksil radikali (OH) gibi aktif oksijen türlerini oluştururlar (Halliwell ve Gutteridge, 1985). Ayrıca temel formdaki oksijen enerjistik aktivasyon sonucu tek değerlikli oksijene ($^1O_2$) dönüşebilir (Elstner, 1987). Bu sitotoksik aktif oksijen türleri, lipidlere (Fridovic, 1986; Wise ve Naylor, 1987), proteinlere (Halliwell ve Gutteridge, 1985; Davies, 1987) ve nükleik asitlere (Fridovic, 1986; Imlay ve Linn, 1988) oksidatif zarar vererek normal metabolizmayı etkiler. Fotosentez sırasında ortaya çıkan içsel oksijen konsantrasyonunun yüksek olması nedeniyle, kloroplastlar, aktif oksijen türlerinin yaygın olarak bulunabileceği organellerdir (Steiger et al, 1977; Asada ve Takahashi, 1987).

Bu konuda çok çeşitli çalışmalar yapılmıştır ve literatürde pek çok bitkinin oksidatif strese verdiği yanıtlar ve etkileşim mekanizmaları anlatılmıştır (Harper ve Harvey, 1978; Dhindsa ve Matowe, 1981; Wise ve Naylor, 1987; Monk ve Davies, 1989; Spychalla ve Desborough, 1990; Çakmak ve Marschner, 1992; Pollé et al., 1992). Belirtilen çalışmaların sonuçlarına göre, temel ve yüksek antioksidant seviyelerine sahip bitkiler çevresel stresler sonucu ortaya çıkan oksidatif zararlara karşı daha dayanıklıdır (Harper ve Harvey, 1978; Dhindsa ve Matowe, 1981; Wise ve Naylor, 1987; Monk ve Davies, 1989; Spychalla ve Desborough, 1990). Genelde, bitkilerin oksidatif strese maruz kalmaları, antioksidant savunma sistemi ile ilgili substratların ve gen ürünlerinin artmasına neden olur, bu yüzden, transkripsiyonel ve post translasyonel düzenlenmeler gerektirir. (Foyer ve Mullineaux, 1994). Bitkilerde bu düzenlenmelerin etkenliği bir bitkinin strese-hassas veya strese-dayanıklı olması ayırımının temelini oluşturur.

Bitkilerde, aktif oksijen türlerini elimine etmek ve serbest radikallerden korunmak için, enzimatik olan ve olmayan korunma mekanizmaları vardır. Süperoksit dismutaz (SOD), peroksidaz (POX), askorbat peroksidaz (APOX), katalaz (CAT) ve glutasyon redüktaz (GR) antioksidant enzimlerin başında gelirler. Bunların yanı sıra, β -karoten gibi karotenoidler, askorbat, glutasyon, α -tokoferol ve bazı fenolik bileşikler gibi enzim olmayan bileşikler de savunma sisteminde yer alır (Halliwell and Gutteridge, 1989; Bowler et al. 1992; Shalata et al. 2001).

Süperoksit dismutaz, savunma mekanizmasının ilk basamağı olan, süperoksitin, oksijen ve H_2O_2 'ye dönüşümünü gerçekleştirir. Eğer süperoksit radikali bu aşamada etkisiz hale getirilmezse, süper oksit özellikle üç değerlikli (Fe ve Cu) metallerle birleşerek oksitlenmelerine neden olur, bunun sonucunda bitkiler için çok tehlikeli olan ve metabolizmada herhangi bir yok edilme mekanizması bulunmayan hidroksil radikali ($\cdot OH$) oluşur. Bundan sonraki aşama olan H_2O_2 'in elimine edilmesi, hücrenin farklı bölümlerinde lokalize olmuş katalaz ve peroksidaz enzimleri veya askorbat-glutasyon döngüsü enzimleri tarafından gerçekleştirilir (Foyer et al. 1994; Fridovic, 1978).

Askorbat-glutasyon döngüsünde anahtar role sahip, kloroplastlardaki peroksidaz sınıfı bir enzim olan askorbat peroksidaz, askorbik asiti elektron verici olarak kullanarak H_2O_2 'i suya indirger (Bowler et al. 1992). Bu reaksiyon sırasında askorbat, monodehidroaskorbata (MDHA) okside olur. MDHA, askorbata, monodehidroaskorbat redüktaz enzimi tarafından dönüştürülerek ortamdaki askorbat miktarı belirli bir düzeyde tutulur (Asada, 1994; Foyer et al, 1994). Bununla birlikte, iki molekül monodehidroaskorbat, enzimatik olmayan bir başka yol ile MDHA ve dehidroaskorbata (DHA) dönüşebilir. Daha sonra DHA, dehidroaskorbat redüktaz enzimi tarafından dehidroaskorbat ve glutasyon redüktaz yolu ile askorbata indirgenir (Asada, 1994). Bu yolda, indirgenmiş glutasyon (GSH), dehidroaskorbat redüktaz aktivitesi ile okside glutasyona (GSSG), GSSG'de glutasyon redüktaz (GR) enzimi tarafından tekrar indirgenmiş forma GSH'ye dönüştürülür (Asada, 1994). Glutasyonun

antioksidant özelliği GSH'deki, tripeptidin SH grubunun GSSG'deki disülfite oksidasyonuna bağlıdır (Smith et al. 1989). Ortamda NADPH varlığıyla glutasyon redüktaz tarafından, indirgenmiş glutasyonun okside forma oranı daima daha yüksek tutulur. Bu reaksiyonlar da ortamda, hidroksil radikalinin varlığını azaltır ya da oluşumunu engeller (Madhava and Sresty, 2000).

Çalışmamızda, Ankara'daki şeker Enstitüsün'den temin ettiğimiz, ölkemizde kültürü yapılan iki farklı kültür varyetesi (*Beta vulgaris L. cv.ansa* ve *Beta vulgaris L. cv. bianca*) ile Menemen'deki Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsün'den sağladığımız yabani tür *Beta maritima L.* bitkilerinin tuz stresine verdikleri farklı biyokimyasal ve fizyolojik cevaplar incelenerek karşılaştırmalı bir araştırma yapılması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL METOD

2.1 Bitki Materyalinin Yetiştirilmesi, Deneme deseni ve Örneklem

Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden temin edilen *Beta maritima* tohumları ve Ankara'daki Şeker Pancarı Enstitüsü'nden sağlanan *Beta vulgaris cv. bianca* ve *Beta vulgaris cv. ansa* tohumları, 20x30 cm'lik saksılara perlit içine ekildi. Yaklaşık bir haftalık çimlenme döneminden itibaren bitkiler 2'şer günlük periyotlarda ½ oranında seyreltilmiş Hoagland çözeltisi ile sulandı. Yetiştirme ortamı koşulları, 16 saat aydınlık / 8 saat karanlık, 25 / 20 °C sıcaklık, yaklaşık % 60-70 nem ve 350 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışıktır.

Çalışmamızda, birbirinden bağımsız 2 deneme serisi kuruldu. Her deneme serisinde, kültür varyetelerinden, 40'ar, yabancı türden ise 30 saksıya 10'ar tohum ekildi. Çimlenme yüzdeleri yaklaşık olarak kültür varyetelerinde 1. deneme serisinde, % 85; 2. deneme serisinde ise % 90; *Beta maritima*'da ise her iki seride de % 70-75 oranındaydı. Bitkiler tuz uygulaması öncesi döneme ulaştıklarında, sağlıklı bitki sayısı, kültür varyetelerinde, 1. seride yaklaşık 320, 2. seride, yaklaşık 350; yabancı türde ise, her iki seride de yaklaşık, 220 olarak belirlendi. Bu şekilde toplam olarak, 3 uygulama (0, 150 ve 500) ve 3 gün (0, 6, 12) için, kültür varyetelerinden, her gruba yaklaşık 30'ar; yabancı türde ise her gruba yaklaşık 25'er bitki ayrıldı.

Bitkiler, dört yapraklı olgunlaşma dönemine (40 günlük) ulaştıklarında (şekil 2.1), 12 gün süre ile, tuz stresine maruz bırakıldılar. Her grup, 0, 150 ve 500 mM NaCl olmak üzere üç farklı uygulama grubuna ayrıldı (şekil 2.2-2.4). Tuz uygulaması yine ½ oranında seyreltilmiş Hoagland çözeltisine belirtilen konsantrasyonlarda NaCl çözeltilerinin karıştırılması ve 2'şer günlük periyotlarda sulama yapılması yoluyla gerçekleştirildi.

Total protein, antioksidant enzim aktiviteleri, prolin, lipid peroksidasyonu ve fotosentetik pigment analizlerinde kullanılmak üzere, tamamen olgunlaşmış yapraklardan, (genellikle dördüncü yapraklar) NaCl uygulamasının 0., 6. ve 12.

günlerinde alınarak, çok hızlı bir şekilde sıvı azotta donduruldu ve analiz gününe kadar -20°C 'de saklandı. 12. gün analizleri ve örnekleme sonrasında, geriye kalan bitkilere, 28 hafta süre ile tuz stresi uygulamasına devam edildi (şekiller 2.5-2.7). Bu süre sonunda, yeterli bitki sayısı sağlanamadığı için 28 haftalık gruplardan sadece, total protein, antioksidant enzim, lipid peroksidasyonu ve prolin analizleri için örnekleme yapıldı. Her grupta, kendi içinde 3'er tekrarı sağlayacak miktarda bitki örneği alındı ($n=6$).

2.2 Büyüme Parametrelerinin İncelenmesi

Bitkiler, 40 günlük büyüklüğe ulaştıktan sonra, sırasıyla tuz uygulamasının, 0., 6. ve 12. günlerinde büyüme parametreleri incelendi. Tüm gruplardan (kontrol, 150 ve 500 mM NaCl uygulanmış) 10'ar bitkide kök, toprak üstü organların uzunluğu ölçüldü, kök, toprak üstü organların yaş ve kuru ağırlıkları tartıldı (kuru ağırlık, bitkiler 48 saat süre ile $65-70^{\circ}\text{C}$ etüvde kurutulduktan sonra tartıldı). 28 haftalık bitkilerde, tüm gruplarda yeterli tekrarı sağlayacak birey sayısı bulunmadığı için büyüme verilerine ait parametreler ölçülmedi.

2.3 Fotosentetik Verimin Ölçülmesi

Fotosentetik verim, Plant Efficiency Analyser (Licor marka) cihazı ile ölçüldü. Her gruptan yaklaşık 1cm^2 yüzey alanına sahip yaprak örnekleri alındı. Yaprak fluoresansının daha önceden saptanmış en yüksek değere ulaştığı süre olan 30 dakika boyunca bu örnekler karanlıkta bekletildi. Ölçüm yapılarak her bitki örneği için F_v / F_m değerleri kaydedildi.

2.4 Fotosentetik Pigment Miktarının Belirlenmesi

Her gruptan alınan 0.5 g yaş yaprak örneği % 80'lik (v/v) aseton ile homojenize edildi. Klorofil a için 663 nm'de, klorofil b için 645 nm'de ve karotenoid için 480

nm'de absorbans alındı (Arnon, 1949). Aşağıda verilen formüllere göre miktarları hesaplandı.

$$K_{la} = 663_{abs} \times 12,70 - 645_{abs} \times 2,69$$

$$K_{lb} = 645_{abs} \times 22,90 - 663_{abs} \times 4,68$$

$$Karotenoid = 480_{abs} + 663_{abs} \times 0,114 - 638_{abs} \times 645_{abs} / 112,50$$

2.5 Bağlı Su İçeriği

Bağlı su içeriğinin belirlenmesi için her örnekleme gününde (0., 6. ve 12. günler) olgunlaşmış yaprak örneklerinin yaş ağırlıkları tespit edildi. Turgorlu hale getirilmek için bu yapraklar 7 saat süre ile suda bekletildi. Bu süre sonunda, tartılan yaprak örnekleri, 48 saat süre ile 65-70 °C'de etüvde kurutuldu. Kuru ağırlıkları tartılan örneklerin bağlı su içeriği aşağıdaki formüle göre % olarak hesaplandı (Smart ve Bingham, 1974).

$$\text{Bağlı Su İçeriği (\%)}: [(YA - KA) / (TA - KA)] \times 100$$

2.6 Total Protein Miktarının Belirlenmesi

Total protein ve antioksidant enzim aktivite analizleri için, her iki deneme serisinden, alınan 3'er tekrarlı yaş yaprak örneklerinin her birisinden, 1'er g yaş yaprak örneği tartılarak, 1mM EDTA ve 2 % (w/v) PVPP içeren, 3ml pH 7.8'lik 0.05 M Na-Fosfat tamponu ile 4 °C'de homojenize edildi. Homojenat 4 °C'de 13000 g'de 40 dakika süre ile santrifüj yapıldı. Total protein miktar analizleri Bradford'a (1976) göre BSA (Bovine Serum Albümin) standartları kullanılarak yapıldı. Uygun hacimde alınan ve gerekli oranda seyreltilen süpernatantlara 1ml reaksiyon karışımı (coomassie blue protein boyası içeren) eklendi. Oda sıcaklığında 10dk bekletilen örneklerden 595nm'de absorbans alındı. BSA standartları (0.02-0.2 mg/ml) ile oluşturulan kalibrasyon eğrisinden faydalanılarak, çözünebilen total protein miktarı mg g yaş ağırlık⁻¹ olarak belirlendi.

2.7 Antioksidant Enzim Aktivitelerinin Belirlenmesi

2.7.1 Süperoksit Dismutaz Enziminin Aktivitesinin Belirlenmesi

Süperoksit dismutaz (SOD) enziminin aktivitesi, Beauchamp ve Fridovic (1971) tarafından belirtilen yöntemle göre yapıldı. Yöntem, 560 nm'de nitroblue tetrazoliumun (NBT) fotokimyasal indirgenmesinin örnekte bulunan SOD enzimi tarafından inhibe edilmesine dayanır. Reaksiyon karışımı, 50 mM Na-fosfat tamponu (pH 7.8), 33 μ M NBT, 10 mM L-Methionine, 0,66 mM EDTA ve 0.0033 mM Riboflavin içerir. Süpernatant uygun miktarda seyreltildi ve reaksiyon karışımı (3ml) ilave edildi. Reaksiyonun gerçekleşmesi için bu karışım, 10 dakika 300 μ mol⁻¹m⁻¹s⁻¹ ışık şiddeti altında, oda sıcaklığında bekletildi. Bu süre sonunda örneklerin absorbans değerleri alındı. Enzim aktivitesi, NBT'nin % 50 inhibisyonu için gerekli SOD miktarı olarak 1 enzim ünitesi olarak hesaplandı. Spesifik enzim aktivitesi, enzim ünitesi mg protein⁻¹ g yaş ağırlık⁻¹ olarak belirtildi.

2.7.2 Peroksidaz Enziminin Aktivitesinin Belirlenmesi

Peroksidaz (POX) enziminin aktivitesi, Herzog ve Fahimi'ye (1973) göre yapıldı. Seyreltilen örneklerle, % 50 w/v jelatin ve 0.15 M Na-fosfat-sitrat tamponu içeren, DAB (diaminobezidin-tetrahidroklorid dihidrat) çözeltisi ve % 0.6 H₂O₂ eklendi. 465 nm'de absorbans değişimi 3 dk gözlemlendi. 1 enzim ünitesi dakikada tüketilen μ mol⁻¹ml⁻¹ H₂O₂ miktarı olarak hesaplandı. Spesifik enzim aktivitesi, enzim ünitesi mg protein⁻¹ g yaş ağırlık⁻¹ olarak belirtildi.

2.7.3 Katalaz Enziminin Aktivitesinin Belirlenmesi

Katalaz (CAT) enziminin aktivite analizi, Bergmeyer (1970)'e göre yapıldı. 240 nm'de H₂O₂'ın tüketilmesi 3 dk süre ile izlendi. Reaksiyon karışımı 0.05 M Na-fosfat tamponu (pH 7.0), % 3 H₂O₂ ve 1 mM EDTA içerir. Dakikada tüketilen μ mol H₂O₂ miktarı 1 enzim ünitesi olarak saptandı. Spesifik enzim aktivitesi, enzim ünitesi mg protein⁻¹ g yaş ağırlık⁻¹ olarak belirtildi.

2.7.4 Askorbat Peroksidaz Enziminin Aktivitesinin Belirlenmesi

Askorbat peroksidaz (APOX) enziminin aktivitesi, Nakano ve Asada (1981) yöntemine göre yapıldı. Yöntem, örnekteki enzim tarafından askorbat okside edildikçe, 290nm'deki absorbands düşüşünün belirlenmesine dayanmaktadır. Reaksiyon karışımı, 50 mM Na-fosfat tamponu (pH 7.0), 0.5 mM askorbat, 0.1 mM EDTA Na₂ ve 1.2 mM H₂O₂ içerir. Seyreltilen örnekler reaksiyon karışımı ilave edilerek, reaksiyon 3 dakika süresince izlendi. Okside olan askorbat miktarı ekstinksiyon katsayısından ($\epsilon = 2.8 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) hesaplandı. 1 enzim ünitesi, dakikada okside olan askorbat ($\mu\text{mol ml}^{-1}$) miktarıdır. Spesifik enzim aktivitesi, enzim ünitesi mg protein⁻¹ g yaş ağırlık⁻¹ olarak belirtildi.

2.7.5 Glutasyon Redüktaz Enziminin Aktivitesinin Belirlenmesi

Glutasyon redüktaz (GR) enziminin aktivitesi, Foyer ve Halliwell (1976) metoduna göre gerçekleştirildi. Reaksiyon sırasında NADPH varlığında, 3 dk süre ile tüketilen okside glutasyonun miktarındaki azalma, absorbands (340 nm) düşüşü izlenerek tespit edildi. İndirgenen glutasyon (GSSG) düzeyi ekstinksiyon katsayısından ($\epsilon = 6.2 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) hesaplandı. 1 enzim ünitesi dakikada okside olan glutasyon ($\mu\text{mol ml}^{-1}$) miktarıdır. Spesifik enzim aktivitesi, enzim ünitesi mg protein⁻¹ g yaş ağırlık⁻¹ olarak belirtildi.

2.8 Prolin Miktarının Belirlenmesi

Prolin miktarının belirlenmesi Bates (1973)'e göre yapıldı. Her gruptan, 0.5 g yaş yaprak örneği % 3'lük sülfosalisilik asit ile homojenize edildi. Filtrasyon sonrasında homojenatlara, asit ninhidrin ve glasiyel asetik asit eklenerek 1 saat süre ile 100 °C'de su banyosunda bekletildi. Reaksiyonun durdurulması için buz banyosu kullanıldı. Karışım toluen ile ekstrakte edildi ve sıvı fazdan aspire edilen toluen içeren fraksiyonun 520 nm'de absorbandsı alındı. Prolin konsantrasyonu kalibrasyon eğrisinden hesaplandı ve mg prolin g yaş ağırlık⁻¹ olarak ifade edildi.

2.9 Lipid Peroksidasyonu Miktarının Belirlenmesi

Lipid peroksidasyonu, tiobarbitrik asit (TBAR) reaksiyonu sonucu oluşan malondialdehit (MDA) miktarının belirlenmesi yöntemine göre yapıldı (Madhava et al. 2000). Her gruptan 1'er g yaş yaprak örneği, trikloroasetik asit (TCA) ile homojenize edildi. Santrifüj sonrası süpernatanta TCA ve TBAR içeren reaksiyon karışımı ilave edildi. Örnekler, 1 saat süre ile 95 °C'de su banyosunda bekletildi ve bu süre sonunda tekrar santrifüj edildi. 532 ve 600 nm'de absorbans değerleri alındı ve MDA konsantrasyonu ekstinksiyon katsayısından yararlanılarak hesaplandı ($\epsilon = 155 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) ve nmol g yaş ağırlık⁻¹ olarak ifade edildi.

2.10 İstatistiksel Analizler

Yapılan tüm analizlerin istatistiksel açıdan anlamlı olabilmesi ve güvenilirliği için birbirinden bağımsız 2 deneme serisi kuruldu. Bu serilere ait örnekler ile yapılan enzimatik ve miktar belirlenmesine dayanan tüm ölçümler 3'er tekrarlı yapıldı (n=6). Gövde boyu, kök boyu, gövde yaş-kuru ağırlıkları, kök yaş-kuru ağırlıkları her seriden 10'ar bireyde ölçüldü (n=20). Elde edilen veri setleri arasındaki farklılıkların anlamlılığının belirlenmesinde tek yönlü varyans analizi (ANOVA), tekrarlanan ölçümlere ait varyans analizi (GLM) ve ortalamalar arasındaki en küçük standart sapma (LSD) yöntemleri kullanılmıştır.



Şekil 2.1 : Tuz stresi öncesi (0. gün) *Beta vulgaris* cv.bianca (2), *B. vulgaris* cv.ansa(3) ve *Beta maritima* (5) bitkileri



Şekil 2.2 : 0 (2), 150 (2A) ve 500 (2B) mM NaCl uygulaması 6. gün, *Beta vulgaris* cv bianca bitkileri



Şekil 2.3 : 0 (3), 150 (3A) ve 500 (3B) mM NaCl uygulaması 6. gün, *Beta vulgaris* cv ansa bitkileri



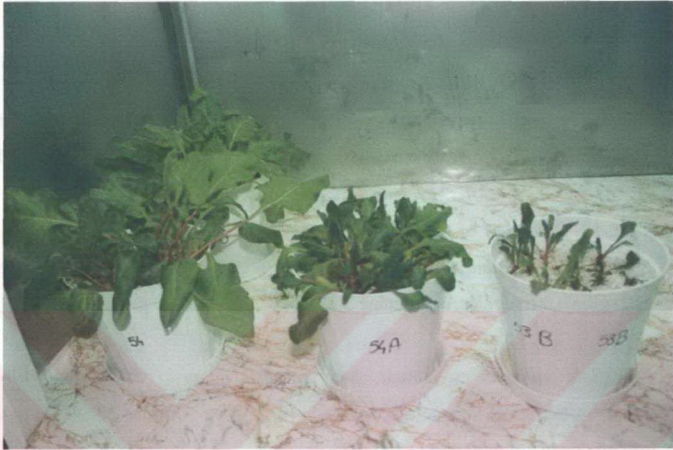
Şekil 2.4 : 0 (5), 150 (5A) ve 500 (5B) mM NaCl uygulaması 6. gün, *Beta maritima* bitkileri



Şekil 2.5 :28 Haftalık *B. vulgaris* cv. *bianca* bitkileri (0, 150(A) ve 500(B) mM NaCl)



Şekil 2.6 : 28 Haftalık *Beta vulgaris* cv. *ansa* bitkileri (0, 150 (A) ve 500 (B) mM NaCl)



Şekil 2.7 : 28 Haftalık *Beta maritima* bitkileri (0, 150 (A) ve 500 (B) mM NaCl)

3. SONUÇLAR

3.1 Büyüme parametreleri ile ilgili sonuçlar

Kontrol ve tuz uygulaması yapılan gruplara ait bitkilerde büyüme parametreleri karşılaştırmalı olarak incelendi. Bu verilere ait bilgiler çizelgeler 3.1-4'te verilmektedir. *B. vulgaris cv. ansa*'da 6. ve 12. günlerde, *B. vulgaris cv. bianca*'da ise, 12. günde her iki tuz konsantrasyonunda (150 ve 500 mM) da kök boyu uzaması geriledi. *B. maritima*'da ise kök boyu her iki stres grubunda da, 6. günde azalırken, 12. günde, artış gösterdi (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1: *Beta vulgaris cv bianca*, *Beta vulgaris cv ansa* ve *Beta maritima* bitkilerinde, farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6. ve 12. günlerde gözlenen kök uzunluğu (cm) değişimler

Uygulama Grupları	Bianca	Ansa	B. maritima
0. Gün	5.78±0.98	5.57±1.35	6.35±1.95
6. gün kontrol	6.30±1.25	6.30±2.01	6.36±1.23
6. gün 150 mM NaCl	7.90±3.50	5.40±1.10	6.50±2.10
6. gün 500 mM NaCl	6.30±2.40	5.93±2.45	6.09±1.80
12. gün kontrol	8.07±1.29	5.70±2.26	6.77±1.66
12. gün 150 mM NaCl	7.65±2.10	5.57±1.89	8.28±2.35
12. gün 500 mM NaCl	6.75±1.42	5.60±2.20	9.46±3.45

Tuz stresinin, toprak üstü organların uzunluğu üzerindeki olumsuz etkisi, *Beta vulgaris cv. bianca* ve *Beta vulgaris cv. ansa*'da, 12. günde görüldü. Özellikle 500 mM NaCl uygulanmış gruplar da 12. günün kontrol grupları ile karşılaştırıldığında bu gerileme açık bir şekilde görülmektedir. *Beta maritima*'da 6. günde her iki grupta da (150 ve 500 mM NaCl) büyümede azalma kaydedilirken, 12. günde, toprak üstü

organların boyunun 500 mM NaCl uygulanan gruplarda kontrol gruplarına göre %18 arttığı gözlemlendi. Toprak üstü organların uzunluklarına ait değerler çizelge 3.2’de verilmektedir.

Çizelge 3.2: *Beta vulgaris* cv *bianca*, *Beta vulgaris* cv *ansa* ve *Beta maritima* bitkilerinde, farklı tuz stresli konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6. ve 12. günlerde gözlenen toprak üstü organların uzunluklarındaki (cm) değişimler

Uygulama Grupları	Bianca	Ansa	B. maritima
0. Gün	12.01±1.90	10.07±1.33	9.82±1.50
6. gün kontrol	14.02±2.50	13.00±1.50	12.66±2.05
6. gün 150 mM NaCl	17.00±4.50	11.00±3.20	10.51±1.76
6. gün 500 mM NaCl	12.80±2.35	10.16±2.15	9.80±1.30
12. gün kontrol	18.56±3.65	13.02±3.45	11.25±2.33
12. gün 150 mM NaCl	17.20±2.16	12.66±2.69	11.60±1.67
12. gün 500 mM NaCl	16.10±1.65	10.39±0.98	13.31±1.15

Çizelge 3.3 ve 3.4’te kök ve toprak üstü organların yaş-kuru ağırlıklarına ilişkin değerler verilmektedir. Buna göre, 6. günde 150 mM NaCl uygulaması, *B. vulgaris* cv. *bianca*’da kök yaş ağırlıklarını yaklaşık % 164 ve *B. maritima*’da ise % 95; kök kuru ağırlıklarını ise sırasıyla % 75 ve % 52 oranlarında arttırdı. *B. vulgaris* cv. *ansa*’da, kök yaş ağırlığı % 74, kuru ağırlığı ise % 18 azaldı. 6. günde kültür varyetelerinde, 500 mM NaCl kök yaş ağırlığını ortalama % 21-54 oranında azaltırken, yabani türde azalma % 14 düzeyindedir. Kök kuru ağırlıklarına göre, kültür varyetelerinde %5-30 oranında azalma kaydedildi. *B. maritima*’da belirgin bir azalma gözlenmedi. 12. günde, 150 mM NaCl, kök yaş ağırlıkları, *B. vulgaris* cv. *bianca*’da % 20, *B. vulgaris* cv. *ansa*’da %56 ve *B. maritima*’da % 59; kök kuru ağırlıkları ise sırasıyla % 13, % 11 ve % 52 oranlarında azaldı. 500 mM NaCl uygulanan tüm

gruplarda, kök yaş ve kuru ağırlıkları azaldı. Bu azalma, kök yaş ağırlığında; kültür varyetelerinde, % 27 ile % 64 iken, yabani türde % 70 ; kök kuru ağırlığında sırasıyla % 41; % 64 ve % 87 oranlarında kaydedildi.

Çizelge 3.3: *Beta vulgaris cv bianca*, *Beta vulgaris cv ansa* ve *Beta maritima* bitkilerinde, farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6. ve 12. günlerde gözlenen kök yaş ve kuru ağırlıklarındaki (g) değişimler

Uygulama Grupları	Bianca		Ansa		B. maritima	
	Yaş Ağ.	Kuru Ağ.	Yaş Ağ.	Kuru Ağ.	Yaş Ağ.	Kuru Ağ.
0. Gün	0.026±0.008	0.003±0.000	0.016±0.004	0.002±0.000	0.020±0.005	0.0025±0.00
6. gün kontrol	0.028±0.005	0.004±0.000	0.050±0.001	0.004±0.000	0.021±0.004	0.0029±0.00
6. gün 150 mM NaCl	0.074±0.002	0.007±0.000	0.013±0.005	0.0033±0.00	0.041±0.001	0.0044±0.00
6. gün 500 mM NaCl	0.022±0.002	0.0038±0.00	0.023±0.003	0.0027±0.00	0.018±0.003	0.0028±0.00
12.gün kontrol	0.124±0.08	0.0091±0.00	0.055±0.001	0.0051±0.00	0.032±0.002	0.0098±0.00
12. gün 150 mM NaCl	0.100±0.05	0.0079±0.00	0.024±0.008	0.0045±0.00	0.013±0.001	0.0047±0.00
12. gün 500 mM NaCl	0.091±0.006	0.0054±0.00	0.020±0.002	0.0038±0.00	0.0095±0.00	0.0013±0.00

Toprak üstü organların yaş ve kuru ağırlıkları , *B. vulgaris cv. bianca*, *B. vulgaris cv.ansa* ve *B. maritima*'da 6. ve 12. günlerde, tuz stresi uygulanan gruplarda kontrol grupları ile karşılaştırıldığında farklı oranlarda azalma gözlemlendi. Genel olarak, 6. günde, kültür varyetelerinin yaş ağırlıklarında gözlenen azalma, 150 mM NaCl'de % 10 ile % 27; 500 mM NaCl'de % 35 ile %44 oranlarında iken, yabani türde, bu oranlar sırasıyla, %30 ve %40 olarak belirlendi. Toprak üstü organların kuru

ağırlıklarındaki azalma oranları, kültür varyetelerinde ve *B. maritima*'da, 150 mM NaCl'de, ortalama olarak % 10-30 ; 500 mM NaCl'de % 40-43'tür. 12. günde, *B. vulgaris* cv. *bianca*, *B. vulgaris* cv. *ansa* ve *B. maritima*'da, toprak üstü organların yaş ağırlıklarında, 150 mM NaCl'de sırasıyla % 20; % 14 ve % 5; 500 mM NaCl'de ise, yine sırasıyla % 35; % 50 ve % 54 oranlarında azalma kaydedildi. Kuru ağırlıklarda ise, kültür varyetelerinde 150 mM NaCl uygulanan gruplarda % 14 ile % 10; 500 mM NaCl uygulananlarda, % 30 ve % 50; *B. maritima*'da ise, 150 mM NaCl'de % 5, 500 mM NaCl'de % 54 azalma saptandı.

Çizelge 3.4: *Beta vulgaris* cv *bianca*, *Beta vulgaris* cv *ansa* ve *Beta maritima* bitkilerinde, farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6. ve 12. günlerde gözlenen toprak üstü organların yaş ve kuru ağırlıklarındaki (g) değişimler

Uygulama Grupları	Bianca		Ansa		B. maritima	
	Yaş Ağ.	Kuru Ağ.	Yaş Ağ.	Kuru Ağ.	Yaş Ağ.	Kuru Ağ.
0. Gün	0.63±0.035	0.038±0.008	0.57±0.046	0.031±0.009	0.60±0.044	0.030±0.002
6. gün kontrol	1.40±0.60	0.1±0.006	1.28±0.35	0.062±0.005	0.91±0.036	0.056±0.003
6. gün 150 mM NaCl	1.26±0.95	0.082±0.05	0.93±0.08	0.038±0.008	0.64±0.060	0.041±0.005
6. gün 500 mM NaCl	0.91±0.05	0.057±0.003	0.71±0.06	0.036±0.006	0.54±0.030	0.039±0.001
12. gün kontrol	2.86±0.09	0.175±0.08	1.52±0.05	0.079±0.003	1.63±0.094	0.118±0.065
12. gün 150 mM NaCl	2.29±0.50	0.151±0.04	1.31±0.10	0.071±0.001	1.36±0.052	0.112±0.080
12. gün 500 mM NaCl	1.87±0.20	0.125±0.01	0.76±0.10	0.062±0.004	1.02±0.078	0.054±0.092

3.2 Fotosentetik verim ile ilgili sonuçlar

Fotosentetik verim, yaprak fluoresansına göre hesaplanan F_v / F_m oranına göre belirlendi (çizelge 3.5). Tüm gruplarda tuz stresi süresi ve konsantrasyonu arttıkça, bu oran kontrol gruplarına göre az miktarda da olsa artış gösterdi. Bu artış, en belirgin şekilde *B. maritima*'da görüldü, özellikle 6. günde stres gruplarında F_v/F_m oranı kontrol gruplarına göre yaklaşık % 70 arttı.

Çizelge 3.5: *Beta vulgaris cv bianca*, *Beta vulgaris cv ansa* ve *Beta maritima* bitkilerinde, farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6. ve 12. günlerde gözlenen fotosentetik verimdeki (F_v/F_m değerleri) değişimler

Uygulama Grupları	Bianca	Ansa	B. maritima
0. Gün	0.826±0.0032	0.833±0.0036	0.763±0.0034
6. gün kontrol	0.828±0.0023	0.833±0.0030	0.824±0.0070
6. gün 150 mM NaCl	0.835±0.0026	0.837±0.0010	0.839±0.0044
6. gün 500 mM NaCl	0.838±0.0032	0.838±0.0038	0.841±0.0020
12. gün kontrol	0.823±0.0020	0.828±0.0017	0.827±0.0021
12. gün 150 mM NaCl	0.826±0.0023	0.833±0.0080	0.831±0.0029
12. gün 500 mM NaCl	0.836±0.0020	0.834±0.0020	0.835±0.0023

3.3 Fotosentetik pigment içeriği ile ilgili sonuçlar

Fotosentetik pigmentler, klorofil a (çizelge 3.6), klorofil b (çizelge 3.7) ve karotenoid (çizelge 3.8) miktarlarına ait değerler, kültür ve yabani türler arasında farklılıklar göstermektedir. Klorofil a değerleri, *Beta vulgaris cv ansa*'da 6. ve 12. günlerde her iki stres grubunda da arttı. *B. maritima*'da ise klorofil a miktarında artış, 6. ve 12. günlerin 500 mM NaCl stresli gruplarında belirlendi. Klorofil b miktarı, *B.vulgaris cv. bianca* ve *ansa*'da ve *B.maritima*'da , özellikle 500 mM NaCl

uygulanmış gruplarda 6.günde artış gösterdi. 12.günde ise anlamlı bir artış gözlenmedi. Karotenoid miktarları ele alındığında, tıpkı klorofil b miktarlarında olduğu gibi, kültür varyetelerinde ve yabani türde, artış 500 mM NaCl uygulanmış gruplarda 6.günde görüldü. 12. günde karotenoid miktarlarında anlamlı bir fark elde edilmedi.

Çizelge 3.6: *Beta vulgaris cv bianca*, *Beta vulgaris cv ansa* ve *Beta maritima* bitkilerinde, farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6. ve 12. günlerde gözlenen klorofil a miktarındaki ($\text{mg g yaş ağırlık}^{-1}$) değişimler

Uygulama Grupları	Bianca	Ansa	B. maritima
0. Gün	5.45±0.63	4.45±1.11	6.32±0.55
6. gün kontrol	4.33±1.00	5.88±0.43	5.92±1.86
6. gün 150 mM NaCl	5.24±0.35	6.98±0.50	4.56±0.90
6. gün 500 mM NaCl	4.97±0.88	8.15±0.16	6.19±0.19
12. gün kontrol	5.90±0.05	4.85±0.93	5.24±0.56
12. gün 150 mM NaCl	7.26±1.25	5.58±0.53	5.18±0.17
12. gün 500 mM NaCl	5.85±0.48	5.12±0.15	5.90±1.20

Çizelge 3.7: *Beta vulgaris cv bianca*, *Beta vulgaris cv ansa* ve *Beta maritima* bitkilerinde, farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6. ve 12. günlerde gözlenen klorofil b miktarındaki ($\text{mg g yaş ağırlık}^{-1}$) değişimler

Uygulama Grupları	Bianca	Ansa	B. maritima
0. Gün	1.94±0.37	1.30±0.09	1.83±0.22
6. gün kontrol	1.85±0.44	2.50±0.18	1.71±0.73
6. gün 150 mM NaCl	1.91±0.25	2.73±0.16	1.34±0.43
6. gün 500 mM NaCl	2.12±0.44	3.21±0.14	1.99±0.09
12. gün kontrol	2.11±0.45	2.33±0.24	1.42±0.05
12. gün 150 mM NaCl	2.60±0.47	2.35±0.17	1.51±0.07
12. gün 500 mM NaCl	2.34±0.20	1.70±0.04	1.53±0.52

Çizelge 3.8: *Beta vulgaris* cv *bianca*, *Beta vulgaris* cv *ansa* ve *Beta maritima* bitkilerinde, farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6. ve 12. günlerde gözlenen karotenoid miktarındaki (mg g yaş ağırlık⁻¹) değişimler

Uygulama Grupları	Bianca	Ansa	B. maritima
0. Gün	0.31±0.05	0.22±0.02	0.28±0.03
6. gün kontrol	0.19±0.04	0.39±0.08	0.26±0.10
6. gün 150 mM NaCl	0.23±0.02	0.45±0.03	0.16±0.04
6. gün 500 mM NaCl	0.22±0.06	0.52±0.02	0.24±0.01
12. gün kontrol	0.27±0.03	0.31±0.03	0.21±0.04
12. gün 150 mM NaCl	0.26±0.06	0.30±0.02	0.20±0.07
12. gün 500 mM NaCl	0.32±0.02	0.31±0.01	0.27±0.06

Çizelge 3.9: *Beta vulgaris* cv *bianca*, *Beta vulgaris* cv *ansa* ve *Beta maritima* bitkilerinde, farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6. ve 12. günlerde gözlenen bağıl su içeriğindeki (%) değişimler

Uygulama Grupları	Bianca	Ansa	B. maritima
0. Gün	84.21±3.36	84.01±0.84	80.82±5.43
6. gün kontrol	86.47±1.62	85.60±3.74	83.12±6.80
6. gün 150 mM NaCl	85.71±3.22	85.06±1.73	80.01±4.61
6. gün 500 mM NaCl	81.02±3.36	80.48±1.06	78.26±1.38
12. gün kontrol	88.05±1.88	89.54±2.22	84.31±1.18
12. gün 150 mM NaCl	79.61±2.58	89.09±1.65	79.97±3.80
12. gün 500 mM NaCl	75.20±4.86	75.14±1.33	73.52±1.98

3.4 Bağlı su içeriği ile ilgili sonuçlar

Bağlı su içeriği (%) tüm varyetelerde tuz stresinin süresi ve konsantrasyonuna bağlı olarak azalış gösterdi. Bu sonuçlara ait değerler çizelge 3.9'da verilmektedir. Bağlı su içeriğindeki azalış 500 mM NaCl uygulanan gruplarda, 6.günde ortalama (tüm varyetelerin ortalaması) % 6 düzeyinde iken 12. günde ortalama % 15-12 oldu. Tuz stresi nedeniyle yaprak bağlı su içeriğindeki azalış açısından varyeteler arasında çok belirgin bir farklılık gözlenmedi.

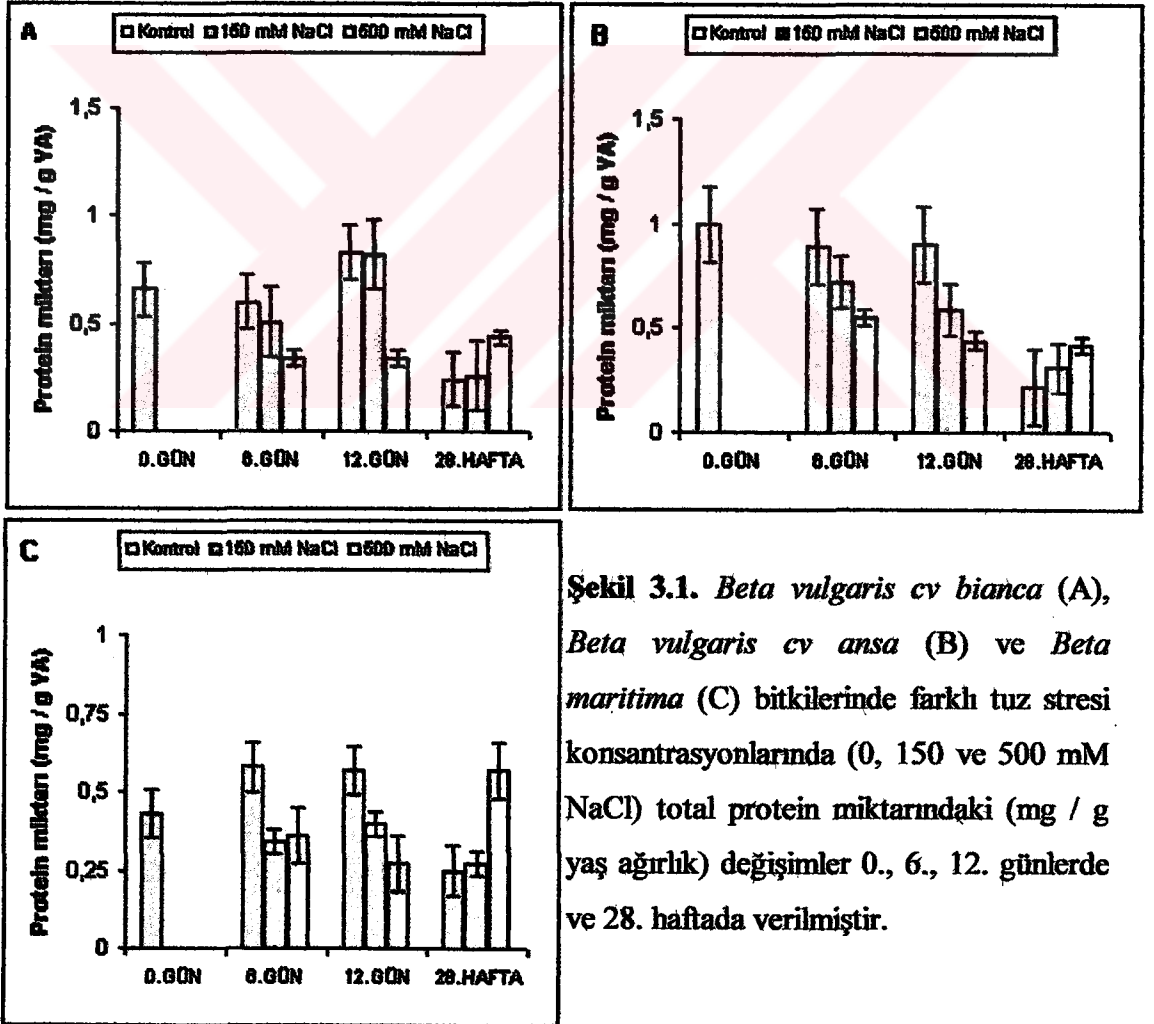
3.5 Total protein miktarı ile ilgili sonuçlar

Total protein miktarı, *B.vulgaris cv.bianca* ve *ansa*'da tuz stresi uygulanan gruplarda, kontrol gruplarına göre yaklaşık %40-50 oranında azaldı. Bu azalma 12. gün 500 mM NaCl gruplarında daha belirgin olarak gözlemlendi. *B.maritima*'da da total protein konsantrasyonu stresli gruplarda azaldı, fakat bu azalma kültür varyetelerine oranla daha (%20-25) düşük düzeyde oldu.

Çizelge 3.10: *Beta vulgaris cv bianca*, *Beta vulgaris cv ansa* ve *Beta maritima* bitkilerinde farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6.ve 12. günlerde, total protein miktarındaki (mg g^{-1} yaş ağırlık) değişimler.

Uygulama Grupları	Bianca	Ansa	B. maritima
0. Gün	0.66±0.31	1.00±0.38	0.43±0.11
6. gün kontrol	0.60±0.30	0.89±0.13	0.58±0.13
6. gün 150 mM NaCl	0.51±0.38	0.72±0.27	0.34±0.01
6. gün 500 mM NaCl	0.34±0.10	0.55±0.13	0.36±0.16
12. gün kontrol	0.83±0.37	0.90±0.07	0.57±0.04
12. gün 150 mM NaCl	0.82±0.16	0.59±0.19	0.40±0.03
12. gün 500 mM NaCl	0.34±0.12	0.44±0.10	0.27±0.01
28. hafta kontrol	0.24±0.09	0.22±0.05	0.25±0.12
28. hafta 150 mM NaCl	0.26±0.07	0.31±0.09	0.27±0.10
28. hafta 500 mM NaCl	0.44±0.11	0.42±0.14	0.57±0.19

Şekil 3.1'de verilen grafiklerde sırayla *B.vulgaris cv.bianca*, *B.vulgaris cv ansa* ve *B.maritima*'da gözlenen total protein değişiklikleri verilmektedir. Tuz stresinin uzun süreli etkilerini gözlemek amacıyla, 28 hafta boyunca aynı sulama koşullarına maruz bırakılan bitkilerde protein miktarları incelendi. Özellikle tüm 500 mM NaCl uygulanan gruplarda protein miktarı büyük bir artış gösterdi, bu artış en belirgin biçimde yabancı türümüz *Beta maritima*'da gözlenmektedir. Diğer tüm gruplarda, kontrol ve 150 mM NaCl örneklerine ait protein miktarları birbirlerine çok yakın seviyededir.



Şekil 3.1. *Beta vulgaris cv bianca* (A), *Beta vulgaris cv ansa* (B) ve *Beta maritima* (C) bitkilerinde farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) total protein miktarındaki (mg / g yaş ağırlık) değişimler 0., 6., 12. günlerde ve 28. haftada verilmiştir.

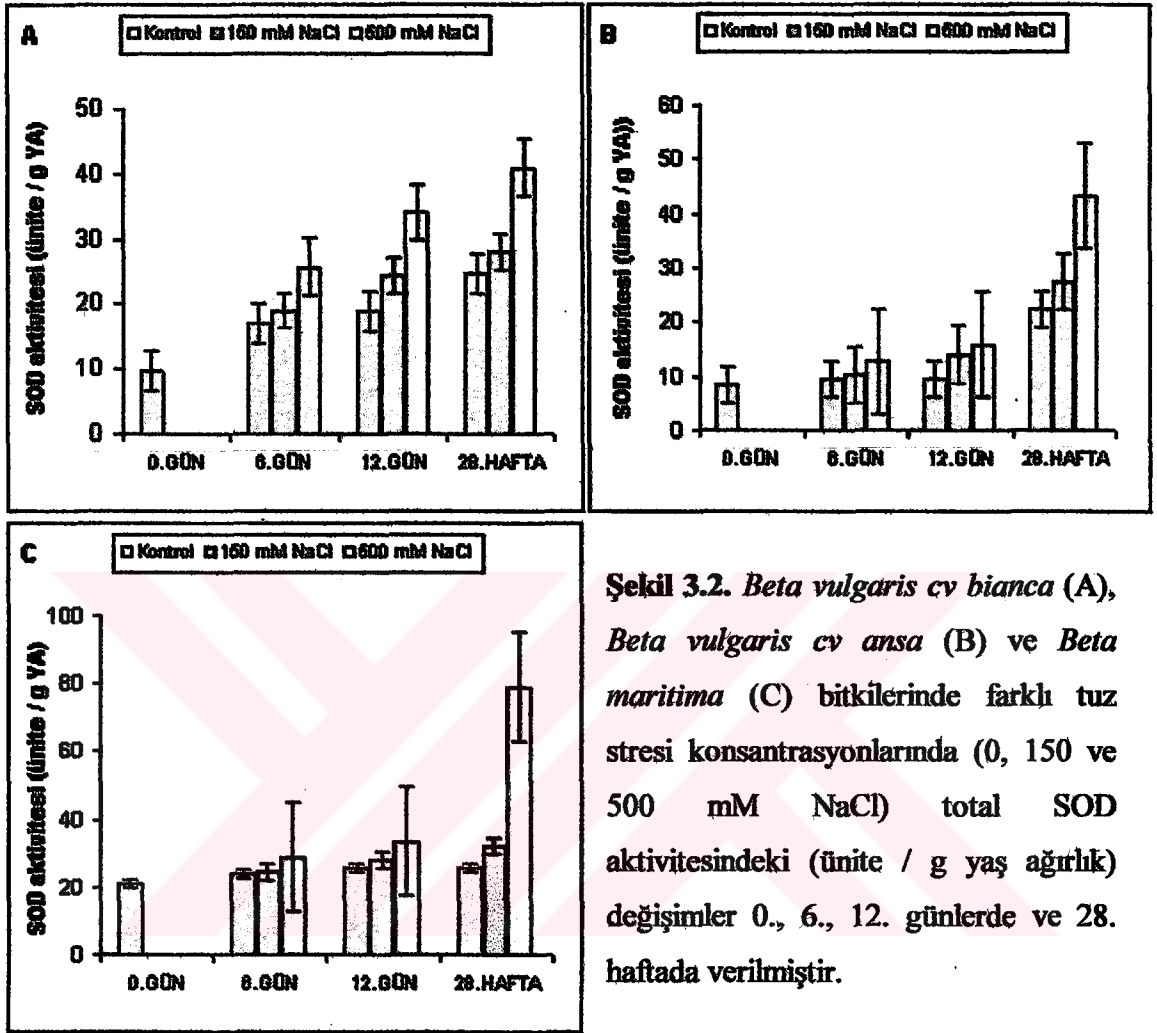
3.6 Antioksidant Enzim Aktiviteleri İle İlgili Sonuçlar

3.6.1 Süperoksit dismutaz (SOD) enzimi ile ilgili sonuçlar

SOD enziminin aktivitesine ait değerler (çizelge 3.11; şekil 3.2) *Beta vulgaris* cv *bianca*, *Beta vulgaris* cv *ansa* ve *Beta maritima*'da tuz stresinin süresi ve konsantrasyonuna bağlı olarak artış göstermiştir. Tüm stres grupları ele alındığında, kültür varyetelerinin, özellikle 500 mM NaCl stresi uygulanmış gruplarında 6.günde enzim aktivitesi ortalama % 30-40 artarken bu değer, 12.günde % 70-80 artış gösterdi. *Beta maritima*'da 500 mM NaCl uygulanan gruplarda, 12. günde görülen enzim aktivitesindeki artış %30 civarında olmasına rağmen bitki temel enzim aktivitesi çok daha yüksek olduğu için bitki tuz stresinden daha az etkilendi. 28. hafta değerleri ele alındığında, tüm 500 mM NaCl içeren gruplarda, enzim aktivitesi kültür varyetelerinde yaklaşık % 100, yabani türümüzde ise, % 220 artmıştır.

Çizelge 3.11: *Beta vulgaris* cv *bianca*, *Beta vulgaris* cv *ansa* ve *Beta maritima* bitkilerinde farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6.ve 12. günlerde, total süperoksit dismutaz aktivitesindeki (enzim unit g^{-1} yaş ağırlık) değişimler.

Uygulama Grupları	Bianca	Ansa	B. maritima
0. Gün	9.72±0.99	8.40±2.71	21.05±0.96
6. gün kontrol	17.09±0.92	9.50±0.75	23.90±1.11
6. gün 150 mM NaCl	18.99±1.66	10.35±3.68	24.50±1.42
6. gün 500 mM NaCl	25.72±1.37	12.63±2.15	28.85±2.38
12. gün kontrol	18.88±1.07	9.60±0.60	25.76±1.59
12. gün 150 mM NaCl	24.41±1.66	14.07±2.18	28.26±1.82
12. gün 500 mM NaCl	34.15±1.56	15.90±1.60	33.45±2.05
28. hafta kontrol	24.75±2.08	22.35±2.20	25.97±2.33
28. hafta 150 mM NaCl	28.09±5.80	27.43±4.50	32.27±3.45
28. hafta 500 mM NaCl	40.98±7.11	43.35±10.11	79.1±11.34



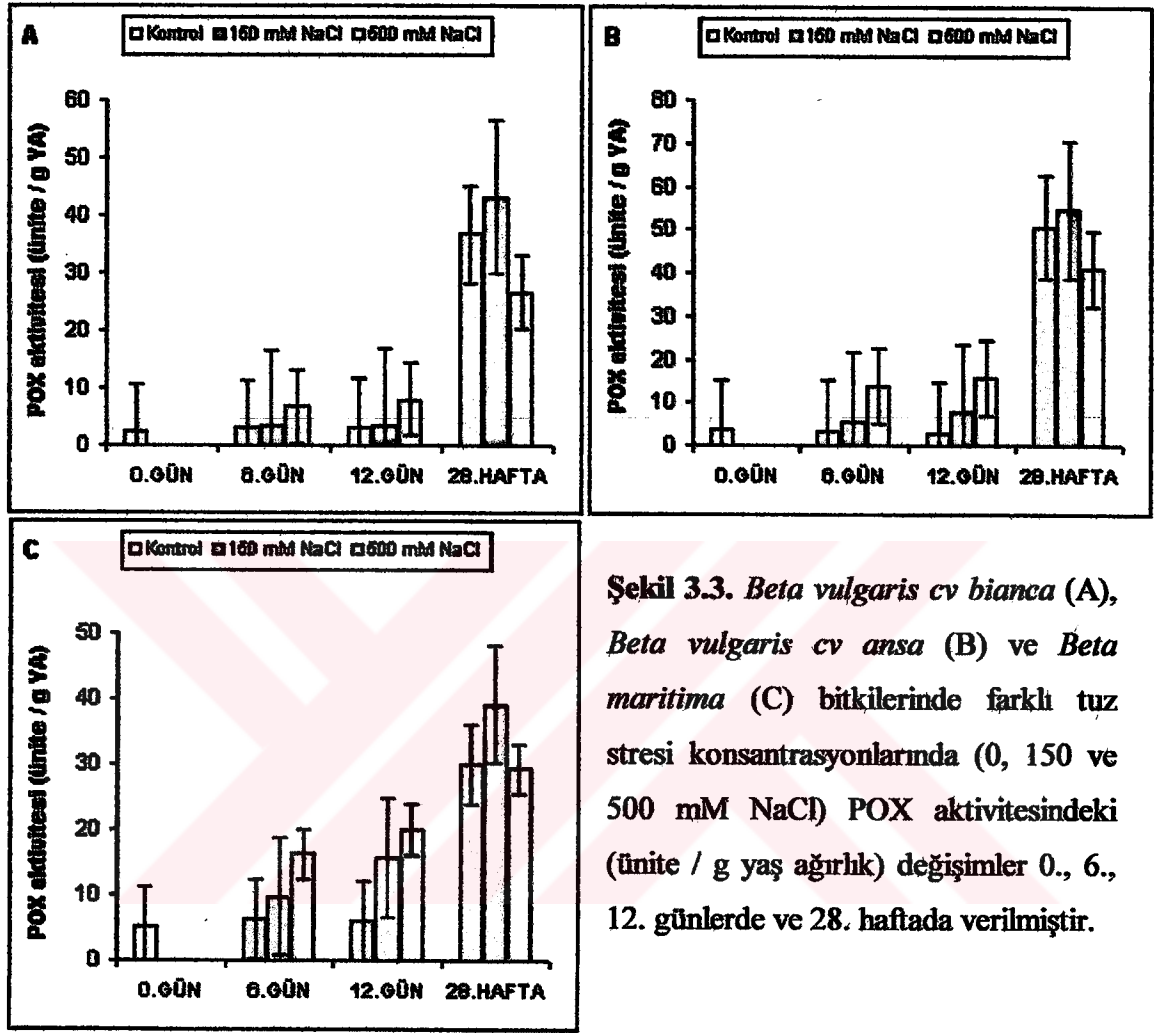
Şekil 3.2. *Beta vulgaris* cv bianca (A), *Beta vulgaris* cv ansa (B) ve *Beta maritima* (C) bitkilerinde farklı tuz stresli konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) total SOD aktivitesindeki (ünite / g yaş ağırlık) değişimler 0., 6., 12. günlerde ve 28. haftada verilmiştir.

3.6.2 Peroksidaz (POX) enzimi ile ilgili sonuçlar

Peroksidaz aktivitesi, kültür varyetelerinde ve yabancı çeşitimizde hem 6. ve hem de 12. gün sonunda anlamlı düzeylerde artış gösterdi (Şekil 3.3). *B. vulgaris cv. bianca*'da en belirgin artış 6. ve 12. günlerde 500 mM NaCl uygulanan gruplarda yaklaşık % 128 ve % 147; *B. vulgaris cv. ansa*'da en belirgin artış 6. ve 12. günlerde 500 mM NaCl uygulanan gruplarda yaklaşık % 348 ve % 500, ve *Beta maritima*'da ise yine belirtilen koşullarda yaklaşık % 155 ve % 230 şeklinde elde edildi. Ayrıca, *B. vulgaris cv. ansa*'da ve *Beta maritima*'da 6. ve 12. günlerde 150 mM NaCl uygulanan bitkilerde de POX aktivitesinde yaklaşık % 83 ve % 54 artış gözlemlendi. 28 haftalık bitkilerde 150 mM NaCl uygulanan gruplarda, yüksek bir aktivite artışı gözlenirken, 500 mM NaCl uygulanan gruplarda aktivite seviyesi, *Beta maritima*'da kontrol ile aynı düzeyde kaldı, diğer bitkilerde, kontrol düzeyinin altına düştü (çizelge 3.12; şekil 3.3).

Çizelge 3.12: *Beta vulgaris cv bianca*, *Beta vulgaris cv ansa* ve *Beta maritima* bitkilerinde farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6.ve 12. günlerde peroksidaz aktivitesindeki (enzim unit g^{-1} yaş ağırlık) değişimler.

Uygulama Grupları	Bianca	Ansa	B. maritima
0. Gün	2.27±0.68	3.46±1.62	5.21±1.62
6. gün kontrol	2.99±0.41	3.06±0.17	6.36±1.18
6. gün 150 mM NaCl	3.28±1.48	5.60±0.53	9.79±1.12
6. gün 500 mM NaCl	6.83±2.41	13.7±1.84	16.26±3.32
12. gün kontrol	3.27±0.79	2.63±0.28	6.12±2.90
12. gün 150 mM NaCl	3.49±2.97	7.70±2.24	15.74±4.21
12. gün 500 mM NaCl	8.09±2.52	15.74±3.53	20.04±3.56
28. hafta kontrol	36.82±8.20	50.64±5.33	30.11±5.67
28. hafta 150 mM NaCl	43.24±10.06	54.54±8.20	39.19±8.11
28. hafta 500 mM NaCl	26.63±6.78	40.83±4.56	29.27±3.45



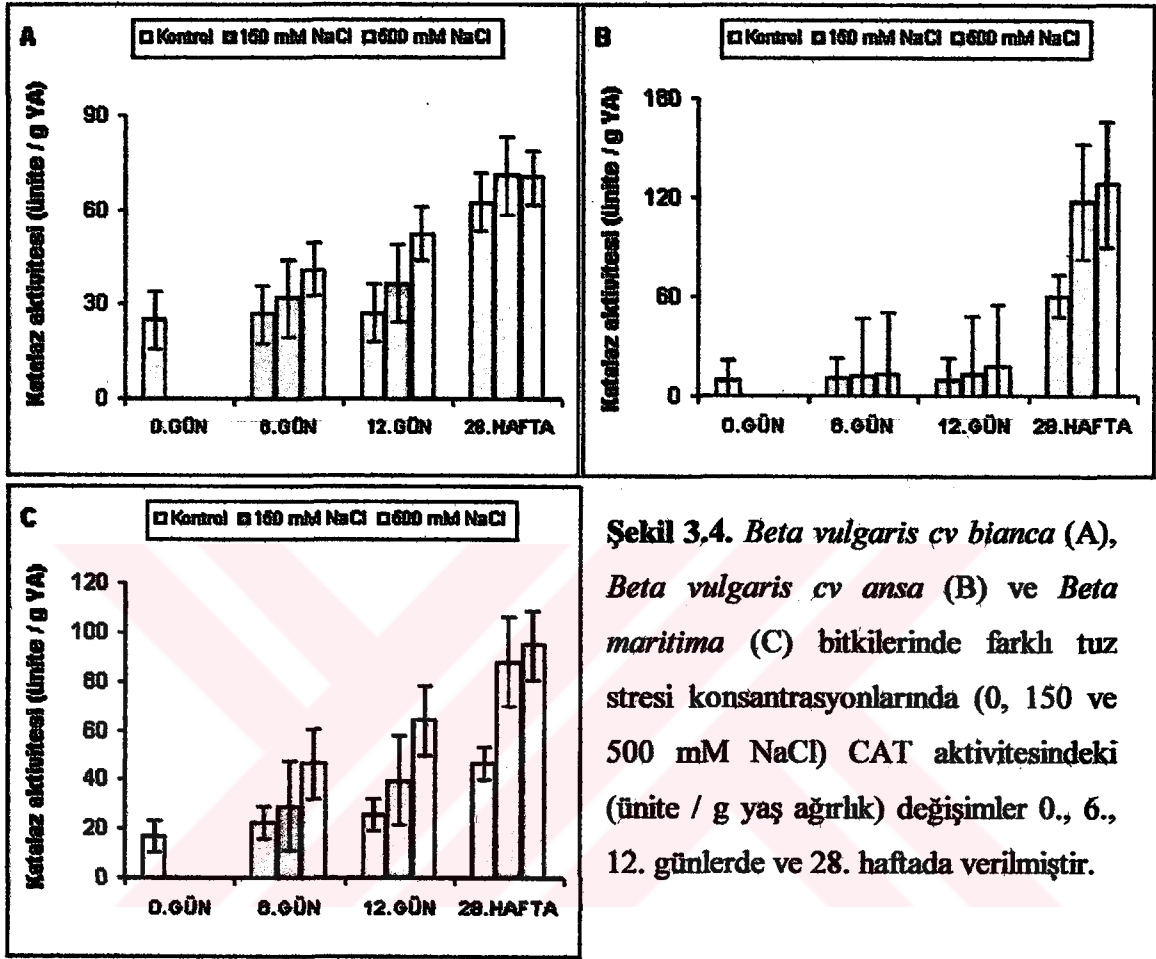
Şekil 3.3. *Beta vulgaris* cv *bianca* (A), *Beta vulgaris* cv *ansa* (B) ve *Beta maritima* (C) bitkilerinde farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) POX aktivitesindeki (ünite / g yaş ağırlık) değişimler 0., 6., 12. günlerde ve 28. haftada verilmiştir.

3.6.3 Katalaz (CAT) enzimi ile ilgili sonuçlar

Katalaz aktivitesi (şekil 3.4) 6. ve 12. günlerde, *B. vulgaris* cv. *bianca*'da, 150 mM NaCl uygulanan gruplarda, % 20 ile % 35, 500 mM NaCl uygulanan gruplarda ise % 53 ile % 93 arttı. *B. vulgaris* cv. *ansa*'da belirgin bir aktivite artışı gözlenmezken, *Beta maritima*'da CAT enzim aktivitesi, 6. günde, 150 mM NaCl uygulanan gruplarda, % 31, 500 mM NaCl uygulanan gruplarda ise % 108 arttı. 12. günde ise enzim aktivitesindeki artışın çok daha yüksek düzeyde olduğu gözlemlendi. 150 mM NaCl uygulanan gruplarda, % 54, 500 mM NaCl uygulanan gruplarda ise % 150 arttı. 28 haftalık bitkilerde ise, *B. vulgaris* cv *bianca* ve *B. vulgaris* cv *ansa*'da enzim aktiviteleri 150 ve 500 mM NaCl uygulanan gruplarda yaklaşık aynı düzeyde artış gösterdi (çizelge 3.13; şekil 3.4). *B. maritima*'da ise, 500 mM NaCl uygulanan gruplarda, CAT aktivitesindeki artış 150 mM NaCl uygulanan gruplardan daha yüksek düzeyde gözlemlendi (yaklaşık % 100).

Çizelge 3.13: *Beta vulgaris* cv *bianca*, *Beta vulgaris* cv *ansa* ve *Beta maritima* bitkilerinde farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6.ve 12. günlerde, katalaz aktivitesindeki (enzim unit g^{-1} yaş ağırlık) değişimler.

Uygulama Grupları	Bianca	Ansa	B. maritima
0. Gün	25.01±2.78	9.19±0.40	17.23±1.78
6. gün kontrol	26.81±2.98	10.21±3.91	22.30±2.28
6. gün 150 mM NaCl	31.80±3.31	12.13±2.80	29.30±2.65
6. gün 500 mM NaCl	41.05±4.25	13.10±1.59	46.40±3.46
12. gün kontrol	27.12±2.52	10.16±1.78	25.83±2.64
12. gün 150 mM NaCl	36.57±4.44	12.88±2.39	39.84±3.10
12. gün 500 mM NaCl	52.40±2.19	17.70±0.70	64.35±2.15
28. hafta kontrol	62.57±3.45	60.53±2.45	46.57±2.31
28. hafta 150 mM NaCl	70.81±2.67	117.19±10.14	88.16±6.78
28. hafta 500 mM NaCl	70.40±3.88	128.22±10.87	94.69±4.56



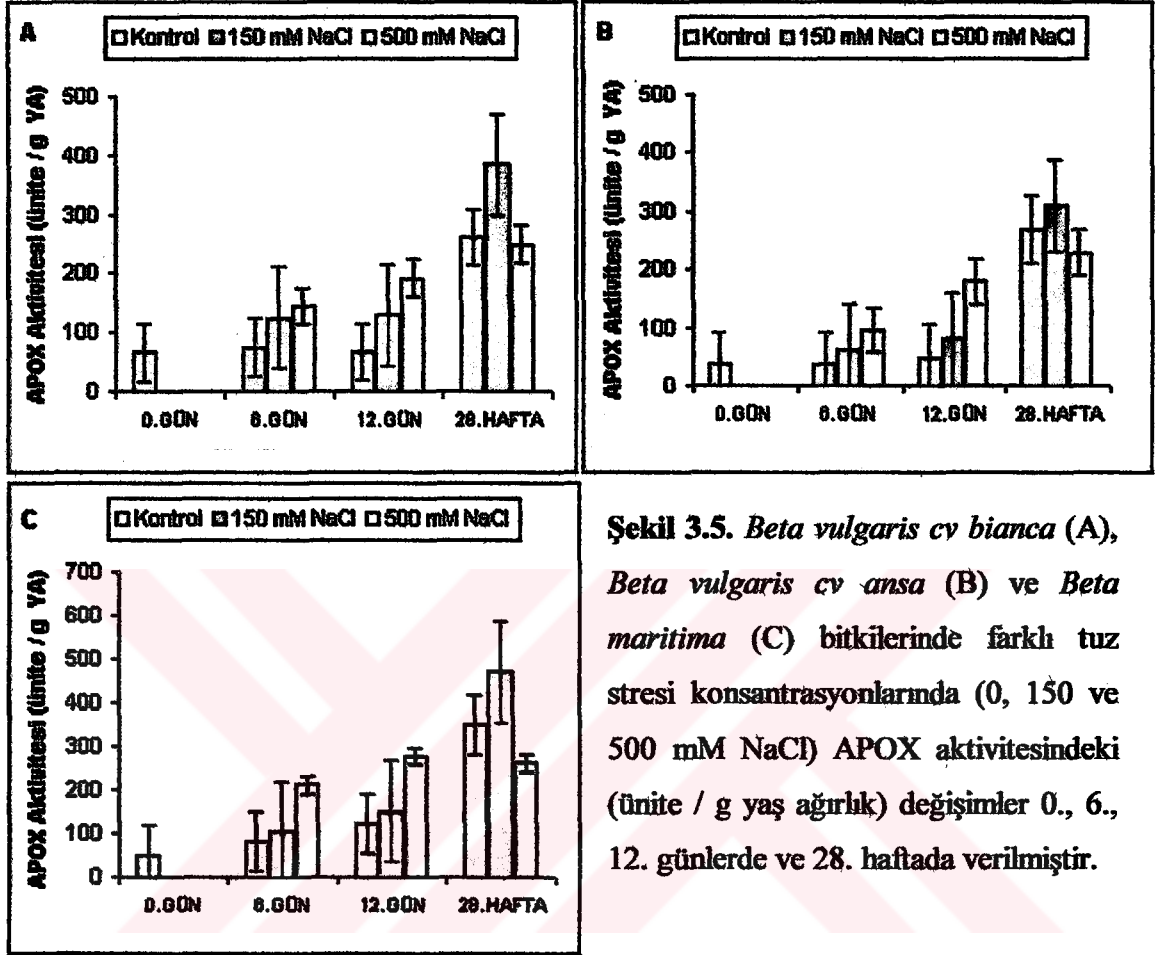
Şekil 3.4. *Beta vulgaris cv bianca* (A), *Beta vulgaris cv ansa* (B) ve *Beta maritima* (C) bitkilerinde farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) CAT aktivitesindeki (ünite / g yaş ağırlık) değişimler 0., 6., 12. günlerde ve 28. haftada verilmiştir.

3.6.4 Askorbat peroksidaz (APOX) enzimi ile ilgili sonuçlar

Askorbat peroksidaz enzim aktivitesi, tuz stresi konsantrasyonu ve süresine bağlı olarak *B. vulgaris* cv *bianca*, *B. vulgaris* cv *ansa* ve *B. maritima*'da anlamlı düzeylerde artış göstermiştir (şekil 3.5). Kültür varyetelerinde 6. ve 12. günlerin, 150 mM NaCl uygulanan gruplarında, enzim aktivitesindeki artış, % 67 ile % 94 iken, yine aynı günlerin 500 mM NaCl uygulanan gruplarında aktivite artışı % 165 ile % 285 oldu. *B. maritima*'da ise hem 6. hem de 12. günlerde 150 mM NaCl uygulanan gruplarda, aktivite kontrol gruplarına göre yaklaşık % 25 artarken, aynı günlerin 500 mM NaCl uygulanan gruplarında, ortalama % 150 arttı. 28 haftalık tüm gruplarda, 150 mM NaCl uygulanan bitkilerde aktivite (% 11, % 15 ile % 20), kontrol ve 500 mM NaCl uygulananlara göre anlamlı bir artış gösterdi (çizelge 3.14; şekil 3.5)

Çizelge 3.14: *Beta vulgaris* cv *bianca*, *Beta vulgaris* cv *ansa* ve *Beta maritima* bitkilerinde farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6.ve 12. günlerde askorbat peroksidaz aktivitesindeki (enzim unit g⁻¹ yaş ağırlık) değişimler.

Uygulama Grupları	Bianca	Ansa	B. maritima
0. Gün	65.64±3.78	35.86±1.27	48.38±1.77
6. gün kontrol	75.11±4.20	36.02±0.26	81.74±1.89
6. gün 150 mM NaCl	125.06±3.17	60.83±0.07	104.11±0.61
6. gün 500 mM NaCl	143.83±6.75	95.37±0.52	212.32±0.95
12. gün kontrol	67.23±2.97	46.78±0.34	123.32±0.88
12. gün 150 mM NaCl	130.52±7.53	80.89±0.57	152.15±0.72
12. gün 500 mM NaCl	143.83±3.29	179.66±0.13	276.32±1.36
28. hafta kontrol	261.93±5.78	268.75±6.11	349.92±4.83
28. hafta 150 mM NaCl	384.39±9.34	309.55±10.12	471.49±8.93
28. hafta 500 mM NaCl	249.79±4.56	228.68±3.91	262.39±2.21



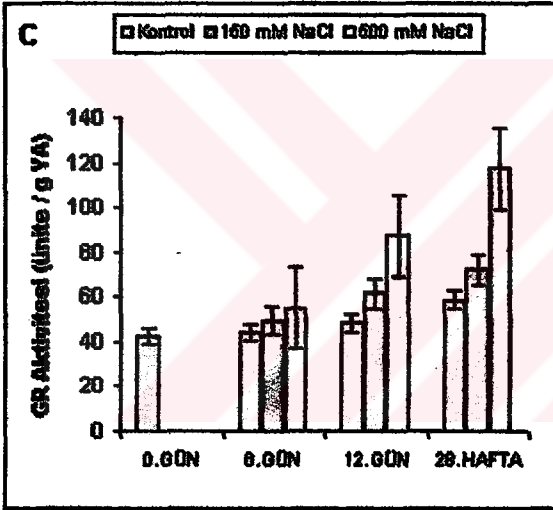
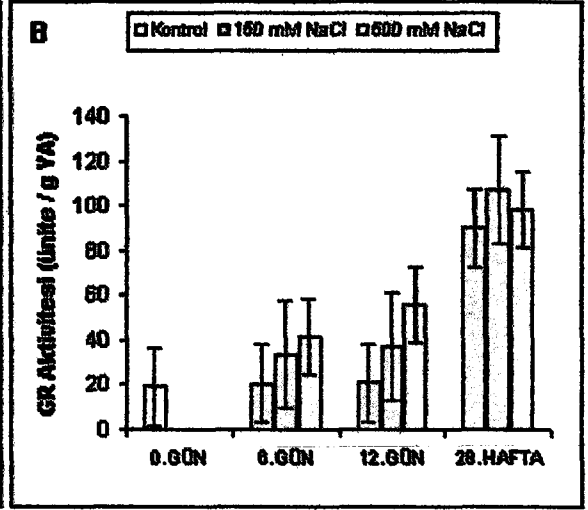
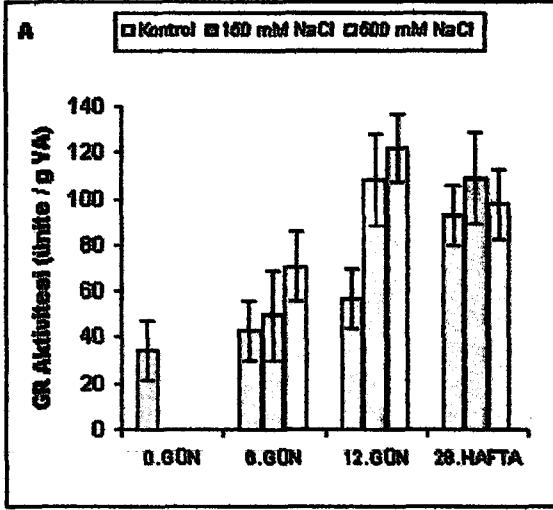
Şekil 3.5. *Beta vulgaris* cv *bianca* (A), *Beta vulgaris* cv *ansa* (B) ve *Beta maritima* (C) bitkilerinde farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) APOX aktivitesindeki (ünite / g yaş ağırlık) değişimler 0., 6., 12. günlerde ve 28. haftada verilmiştir.

3.6.5 Glutasyon redüktaz (GR) enzimi ile ilgili sonuçlar

Glutasyon redüktaz enziminin aktivitesi, 6. ve 12. günlerin, 500 mM NaCl uygulanmış gruplarında, *B. vulgaris* cv. *bianca*'da % 66 ile % 113; *B. vulgaris* cv. *ansa*'da ise % 102 ile % 167 artarken, aynı bitkilerin 150 mM NaCl uygulanan örneklerinde belirgin bir değişim gözlenmedi (şekil 3.6). *B. maritima*'da ise 6. günde 150 ve 500 mM NaCl uygulanan bitkilerde belirgin bir aktivite artışı saptanmazken, 12. günde 150 mM NaCl uygulanan gruplarda, aktivite yaklaşık % 28, 500 mM NaCl uygulananlarda ise yaklaşık % 81 arttı (şekil 3.6). 28 haftalık gruplarda, kültür varyetelerinde, kontrol gruplarına göre, 150 mM NaCl uygulanan gruplardaki artış, % 20 düzeylerinde iken, 500 mM NaCl uygulanan gruplarda aktivite artışı kontrol gruplarından belirgin bir farklılık göstermedi. *B. maritima*'da enzim aktivitesinde, 500 mM NaCl uygulanan gruplarda, kontrol gruplarına göre yaklaşık % 103 artış gözlemlendi. Diğer stres grubundaki artış % 20 seviyesinde kaldı (çizelge 3.15; şekil 3.6).

Çizelge 3.15: *Beta vulgaris* cv *bianca*, *Beta vulgaris* cv *ansa* ve *Beta maritima* bitkilerinde farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6.ve 12. günlerde glutasyon redüktaz aktivitesindeki (enzim unit g^{-1} yaş ağırlık) değişimler.

Uygulama Grupları	Bianca	Ansa	B. maritima
0. Gün	34.26±2.81	19.30±1.46	42.32±3.47
6. gün kontrol	42.69±2.01	20.74±2.94	44.09±4.13
6. gün 150 mM NaCl	49.49±1.16	33.61±3.06	49.64±2.68
6. gün 500 mM NaCl	70.80±3.67	41.83±2.24	55.21±3.30
12. gün kontrol	57.02±2.53	20.85±2.28	48.34±3.97
12. gün 150 mM NaCl	107.96±2.34	36.91±2.05	61.71±2.23
12. gün 500 mM NaCl	121.73±1.87	55.64±2.64	87.36±4.21
28. hafta kontrol	92.53±5.46	89.94±8.79	58.79±3.45
28. hafta 150 mM NaCl	108.81±8.67	107.32±10.12	72.58±4.11
28. hafta 500 mM NaCl	97.58±6.11	98.14±7.82	117.53±7.23



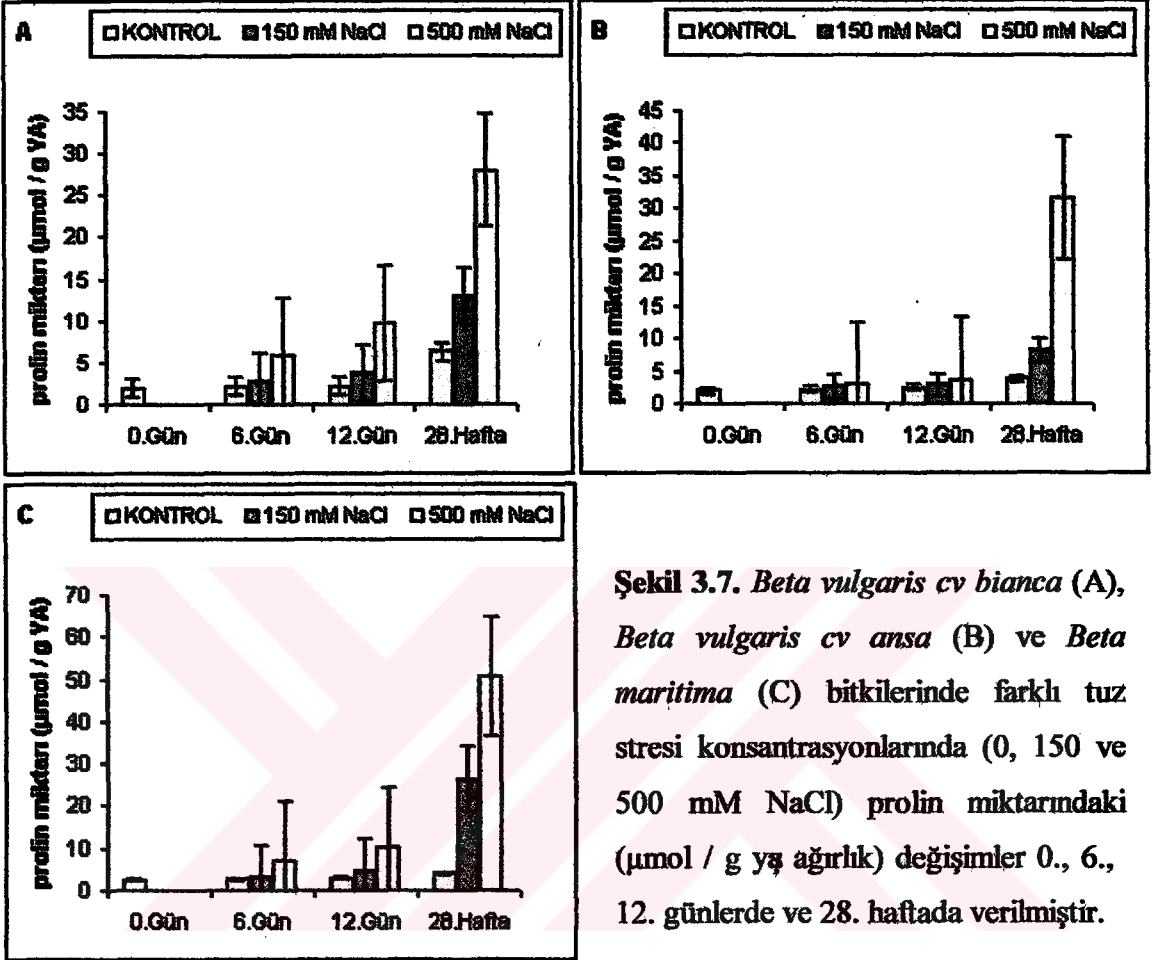
Şekil 3.6. *Beta vulgaris* cv bianca (A), *Beta vulgaris* cv ansa (B) ve *Beta maritima* (C) bitkilerinde farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) GR aktivitesindeki (ünite / g yaş ağırlık) değişimler 0., 6., 12. günlerde ve 28. haftada verilmiştir.

3.7 Prolin Miktarları İle İlgili Sonuçlar

Prolin miktarı, *Beta vulgaris cv bianca*, *Beta vulgaris cv ansa* ve *Beta maritima* bitkilerinde, 6. günde 150 mM NaCl uygulanan gruplarda, belirgin bir değişim göstermezken, 500 mM NaCl uygulanan gruplarda, *Beta vulgaris cv ansa* dışında yaklaşık % 166 ile % 162 artış gösterdi (şekil 3.7). 12. günde ise, tüm bitkilerde, 150 mM NaCl uygulanan stres gruplarında prolin miktarı, sırasıyla yaklaşık olarak, % 47 % 50 ve % 57 iken, 500 mM NaCl uygulananlarda ise, % 276, % 94 ve % 247 arttı. 28 haftalık gruplarda ise, kontrol gruplarındaki prolin seviyesi tüm bitkilerde diğer günlerdeki düzeyi ile yaklaşık aynı iken, bu miktar 150 mM NaCl uygulanan *B. vulgaris cv bianca* ve *B. maritima*'da belirgin artış gösterdi. 500 mM NaCl uygulanan gruplarda, tüm bitkilerde prolin miktarı, ortalama % 500-900 arttı (çizlege 3.16; şekil 3.7).

Çizelge 3.16: *Beta vulgaris cv bianca*, *Beta vulgaris cv ansa* ve *Beta maritima* bitkilerinde farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6.ve 12. günlerde, prolin miktarındaki ($\mu\text{mol g}^{-1}$ yaş ağırlık) değişimler.

Uygulama Grupları	Bianca	Ansa	B. maritima
0. Gün	2.24±0.34	2.03±0.032	2.74±0.05
6. gün kontrol	2.23±0.27	2.26±0.17	2.67±0.15
6. gün 150 mM NaCl	2.76±0.23	2.81±0.05	3.36±0.01
6. gün 500 mM NaCl	5.93±0.04	2.93±0.02	6.99±0.60
12. gün kontrol	2.56±0.11	1.95±0.09	2.93±0.02
12. gün 150 mM NaCl	3.77±0.13	2.90±0.01	4.61±0.19
12. gün 500 mM NaCl	9.63±0.21	3.79±0.02	10.18±0.35
28. hafta kontrol	6.27±0.91	3.90±0.23	4.01±0.05
28. hafta 150 mM NaCl	13.07±2.13	8.29±2.87	26.54±3.45
28. hafta 500 mM NaCl	28.00±7.21	31.69±8.34	50.79±9.45



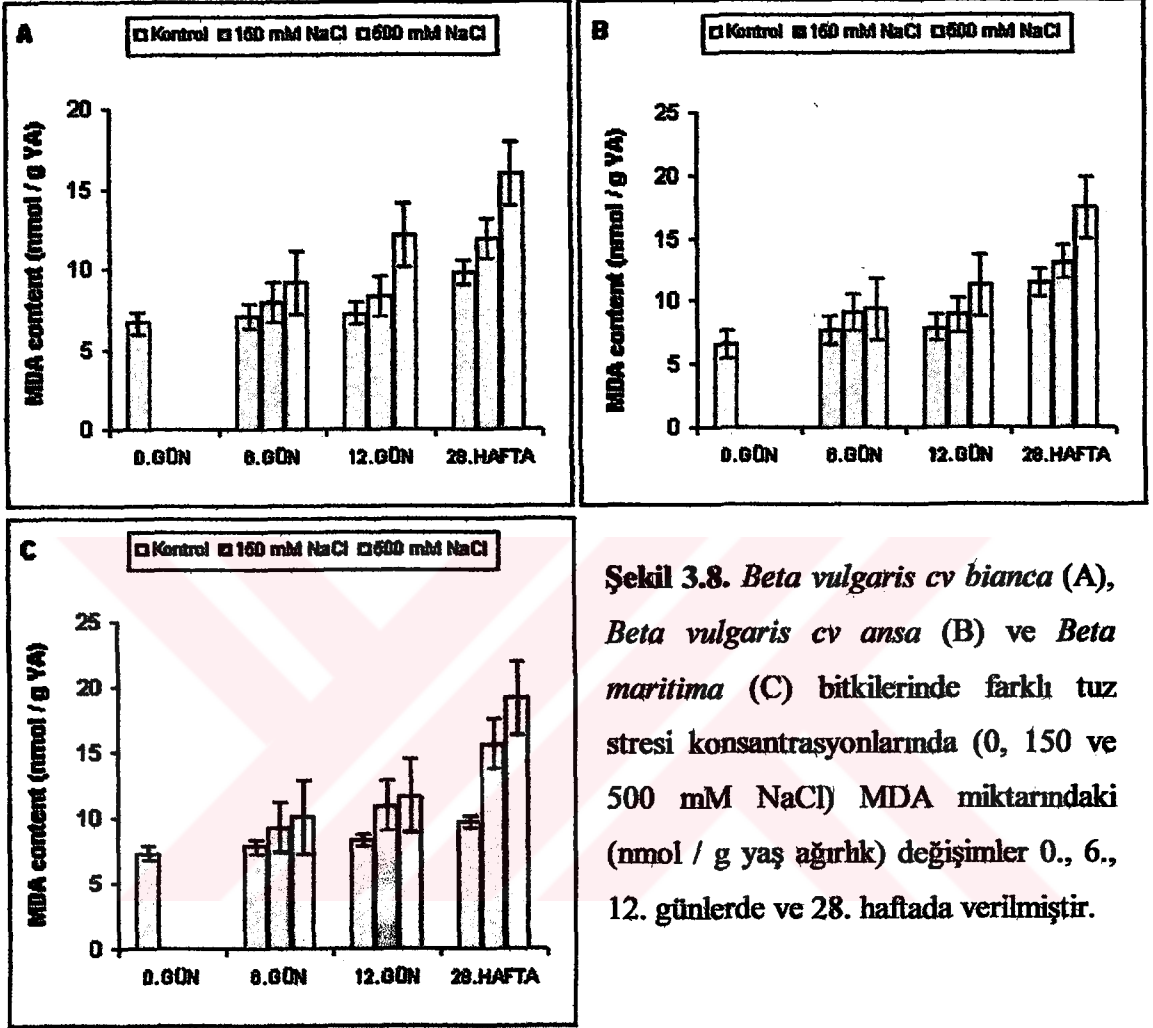
Şekil 3.7. *Beta vulgaris* cv bianca (A), *Beta vulgaris* cv ansa (B) ve *Beta maritima* (C) bitkilerinde farklı tuz stresli konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) prolin miktarındaki ($\mu\text{mol} / \text{g}$ yaş ağırlık) değişimler 0., 6., 12. günlerde ve 28. haftada verilmiştir.

3.8 Lipid Peroksidasyonu İle İlgili Sonuçlar

Lipid peroksidasyonu, malondialdehit miktarındaki değişimlere göre belirlendi. Şekil 3.8'de *Beta vulgaris cv bianca*, *Beta vulgaris cv ansa* ve *Beta maritima* bitkilerinde, stres süresi ve konsantrasyonuna bağlı olarak MDA miktarları görülmektedir. MDA miktarı tüm gruplarda en yüksek seviyelere 500 mM NaCl uygulanan gruplarda ulaştı (sırasıyla % 68, % 45 ve % 40). 12. günde MDA miktarı, kültür varyetelerine göre, *Beta maritima*'da daha düşük seviyede kaldı. Bununla birlikte, 28 haftalık bitkilerde MDA miktarında gözlenen artış, (özellikle 500 mM NaCl uygulananlarda) hem kültür varyeteleri, hem de yabancı tür için yaklaşık olarak (% 80) aynı düzeydedir (çizelge 3.17; şekil 3.8).

Çizelge 3.17: *Beta vulgaris cv bianca*, *Beta vulgaris cv ansa* ve *Beta maritima* bitkilerinde farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) 0., 6.ve 12. günlerde, lipid peroksidasyonundaki (malondialdehit miktarı - nmol g⁻¹ yaş ağırlık) değişimler.

Uygulama Grupları	Bianca	Ansa	B. maritima
0. Gün	6.63±0.47	6.60±1.27	7.34±0.19
6. gün kontrol	7.02±0.03	7.69±0.26	7.81±0.20
6. gün 150 mM NaCl	7.87±0.09	9.13±0.07	9.30±1.01
6. gün 500 mM NaCl	9.12±0.30	9.36±0.52	10.09±0.12
12. gün kontrol	7.22±0.47	7.94±0.34	8.31±0.18
12. gün 150 mM NaCl	8.29±0.24	8.91±0.57	10.98±1.16
12. gün 500 mM NaCl	12.11±1.51	11.30±0.13	11.70±0.38
28. hafta kontrol	9.75±1.12	11.48±1.8	9.68±0.98
28. hafta 150 mM NaCl	11.83±3.42	13.11±2.82	15.62±4.31
28. hafta 500 mM NaCl	15.93±5.12	17.41±4.87	19.17±5.24



Şekil 3.8. *Beta vulgaris* cv bianca (A), *Beta vulgaris* cv ansa (B) ve *Beta maritima* (C) bitkilerinde farklı tuz stresi konsantrasyonlarında (0, 150 ve 500 mM NaCl) MDA miktarındaki (nmol / g yaş ağırlık) değişimler 0., 6., 12. günlerde ve 28. haftada verilmiştir.

3.9 İstatistiksel Analiz Sonuçları

Beta vulgaris cv bianca, *Beta vulgaris cv ansa* ve *Beta maritima* antioksidant enzim aktiviteleri, lipid peroksidasyonu, prolin, protein, miktarları, bağıl su içeriği arasındaki farklılıkların anlamlılıkları, uygulama süresi ve NaCl konsantrasyonu açısından tür içinde ve türler arasında incelendi (çizelge 3.18).

Çizelge 3.18: *Beta vulgaris cv bianca*, *Beta vulgaris cv ansa* ve *Beta maritima* bitkilerinde gözlenen farklılıkların (F değerleri), tuz konsantrasyonları (T), günler (G) ve türler (B) düzeyinde istatistiksel analizleri

BAĞIMLI DEĞİŞKENLER	BAĞIMSIZ DEĞİŞKENLER			
	T	G	B	TxGxB
SOD Aktivitesi	11.54**	139.17**	5.22**	1.26 ^{ns}
POX Aktivitesi	15.19**	168.35**	19.46**	5.16**
CAT Aktivitesi	10.57**	23.62**	4.91*	1.39 ^{ns}
APOX Aktivitesi	19.50**	85.68**	16.04**	11.25**
GR Aktivitesi	5.29*	26.05**	1.47 ^{ns}	1.00 ^{ns}
Protein Miktarı	23.13**	123.21**	13.70*	12.23*
MDA Miktarı	339.58**	2390.66**	85.25**	33.80**
Prolin Miktarı	231.23**	1198.34**	76.34**	41.62*
Bağıl Su İçeriği (%)	383.15**	1558.11*	92.18 ^{ns}	36.89 ^{ns}

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; ns: belirgin farklılık yok

4. TARTIŞMA

Pancar bitkisinde, tuz stresine bağı olarak özellikle toprak üstü organların büyüme parametrelerine (uzunluk, yaş ve kuru ağırlık) ilişkin değerlerde görülen azalış, Munns ve Termaat (1986) tarafından açıklanan tuz stresinin kısa süreli etkilerine ait verilerle paralellik göstermektedir. Ayrıca Ghoulam et al. (2002)'de, şeker pancarının farklı kültür çeşitlerinde, tuz stresine bağı olarak gövde ve kök yaş-kuru ağırlıklarında azalma kaydetmiştir. Tuz stresinin, kısa süreli etkilerinin köklerden çok, gövde üzerinde görülmesi ve bu etkinin NaCl'nin toksik etkisinden çok, yarattığı ozmotik etkiye bağı olduğu pek çok araştırmacı tarafından çeşitli bitkilerde gösterilmiştir (Flower et al., 1977; Greenway and Munns, 1980; Delane et al., 1982; Dudeck et al., 1983). Bitkilerde, genel olarak şekiller 2.1-7'de görüldüğü gibi, uzun süreli (28 hafta) stres koşullarında (özellikle 500 mM NaCl uygulananlarda), kök ve gövde boylarında kısalma saptandı. Bu etkilenme en az oranda, *Beta maritima*'da gözlemlendi. Gövde ve kök büyüme verilerine göre, yabani türün, kültür çeşitleri, *Beta vulgaris cv bianca* ve *Beta vulgaris cv ansa*'ya göre NaCl'dan daha az etkilendiğini söyleyebiliriz. Doğal yetiştirme ortamının bu bitkiye kazandırdığı özellikler, tuz stresine toleransını ve dolayısıyla da rekabet gücünü arttırmaktadır (Ford-Lloyd et al., 1982; Tan, 1992).

Pancar bitkisinde, tuz stresinin olumsuz etkisi sonucu fotosentetik verimde görülen değişim, azalma yerine düşük düzeyde de olsa artış şeklindedir. Bu veriler, tuz stresi koşullarında pirinçte, (Lutts et al., 1996) ve ayçiçeğinde (Conroy et al., 1988; Santos et al., 2001) yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlarla farklılık gösterirken, Sharma ve Hall (1991) tarafından, arpa ve sorghum'da yapılan ve NaCl stresi sonucunda, PS II ve PSI aktivitelerinde herhangi bir azalmanın saptanmadığı araştırmanın sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Yapılan bir çalışmada, orta derecede KCl stresi altında temel floresans (F_0) değerinin sabit kalmasının, bu konsantrasyonun reaksiyon bölgesini etkilememesine bağı olduğu ortaya konulmuştur (Santos et al., 2001). Çalışmamızda da, *Beta* türlerinin tuza daha toleranslı olmasından

dolayı kullanılan NaCl konsantrasyonunun fotosentetik verimi etkilemediği düşünülmektedir. Oysa, yüksek KCl konsantrasyonlarında görülen farklı etkiler, pigmentlerden reaksiyon bölgelerine enerji transferi sırasında kayıplar olduğunu göstermektedir, belkide PSII'nin enerji elde eden klorofil proteinlerinin (LHC) zarar görmesine bağlıdır. $(F_m - F_0) / F_m$ oranlarındaki farklılıklar, PSII'nin fotokimyasal verimliliğindeki değişimleri vurgulamaktadır (Maxwell and Johnson, 2000). Ayrıca bu yanıtta farklılık bitkinin tolerans düzeyi ve stres miktarı ile ilişkilidir.

Fotosentez hızı, NaCl uygulanan bitkilerde genellikle daha düşüktür ve belirli bir NaCl konsantrasyonunda zamana bağlı olarak azalma gösterebilir (Longstreth and Nobel, 1979; Walker et al., 1982; Yeo, 1985). İyon konsantrasyonu ile fotosentez hızı arasında direkt bir ilişki kurulamamasına rağmen, NaCl etkisi ortadan kalktığında, fotosentez hızının kısa sürede normal düzeye ulaştığı belirtilmiştir (Walker et al., 1982). Tuz stresine bağlı olarak gelişebilen, oksidatif stres sonucu ortaya çıkan süperoksit radikallerini yokeden, sistemler etkili şekilde çalışmazlarsa, bundan, öncelikle plastidlerin bütünlüğü zarar görür ve fotosentez hızı azalır (Osswald et al., 1992). Fotosentetik parametreler olan klorofil içeriği ve fotosentez hızı senesens parametreleri olarak daha önceki çalışmalarda kullanılmıştır (Buchanan-Wollaston, 1997). Örneğin, KCl stresi altında, total klorofil konsantrasyonu azalırken, klorofil a'dan daha hızlı bir şekilde klorofil b parçalandığı için, klorofil a / klorofil b oranı artış göstermiştir. Bu olay, klorofil b'nin parçalanmasının ilk aşaması olan, klorofil a'ya dönüşümü ile açıklanabilir (Fang et al, 1998; Santos et al., 2001). Ayrıca, Reddy ve Vora'ya (1986) göre, tuz uygulanan bitkilerde, klorofil konsantrasyonunda görülen azalmanın, klorofil parçalayan klorofilaz enziminin aktivitesindeki artışa bağlı olduğu düşünülmektedir. Çalışmamızda, özellikle stres gruplarında fotosentetik pigmentlerden klorofil a'da görülen artış, klorofil b miktarında görülen artışa göre daha yüksek orandadır ve bu nedenle klorofil a / klorofil b oranı yüksektir. Bu sonuçlar, diğer büyüme parametreleri ile birlikte değerlendirildiğinde, klorofil a / klorofil b oranındaki artış, strese verilen bir yanıtta çok, türlerin genetik özellikleri

ile ilgili olabilir. Ayrıca, karotenoid miktarında görülen azalma nedeni, Sharma ve Hall (1991) tarafından açıklandığı gibi, tuz stresi koşullarında, fotoinhibisyona karşı korunma mekanizmalarından olan β -karotenin parçalanarak zeaksantinlerin oluşmasından kaynaklanabilir.

Tuz stresinin kısa dönem etkilerinden, ilk önce ortaya çıkan, yaprak bağıl su içeriğinde görülen azalmadır (Munns ve Termaat, 1986). Bitkilerimizde, kontrol gruplarına göre stres uygulananlarda görülen bağıl su içeriği değişimi, Kevresan et al. (1997) ve Ghoulam et al. (2002) tarafından farklı şeker pancarı varyetelerinde tespit edilen değerlere benzerlik göstermektedir. Stres süresi ve konsantrasyonundaki artışa ters orantılı olarak, kontrol gruplarına göre bağıl su içeriğinde azalma kaydedildi (çizelge 3.9). Bu etki, diğer parametrelerde olduğu gibi tüm bitki gruplarında 12.gün 500 mM NaCl uygulanan gruplarda daha belirgin bir şekilde saptandı (*Beta vulgaris cv bianca*'da % 15; *Beta vulgaris cv ansa*'da % 16; *Beta maritima*'da % 12).Elde edilen sonuçlar, tuza duyarlı bitkilerde yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında, (örneğin, pirinç bitkisinde, Sultana et al, 1999) yaprak bağıl su içeriğinde görülen azalma çok yüksek oranda değildir.

Total protein düzeyleri özellikle 500 mM NaCl uygulanan gruplarda, sırasıyla 6. ve 12. günlerde, ortalama olarak, *Beta vulgaris cv bianca*'da % 43.33-59.03; *Beta vulgaris cv ansa*'da % 38.20-51.11 ve *Beta maritima*'da % 22,58-50.63 oranlarında azaldı. Protein sentezi düzeyinde görülen azalma, Aspinall (1986) tarafından da açıklandığı gibi tuz stresinin iyonik etkisi sonucunda meydana gelmektedir. Özellikle Cl^- tarafından NO_3^- alınımının engellenmesi (Cram 1973; Deane-Drummond and Glass, 1982) büyümeyi ve protein sentezini azaltmaktadır. Sultana et al.'un, (1999) pirinç bitkisinde yaptığı bir çalışmaya göre, tuz stresi sonucunda, başta total protein, olmak üzere, fotosentetik pigment ve şeker miktarlarında düşüş kaydedilmiştir. Bu açıdan tüm bitki gruplarında, total protein miktarında NaCl'nin konsantrasyonu ve uygulama süresine bağlı olarak gözlenen azalma, *B. maritima*'da, diğer bitkilere göre daha düşük düzeyde gerçekleşti. Bu da, bitkinin tuz stresinden daha az etkilendiğinin

bir diğer belirtisidir. 28. Hafta sonuçlarını incelediğimizde, 500 mM NaCl uygulanan gruplarda tüm bitkilerde, protein miktarları kontrol gruplarına göre artış gösterdi (şekil 3.1). Protein düzeylerinde gözlenen bu yükselişin, hücrenin letal döneme girmesi nedeniyle, artan proteaz aktiviteleri sonucu, çözünen protein miktarlarıyla veya hücre ölümünden sorumlu özel proteinlerin sentezlenmesi ile ilgili olduğu düşünülmektedir (Gilchrist, 1998).

Çeşitli stres koşulları altında hücrede toksik oksijen türevlerinin üretimi artmaktadır (Gossett et al., 1994; Kampfenkel et al., 1995; Weckx and Clijsters, 1997; Shalata and Tal, 1998; Ianelli et al., 1999). Sitotoksik oksijen türlerinin hücre içinde artması hücre bileşenlerine oksidatif zarar vererek, normal metabolizmayı bozar (Halliwell, 1982). Hücrede, meydana gelen en zararlı etki membran lipidlerinin peroksidasyonudur (Tappel, 1973; Halliwell, 1982). Bitkiler bu zararlardan korunabilmek için çeşitli enzimatik ve enzimatik olmayan mekanizmalar geliştirmişlerdir (Tsang et al., 1991; Acar et al., 2001; Shalata and Tal, 1998). Yine pek çok araştırmacı tarafından, doğal yetiştirme ortamlarında çeşitli streslere adaptasyon gösteren bitkilerin, özellikle yabani türlerin, antioksidatif savunma sistemlerini daha etkili şekilde kullandıkları belirtilmiştir (Gossett et al., 1994; Shalata and Tal, 1998; 2001; Mittova et al., 2000).

Ülkemizde tarımı yapılan farklı şeker pancarı çeşitleri ile, özellikle sahil kesimlerinde yayılış gösteren, yabani pancar türü, *Beta maritima*'nın antioksidatif enzim içerikleri karşılaştırıldığında, genellikle, enzimlerin temel seviyelerinin yabani türde daha yüksek olduğu gözlemlendi. Dikkat çekici olarak, kültür varyetelerinin 0. gün değerleri ve diğer günlerin kontrol gruplarına göre, *Beta maritima*'da SOD'un temel enzim aktivitesi daha yüksek düzeydedir. Bu sonuç, yabani türler ile onların kültür akrabaları arasında yapılan çeşitli çalışmalarla paralellik göstermektedir (Gossett et al., 1994; Shalata and Tal, 1998; 2001; Mittova et al., 2000; Acar et al., 2001). Yabani türler, temel SOD aktivitesi düzeyleri doğal olarak yüksek olduğu için, stres süresi ve düzeyine bağlı olarak enzim aktivitelerini arttırmadan da oksidatif stresle mücadele

edebilirler. Antioksidatif savunma sisteminin diğer enzimleri, POX, CAT, APOX ve GR aktivitelerine bakıldığında, özellikle H_2O_2 'yi uzaklaştıran enzimlerin aktiviteleri stres süresi (0, 6, 12. günler ve 28. hafta) ve konsantrasyonuna (150-500 mM NaCl) bağlı olarak artış gösterdi. Bu artış, yine, *Beta maritima*'da daha yüksek düzeyde gözlemlendi. Ayrıca bu enzimlerin aktivitelerinin temel seviyelerinin de kültür varyetelerinin temel seviyelerine göre daha yüksek olduğu belirlendi (şekiller 3.2-3.6). Bu açıdan, Shalata ve Tal'ın (1998; 2001) yabancı domates çeşitinde ve Lopez'in (1996) turpta yaptıkları çalışmada vurguladıkları gibi yabancı çeşidimizde de askorbat-glutasyon döngüsünün daha etkeni şekilde çalıştığı düşünülmektedir. 28 haftalık 500 mM NaCl uygulanan kültür çeşitlerinde tüm antioksidant enzim aktivitelerinde azalma kaydedilirken, *Beta maritima*'da, SOD, CAT ve GR enzimlerinin aktivitelerinde gözlenen artış bu enzimlerin letal dönemde bile aktivitelerini koruduklarını düşündürmektedir.

Pek çok araştırmacı tarafından ortaya koyulan verilere göre prolin birikimi, bitkilerin tuz ve su stresinden etkilendiğinin bir göstergesidir (Perez-Alfocea et al., 1994; Fedina and Popova, 1996; Gzik, 1996; Sultana et al., 1999; Ghoulam et al., 2002). Bu nedenle, pancar bitkilerinin, tuz stresinden etkilenip etkilenmediğini gözlemek için prolin miktarları belirlendi. Çalışılan üç türde de, (*Beta vulgaris cv bianca*, *Beta vulgaris cv ansa* ve *Beta maritima*) prolin miktarlarında, stres süresi ve konsantrasyonuna bağlı olarak artış gözlemlendi. Gzik, (1996) ve Ghoulam et al.'da (2002) şeker pancarında tuz stresine bağlı olarak prolin miktarındaki artışı çalışmalarında göstermişlerdir. Kültür varyetelerine göre prolin miktarındaki artışın, *Beta maritima*'da daha düşük düzeyde olması, yabancı türümüzün tuza dayanıklılığının bir göstergesidir. Ayrıca yine bu bitkide temel seviyedeki prolin miktarının, kültür varyetelerine göre daha yüksek olması, prolinin stres koşulları altında sahip olduğu önemli rolün bir kanıtıdır. Prolinin, ozmotik koruyucu olarak veya sinyal iletiminde rol oynayarak stres toleransında yer aldığı bilinmektedir (Gzik, 1996; Yeo 1998; Bohnert et al., 1999 ve Ghoulam et al., 2002).

Bitki dokularında, tuz stresinin sonucunda artan oksidatif stresin bir diğer önemli göstergesi membran lipidlerinin peroksidasyonudur. Lipid peroksidasyonu, ortamdaki malondialdehit (MDA) miktarına göre tayin edilir. MDA düzeyleri ile SOD, POX, APOX, CAT ve GR enzim aktiviteleri arasında ters bir orantı bulunmaktadır. (Mittal and Dubey, 1991; Hernandez et al., 1994). Çalışmamızda, tuz stresinin her iki gününde de, 150 ve 500 mM NaCl uygulanan gruplarda en düşük MDA düzeyleri, *Beta maritima*'da gözlemlendi (şekil 3.8). Tuz stresine dayanıklılığın bir göstergesi olan daha düşük lipid peroksidasyonu düzeyleri, önceki çalışmalarda sırasıyla, pamuk, pirinç, domates ve arpa da elde edildi (Gossett et al., 1994; Dionisio-Sese and Tobita, 1998; Shalata and Tal, 1998; 2001; Mittova et al., 2000; Acar et al., 2001). *Beta maritima*'da, belirlenen düşük MDA seviyelerinin, bu bitkinin kalıtsal ve indüklenmiş antioksidatif enzim aktiviteleri ile ilişkilidir. Yukarıda belirtilen araştırmacılar tarafından da bu ilişki ortaya konulmuştur. Kültür varyetelerinde gözlenen yüksek lipid peroksidasyonu, tuz stresine toleransı azaltan, hücre bütünlüğünün ve membran yapısının bozulması ve hücre içeriğinin dışarıya sızması gibi olumsuzlukların meydana gelmesine neden olur (Shalata and Tal, 1998; 2001). 28 haftalık bitkilerde tüm gruplarda gözlenen yüksek MDA düzeyleri, özellikle 500 mM NaCl uygulanan gruplarda, bitkilerin letal dozda tuza maruz kalması sonucunda hücre bütünlüğünün bozulmasının bir belirtisidir.

Kültür bitkileri ve bunların yabancı akrabaları çeşitli çevresel streslere verdikleri yanıtlar ve savunma mekanizmaları açısından değişik özelliklere sahiptir. Çalışmamızda, ortaya konulan sonuçlara göre, tuz stresinin pancar genotipleri üzerindeki etkileri çeşitli parametreler dikkate alındığında belirgin farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar daha çok yabancı tür, *Beta maritima*'ya üstünlük sağlar niteliktedir. Yabancı türlerin sahip oldukları çeşitli üstün özelliklerin, kültür bitkilerine kazandırılması, günümüzde bitki biyoteknolojisinin ve genetiğinin başlıca ilgi odağıdır. Bu nedenle yapılan araştırma, ortaya konulan bulgular ve değerlendirmeler açısından, daha sonra bu alanda yapılacak çalışmalar için yararlı bir kaynak olacaktır.

5. KAYNAKLAR DİZİNİ

- Acar O., Türkan I., Özdemir F., 2001,** Superoxide dismutase and peroxidase activities in drought sensitive and resistant barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties. *Acta Physiol. Plant.* 3: 351-356.
- Amacher-Kotuby J., Koenig R. and Kitchen B., 1997,** Salinity and plant tolerance. Electronic Publishing-Utah State University Extension, 1-5.
- Arnon D. I., 1949,** Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*, *Plant Physiol.*, 24: 1-10.
- Asada K. and Takahashi M., 1987,** Production and scavenging of active oxygen in photosynthesis. In *Photoinhibition*, D.J. Kyle, C.D. Osmond and C.J. Arntzen (eds.), Elsevier Science Publishers Amsterdam, pp. 227-287.
- Asada K., 1994,** Production and action of active oxygen species in photosynthetic tissues. In: Foyer C.H. and Mollineaux P.M. (eds), *Causes of Photooxidative Stress and Amelioration of Defense System in Plants*. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 77-103.
- Aspinall D., 1986,** Metabolic effects of water and salinity stress in relation to expansion of the leaf surface. *Aust. J. Plant Physiol.*, 13: 59-73.
- Azam-Ali S.N., Crout N.M.J. and Bradley R.G., 1994,** Perspectives in modelling resource capture by crops. In *Resource Capture By Crops* (Eds J.L. Monteith, R.K. Scott and M.H. Unsworth), pp. 125-148. Nottingham: Nottingham University Press.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Bates L. S., Waldren R. P. and Teare I. D., 1973, Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil. 39: 205-207.**
- Beauchamp C. and Fridovich I., 1971, Superoxide Dismutase : Improved assays and applicable to acrylamide gels. Anal. Biochem. 44: 276-287.**
- Bergmeyer N., 1970, Methoden der enzymatischen Analyse, Vol.1, Akademie Verlag, Berlin, pp. 636-647.**
- Bohnert H. J., Su H. and Shen B., 1999, Molecular mechanisms of salinity tolerance. In: Shinozaki, K., Yamaguchi-Shinozaki K. (eds) Molecular responses to Cold, Drought, Heat and Salt stress in Higher Plants. University of Arizona, Arizona, pp 29-60.**
- Bousier P. and Lauchli A., 1989, Physiologia Plantarum, 77: 537.**
- Bowler C., Van Montagu M. and Inze D., 1992, Superoxide dismutase and stress tolerance. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 43: 83-116.**
- Bradford M. M., 1976, A rapid and sensitive method for the quatitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal.Biochem.72: 248-254.**
- Brown K.F., Messem A.B., Dunham R.J. and Biscoe P.V., 1987. Response of the components of sugar beet leaf water potential to a drying soil profile. J. Agric. Sci. 109: 437-444.**

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Buchanan-Wollaston V.**, 1997, The molecular biology of leaf senescence. *J. Exp. Bot.* 48: 181-199.
- Christiansen M. B.**, 1982, Word environment limitations to food and fiber culture. In *Breeding Plants for Less Favourable Environments*. Christiansen M. B. and Lewis C. F. (eds), John Wiley and sons, New York, p 1.
- Conroy J., Virgona J., Smillie R. and Barlow E.**, 1988, Influence of drought acclimation on CO₂ enrichment on osmotic adjustment and chlorophyll fluorescence of sunflower during drought. *Plant Physiol.* 86: 1108-1115.
- Cram W. J.**, 1973, Internal factors regulating nitrate and chloride influx in plant cells. *J. Exp. Bot.* 24: 328-341.
- Çakmak I. and Marschner H.**, 1992, Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of SOD, APOX and GR in bean leaves, *Plant Physiol.*, 98: 1222-1227.
- Davies K. J. A.**, 1987, Protein damage and degradation by oxygen radicals, I. General Aspects, *J. Biol. Chem.*, 262: 9895-9901.
- Deane-Drummond C. E. and Glass A. D. M.**, 1982, Studies of nitrate influx into barley roots by the use of ³⁶ClO₃ as a tracer for nitrate. I. Interactions with chloride and other ions. *Can. J. Bot.*, 60: 2147-2153.
- Delane R., Greenway H., Munns R. and Gibbs J.**, 1982, Ion concentration and carbohydrate status of elongating leaf tissue of *Hordeum vulgare* growing at high external NaCl. I. Relationship between solute concentration and growth. *J. Exp. Bot.* 33: 557-573.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Dhindsa R. S. and Matowe W.**, 1981, Drought tolerance in two mosses: correlated with enzymatic defense against lipid peroxidation, *J. Exp. Bot.*, 32: 79-91.
- Dionisio-Sese M.L. and Tobita S.**, 1998, Antioxidant responses of rice seedlings to salinity stress. *Plant Sci.* 135: 1-9.
- Dudeck A. E., Singh S., Giardona C. E., Nell T. A. and Mc Connell D. B.**, 1983, Effects of sodium chloride on *Cynodon* turf grasses. *Agron. J.* 75: 927-930.
- Durrant M. J., Draycott A. P. and Payne P. A.**, 1974, Some effects of sodium chloride on germination and seedling growth of sugar beets. *Ann. Bot.* 38: 1045-1051.
- Ekholm E. P.**, 1975, Salting the earth. *Environment*, 17,9.
- Eltner E. F.**, 1987, Metabolism of activated oxygen species. p. 252-315, In Davies D. D. (ed.). *The Biochemistry of Plants, Vol II, Biochemistry of Metabolism*, Academic Press, San Diego, CA.
- Evans A. and Wier J.**, 1981, The evolution of weed beet in sugar beet crops. *Kulturpflanze*, 29: 301-310.
- Fang Z., Bouwkamp J. C. and Solomos T.**, 1998, Chlorophyllase activities and chlorophyll degradation during leaf senescence in non-yellowing mutant and wild type of *Phaseolus vulgaris* L. *J. Exp. Bot.* 49. 503-510.
- Fedina I. S. and Popova A.V.**, 1996, Photosynthesis, photorespiration and proline accumulation in water stressed pea leaves. *Photosynthetica*, 32: 213-220.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Flowers T. J., Troke P. F. and Yeo A. R., 1977,** The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 28: 89-121.
- Ford-Lloyd B. V., Benabbad T. and Sayour G., 1982,** Beet collection in Algeria. *IBPGR Newsletter*, 52: 25-27.
- Foyer C. H. and Halliwell B., 1976,** Presence of glutathione and glutathione reductase in chloroplasts : a proposed role in ascorbic acid metabolism. *Planta* 133: 21-25.
- Foyer C. H. and Mullineaux P., 1994,** Causes of photooxidative stress and amelioration of defense systems in plants. Boca Raton, Florida :CRC press.
- Foyer C. H., Descourvieres P. and Kunnert K. J., 1994,** Protection against oxygen radicals: an important defence mechanism studied in transgenic plants. *Plan Cell Environ.*, 17: 507-523.
- Fridovic I, 1978,** The biology of oxygen radicals. *Science*, 201: 875-880.
- Fridovic I, 1986,** Biological effects of superoxide radical. *Arch. Biochem. Biophys.*, 247: 1-11.
- Ghoulam C. and Fares K., 2001,** Effect of salinity on seed germination and early seedling growth of sugar beet (*Beta vulgaris L.*) *Seed Sci. Tech.* 29: 357-364.
- Ghoulam C., Foursy C. and Fares K., 2002,** Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five beet cultivars. *Environ. and Exper. Bot.* 47: 39-50.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gilchrist D. G.**, 1998, Programmed cell death in plant disease: The purpose and promise of cellular suicide. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 36: 393-414.
- Glass A. D. M.**, 1989, *Plant Nutrition: An Introduction to current concepts*. Jones and Barlett, Boston, MA.
- Gossett D. R., Millhollon E. P. and Lucas M. C.**, 1994, Antioxidant response to NaCl stress in salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of cotton. *Crop Sci.* 34: 706-714.
- Greenway H. and Munns R.**, 1980, Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 31: 149-190.
- Gzik A.**, 1996, Accumulation of proline and pattern of α -amino acids in sugar beet plants in response to osmotic, water and salt stress. *Environ. and Exp. Bot.* 36 (1): 29-38.
- Halliwell B. and Gutteridge J. M. C.**, 1985, *Free radicals in Biology and Medicine*, Clarendon Press, Oxford.
- Halliwell B. and Gutteridge J. M. C.**, 1989, Protection against oxidants in biological systems: The superoxide theory of oxygen toxicity. In: Halliwell B. and Gutteridge J. M. C. (eds) *Free Radicals in Biology and Medicine*. Clarendon Press, Oxford, pp 86-123.
- Halliwell B.**, 1982, The toxic effects of oxygen on plant tissues, in: L.W. Oberley (Ed.), *Superoxide dismutase*, Vol. 1., CRC Press, Boca Raton FL. Pp. 89-123.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Hanson A. D. and Wyse R., 1982,** Biosynthesis, translocation and accumulation of betaine in sugar beet and its progenitors in relation to salinity. *Plant Physiol.* 70: 1191-1198.
- Harper D. B. and Harvey B. M. R., 1978,** Mechanisms of paraquat tolerance in perennial ryegrass II. Role of SOD, catalase and peroxidase, *Plant Cell Environ.*, 1: 211-215.
- Hayashi H. and Murata N., 1998,** Genetically engineered enhancement of salt tolerance in higher plants in stress responses of photosynthetic organisms. Kimiyuki Satoh and Murata N. (eds), Elsevier Science B. V: pp. 133-148.
- Hernandez J.A., Del Rio L. A. and Sevilla F., 1994,** Salt stress induced changes in superoxide dismutase isoenzymes in leaves and mesophyll protoplast from *Vigna unguiculate* L. Walp. *New Phytol.* 126: 37-42.
- Herzog V. and Fahimi H., 1973,** Determination of the activity of peroxidase. *Anal. Biochem.* 55: 554-562.
- Ianelli M.A., Van Breusegem F., Van Montagu M., Inze D. and Massacci A., 1999,** Tolerance to low temperature and paraquat-mediated oxidative stress in two maize genotypes, *J. Exp. Bot.* 50, 333: 523-532.
- Inlay J. A. And Linn S., 1988,** DNA damage and oxygen radical toxicity. *Science*, 240: 1302-1309.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kampfenkel K., Van Montagu M. and Inze D., 1995,** Effects of iron excess on *Nicotiana plumbaginifolia* plants. Implications to oxidative stress. *Plant Physiol.* 107: 725-735.
- Katerji N., Van Hoorn J. W., Hamdy A., Mastrorilli M. and Karzel E. M, 1997,** Osmotic adjustment of sugar beets in response to soil salinity and its influence on stomatal conductance, growth and yield. *Agric. Water Manage.* 34: 57-69.
- Kevresan S., Krstic B., Popovic M., Kovacev L., Pajevic S., Kandrak J. and Malencic D., 1997,** Biochemical changes in sugar beet lines in dependence on soil moisture. *Biolog. Plant.* 40: 245-250.
- Kingsbury R. W., Epstein E. and Pearcy P.W., 1984,** *Plant Physiology*, 74: 417.
- Kovda V. A., 1980,** Land aridization and drought control. Boulder, Colo., Westview Press.
- Lauchli A. and Epstein E., 1984,** *California Agriculture*, 38: 18.
- Lawlor D.W. and Milford G.F.J., 1975,** The control of water and carbon dioxide flux in water stressed sugar beet. *Annals of Applied Biology*, 80:93-102.
- Longstreth D. J. and Nobel P. S., 1979,** Salinity effects on leaf anatomy. *Plant Physiol.* 63: 700-703.
- Lopez F., Vansuyt G., Casse-Delbart F. and Fourcroy P., 1996,** Fourcroy, Ascorbate peroxidase activity not the mRNA level, is enhanced in salt stressed *Raphanus sativus* plants. *Physiol. Plant.* 97: 13-20.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Lutts S., Kinet J. and Bouharmont J., 1996,** NaCl induced senescence in leaves of rice cultivars differing in salinity resistance. *Annals. of Bot.* 78: 389-398.
- Madhava Rao K. V. and Sresty T. V. S., 2000,** Antioxidative parameters in the seedlings of pigeonpea (*Cajanus cajan* L. Millspaugh) in response to Zn and Ni stresses. *Plant Sci.* 157: 113-128.
- Marschner H., Kylin A. and Kuiper P.J.C., 1981,** Differences in salt tolerance of three sugar beet genotypes. *Physiol. Pl.* 53: 234-238.
- Matoh T., Matsushita N. And Takahashi E., 1988,** *Physiol. Plant.* 72: 8.
- Maxwell K. and Johnson G. N., 2000,** Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *J. of Exp. Bot.* 51: 659-668.
- Mittal R. and Dubey R.S., 1991,** Behaviour of peroxidases in rice: changes in enzyme activity and isoforms in relation to salt tolerance. *Plant Physiol. Biochem.* 29 :31-40.
- Mittova V., Volokita M., Guy M. And Tal M., 2000,** Activities of SOD and ascorbate-glutathione cycle enzymes in subcellular compartments in leaves and roots of cultivated tomato and its wild salt tolerant relative *Lycopersicon pennellii*, *Physiol. Plant.*, 112: 487-494.
- Monk L. S. and Davies H. V., 1989,** Antioxidant status of the potato tuber and Ca^{++} deficiency as a physiological stress, *Physiol. Plant.*, 75:411-416.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Mossoud F. I.**, 1974, Salinity and alkalinity as soil degradation hazards. In: A World Assesment of Soil Degradation. FAO/UNDP Expert Consultation on Soil Degradation, FAO, Rome, pp 16.
- Munns R. and Termaat A.**, 1986, Whole plant response to salinity, Aust. J. Plant Physiol., 13: 143-60.
- Nakano Y. and Asada K.**, 1981, Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplasts. Plant Cell Physiol. 22 :867-880.
- Osswald W., Kraus R., Hippeli S., Benz B., Volpert R. and Elstner E.**, 1992, Comparison of enzymatic activities of dehydroascorbatic acid reductase, glutathione reductase, catalase, peroxidase and superoxide dismutase of healthy and damaged spruce needles (*Picea abies* L.) J. Plant Physiol. 139: 742-748.
- O'toole J.C., Crookston R.K, Treharne K.J. and Ozbun J.L.**, 1976. Mesophyll resistance and carboxylase activity. A comparison under water stress conditions. Plant Physiol. 57:465-468.
- Pasternak D.**, 1987, Annual Review Phytopathology, 25; 271.
- Perez-Alfocea F., Santa-Cruz A., Guerrier G. And Bolarin M. C.**, 1994, NaCl stress-induced organic solute changes on leaves and calli of *Lycopersicon esculentum*, *L. pennellii* and their interspecific hybrid. J. Plant Physiol. 143: 106-111.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Polle A., Chakrabarti K., Chakrabarti S., Seifert F., Schramel P. and Reeneberg H., 1992,** Antioxidants and manganese deficiency in needles of Norway spruce (*Picea abies* L.) trees. *Plant Physiol.*, 99: 1084-1089.
- Ramani S. and Kannan S., 1986,** *Journal of Plant Nutrition*, 9: 1553.
- Reddy M. P. and Vora A. B., 1986,** Changes in pigment composition, hill reaction activity and saccharides metabolism in bajra (*Pennisetum typhoides* S&H) leaves under NaCl salinity. *Photosynthica*, 20: 50-55.
- Santos C. L. V., Campos A., Azevedo H. and Calderia G., 2001,** In situ and in vitro senescence induced by KCl stress: nutritional imbalance, lipid peroxidation and antioxidant metabolism. *J. Exp. Bot.* 52, 355: 351-360.
- Shalata A. , Mittova V. , Volokita M., Guy M. and 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. *Physiol. Plant.* 112(4): 487-494.
- Shalata A. and Tal M., 1998,** The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in the of the cultivated tomato and its wild salt-tolerant relative *Lycopersicon pennellii*. *Physiol. Plant.* 104: 169-174.
- Shannon M. C., Grieve C. M. and Francois L. E., 1994,** Whole-plant response to salinity, in: *Plant-Environment Interactions*, Wilkinson R.E. (ed.), Marcel Dekker, Inc. New York , pp 199-244.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Sharma P. K. and Hall D. O., 1991, Interaction of salt stress and photoinhibition on photosynthesis in Barley and Sorghum. J. Plant Physiol. 138: 614-619.**
- Smart R.E. and Bingham G.E., 1974, Rapid estimates of relative water content. Plant. Physiol. 53:258-260.**
- Smith I. K. , Vierheller T. L. and Thorne C. A., 1989, Properties and functions of glutathione reductase in plants. Physiol. Plant., 77: 449-456.**
- Spychalla J. P. and Desborough S. L., 1990, SOD, catalase and α -tocopherol content of stored potato tubers. Plant Physiol., 94: 1214-1218.**
- Stavarek S. J. and Rains R.W., 1983, Iowa St. Journal of Research, 57: 457.**
- Steiger H. M., Beck E. and Beck R., 1977, Oxygen concentration in isolated chloroplasts during photosynthesis. Plant Physiol., 60: 903-906.**
- Sultana N., Ikeda T. and Itoh R., 1999, Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. Environ. Exp. Bot., 42: 211-220.**
- Tan A., 1982, An evaluation of variation of beets collected from the mediterranean region. M.Sc. Thesis. Birmingham Univ., Birmingham.**
- Tan A., 1992, Türkiye’de yayılış gösteren Beta L. (Chenopodiaceae) türlerinin sınıflandırılması üzerine araştırmalar. Doktora Tezi-İzmir.**
- Tappel A. L., 1973, Lipid peroxidation damage to cell components. Federation Proceedings, 32: 1870-1974.**

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Tsang T., Bowler C., Herouart D., Camp W. V., Villarroel R., Gentelle C., Montagu M.V. and Inze D.,** Differential regulation of superoxide dismutase in plants exposed to environmental stress. *Plant Cell*. 3: 783-792.
- Walker R. R., Törökfalvy E. and Downton W. J. S., 1982,** Photosynthetic responses of the citrus varieties Rangpur Lime and Etrog citron to salt treatment. *Aust. J. Plant Physiol*. 9: 783-790.
- Weckx J.E.J., Clijsters H.M.M., 1997,** Zn phytotoxicity induces oxidative stress in primary leaves of *Phaseolus vulgaris*. *Plant Physiol. and Biochem.* 35: 405-410.
- Wise R. R. and Naylor A.W., 1987,** Chilling-enhanced photooxidation: Evidence for the role of singlet oxygen and endogenous antioxidants. *Plant Physiol.*, 83: 278-282.
- Wyn Jones R. G., Brady C.J. and Speirs J., 1979,** Ionic and osmotic relations in plant cells pp.63-103. In: D.L. Laidman and R.G. Wyn Jones (eds.), *Recent advances in Biochemistry of Cereals*. Academic Press, London, England.
- Yahya A., 1998,** Responses to soil salinity of Sesame (*Sesamum indicum* L.) and Sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Doctoral Thesis-Uppsala.
- Yeo A. R., Caporn S. J. M. and Flowers T. J., 1985,** The effect of salinity upon photosynthesis in rice (*Oryza sativa* L.) : gas exchange by individual leaves in relation to their salt content. *J. Exp. Bot.* 36: 1240-1248.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Yeo A.**, 1998, Molecular biology of salt tolerance in the context of whole-plant physiology. J. Exp. Bot. 49: 915-929.
- Zohary M.**, 1966, Flora Palaestina, 1: 138-139.



6. ÖZGEÇMİŞ

Melike YILMAZ BOR, 1971 yılında Ankara’da doğdu. İlk öğrenimini, Ankara Teğmen Kalmaz İlkokulunda, orta ve lise öğrenimini İzmir Özel Fatih Kolejinde tamamladı. 1989 yılında Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümüne başladı ve bu bölümü 1993 yılında bitirdi. 1994 yılında Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoteknoloji Anabilim Dalında, yüksek lisans öğrenimine Prof. Dr. Kamil YÜREKLİ danışmanlığında başladı. 1996 yılında “Poliaminlerin *Catharanthus roseus* Bitkisinde Protein Düzeyinde Etkilerinin İncelenmesi” isimli yüksek lisans tezini tamamladı. 1995-2000 yılları arasında Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoteknoloji Anabilim Dalında, 2000 yılından itibaren de Ege Üniversitesi Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü Genel Biyoloji Anabilim Dalında, araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır. İyi düzeyde İngilizce bile Melike YILMAZ BOR evli ve bir erkek çocuğu annesidir.