



**MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI**

**TUZ (NaCl) STRESİNİN FARKLI TAHİL TÜRLERİNDE KURU MADDE  
ÜRETİMİ, İYON BİRİKİMİ VE FİZYOLOJİK UNSURLAR ÜZERİNE  
ETKİLERİ**

**Derviş ASLANYÜREK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Antakya/HATAY**  
**ARALIK-2011**



**MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI**

**TUZ (NaCl) STRESİNİN FARKLI TAHİL TÜRLERİNDE KURU MADDE**  
**ÜRETİMİ, İYON BİRİKİMİ VE FİZYOLOJİK UNSURLAR ÜZERİNE**  
**ETKİLERİ**

**Derviş ASLANYÜREK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Antakya/HATAY**  
**ARALIK-2011**

**MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TUZ (NaCl) STRESİNİN FARKLI TAHİL TÜRLERİNDE KURU MADDE ÜRETİMİ,  
İYON BİRİKİMİ VE FİZYOLOJİK UNSURLAR ÜZERİNE ETKİLERİ**

**Derviş ASLANYÜREK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI**

Yrd.Doç.Dr.Sema KARANLIK danışmanlığında hazırlanan bu tez 6/11/2011 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Yrd.Doç.Dr.Sema KARANLIK    Prof.Dr.Necat AĞCA    Yrd. Doç.Dr.Murat TİRYAKİOĞLU

**Başkan**

**Üye**

**Üye**

Bu tez Enstitümüz Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

**Kod No:**

**Prof. Dr. Hüseyin GÖZÜBENLİ**  
**Enstitü Müdürü**

Bu Çalışma MKÜ BAP Birimi Tarafından Desteklenmiştir

Proje No: 02 Y 0106

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

|                                                                                                                                         |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ÖZET .....                                                                                                                              | III  |
| ABSTRACT .....                                                                                                                          | IV   |
| ŞEKİL DİZİNİ.....                                                                                                                       | V    |
| SİMGELER VE KISALTMALAR .....                                                                                                           | VIII |
| 1. GİRİŞ .....                                                                                                                          | 1    |
| 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....                                                                                                              | 3    |
| 2.1. Toprakta Tuz .....                                                                                                                 | 3    |
| 2.2. Tuz Stresinin Bitki Büyümesi Üzerine Etkileri .....                                                                                | 3    |
| 2.3. Tuz Stresinin Bitkinin İyon Durumuna Etkisi .....                                                                                  | 5    |
| 2.4. Tuz Stresinin Klorofil Miktarı Üzerine Etkisi .....                                                                                | 12   |
| 2.5. Tuz Stresinin Fotosentez Üzerine Etkisi .....                                                                                      | 13   |
| 2.6. Tuz Stresine Toleransta Fizyolojik Adaptasyon<br>Mekanizmaları .....                                                               | 14   |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM .....                                                                                                             | 17   |
| 3.1. Materyal .....                                                                                                                     | 17   |
| 3.2. Yöntem .....                                                                                                                       | 17   |
| 3.2.1 Su Kültüründe Denemelerin Kurulması .....                                                                                         | 17   |
| 3.2.2 İncelenen Özellikler .....                                                                                                        | 17   |
| 3.2.3 İstatistik Analizi .....                                                                                                          | 18   |
| 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....                                                                                                | 19   |
| 4.1. Yeşil Aksam Verimi .....                                                                                                           | 19   |
| 4.2. Sodyum Konsantrasyonu .....                                                                                                        | 20   |
| 4.2.1. Yeşil Aksam Na Konsantrasyonu. ....                                                                                              | 20   |
| 4.2.2. Kök Na Konsantrasyonu .....                                                                                                      | 22   |
| 4.3. K Konsantrasyonu .....                                                                                                             | 23   |
| 4.3.1. Yeşil Aksam K Konsantrasyonu .....                                                                                               | 23   |
| 4.3.2. Kök K Konsantrasyonu .....                                                                                                       | 25   |
| 4.4. Ca Konsantrasyonu .....                                                                                                            | 27   |
| 4.4.1. Yeşil Aksam Ca Konsantrasyonu .....                                                                                              | 27   |
| 4.4.2. Kök Ca Konsantrasyonu .....                                                                                                      | 28   |
| 4.5. K/Na Oranı .....                                                                                                                   | 30   |
| 4.5.1. Yeşil Aksamda K/Na Oranı .....                                                                                                   | 30   |
| 4.5.2 Kök K/Na Oranı .....                                                                                                              | 31   |
| 4.6. Ca/Na Oranı .....                                                                                                                  | 33   |
| 4.6.1. Yeşil Aksam Ca/Na Oranı .....                                                                                                    | 33   |
| 4.6.2. Kök Ca/Na Oranı .....                                                                                                            | 34   |
| 4.7. Yeşil Aksam Protein İçeriği .....                                                                                                  | 35   |
| 4.8. Yeşil Aksam Askorbat Peroksidaz Enzim (AsCP) Aktivitesi ...                                                                        | 37   |
| 4.9. Yeşil Aksamda Katalaz Enzim Aktivitesi .....                                                                                       | 39   |
| 4.10. Bitkide Lipit Peroksidasyon .....                                                                                                 | 40   |
| 4.11. Bitki Klorofil-a İçeriği .....                                                                                                    | 42   |
| 4.12. Bitkide Klorofil-b İçeriği .....                                                                                                  | 43   |
| 4.13. Bitkide Klorofil-ab İçeriği .....                                                                                                 | 44   |
| 4.14. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında İncelenen<br>Özellikleri Arası Korelasyon Katsayıları ve Önem<br>Seviyeleri ..... | 46   |
| 5. Sonuç ve Öneriler .....                                                                                                              | 49   |
| KAYNAKLAR .....                                                                                                                         | 50   |
| TEŞEKKÜR .....                                                                                                                          | 59   |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                                                                                                          | 60   |

**ÖZET****TUZ (NaCl) STRESİNİN FARKLI TAHIL TÜRLERİNDE KURU MADDE ÜRETİMİ, İYON BİRİKİMİ VE FİZYOLOJİK UNSURLAR ÜZERİNE ETKİLERİ**

Genel olarak kurak ve yarı kurak bölgelerde görülen tuzluluk, bitkisel verimi düşüren, toprakların tarım dışı kalmasına neden olan önemli bir tarımsal problemdir. Tuzluluk stresinin etkisi bitki türü ve genotiplerinde farklı olabilmekte, hatta farklı gelişme dönemlerinde bitkinin tuz stresine karşı dayanıklılığı değişebilmektedir..

Bu tez çalışmasında, Türkiye’de insan ve hayvan beslenmesinde önemli yer tutan beş farklı tahıl cins ve türünün tuz stresine toleransı ve bu toleransta rol oynayan fizyolojik mekanizmalar araştırılmıştır. Farklı tahıl cins ve türlerinin tuz stresine toleransı, bitki kuru madde verimindeki azalma, bitkilerde sodyum (Na), potasyum (K) konsantrasyonları, K/Na ve Ca/Na oranları ile değerlendirilmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre; farklı tahıl cins ve türlerinin değişik tuz konsantrasyonundaki en yüksek yeşil aksam verimi ( $60,0 \text{ mg bitki}^{-1}$ ) yulafta gerçekleşirken, en düşük ( $31,5 \text{ mg bitki}^{-1}$ ) çavdarda tespit edilmiştir. İyon konsantrasyonu bakımından ise yeşil aksam Na konsantrasyonlarının yulaf cinsinde diğer cinslere oranla daha yüksek olduğu, tuza toleransta önemli göstergeler olan K/Na ve Ca/Na oranlarının ise yine yulafta daha düşük olduğu saptanmıştır.

Farklı tahıl cins ve türlerinin tuz stresi altında fizyolojik mekanizmaları incelenmiş, tuz stresinin dozu arttıkça tüm cinslerde protein içeriğinde azalma gözlenmiştir. Cinsler arasında protein konsantrasyonunda en belirgin azalma çavdarda olmuştur. Tahıl cinslerinin enzim aktiviteleri tuz dozunun artışı ile artış göstermiş olup, en yüksek askorbatperoksidaz enzim aktivitesi çavdarda gözlenirken ( $644 \text{ nmol/min/mg prt.}$ ), en yüksek katalaz enzim aktivitesi ise ( $309 \text{ nmol/min/mg prt.}$ ) yulafta gözlenmiştir.

2012, 60 sayfa

**Anahtar Kelimeler:** tuz toksisitesi, tuz toleransı, K/Na oranı, askorbatperoksidaz, katalaz, tahıllar

**ABSTRACT****EFFECT OF SALINITY (NaCl) STRESS ON DRY MATTER PRODUCTION, ION ACCUMULATION AND PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF DIFFERENT CEREAL CROPS**

Salinity stress is a serious problem which limits crop yields especially in arid and semi-arid regions. Effect of salinity stress differs with in the plant species and genotypes as well as growth stage of plants.

In this study, salt stress tolerance of 5 different grain genus and species was evaluated and physiological mechanisms of salt tolerance was investigated. Salt stress tolerance of genus and species were evaluated with reduction in plant dry matter yield, sodium (Na), potassium (K) concentrations and K/Na and Ca/Na ratios in plant.

According to research results the highest shoot dry matter yield ( $60,0 \text{ mg plant}^{-1}$ ) was obtained in oat and the lowest in rye ( $31,5 \text{ mg plant}^{-1}$ ). The highest shoot-Na concentration was obtained in oat, on the other hand, as a important indicators of salt tolerance; K/Na and Ca/Na ratios were found very low in oat.

Physiological mechanisms of different grain types were examined under salt stress. With increasing salinity stress, protein content of the all plants reduced. The most significant decrease in protein content was obtain in rye. Enzyme activities increased with the increase of salinity level in all cereal types. The highest ascorbateperoxidase activity was observed in rye ( $644 \text{ nmol/min/mg prt.}$ ) and the highest catalase activity was observed in oats ( $309 \text{ nmol/min/mg prt.}$ ).

2012, 60 page

**Keywords:** salt toxicity, salt tolerance, K/Na ratio, ascorbateperoxidase, catalase, cereals

## ŞEKİL DİZİNİ

|                                                                                                                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 4.1. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarındaki Yeşil Aksam Verimine Ait Varyans Analiz Tablosu .....                                                                                                          | 19 |
| Çizelge 4.2. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarındaki Yeşil Aksam Verimine Ait Değerler (mgbitki-1) ile LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar ve Tuz Dozuna Bağlı Olarak Verim Azalması (%).....            | 19 |
| Çizelge 4.3 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarındaki Yeşil Aksam Na Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Tablosu .....                                                                                                | 21 |
| Çizelge 4.4 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarındaki Yeşil Aksam Na Konsantrasyonuna Ait Değerler (%) ile LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar ve Tuz Dozuna Bağlı Olarak Na Artışı (%) .....              | 22 |
| Çizelge 4.5 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Kök Na Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Tablosu .....                                                                                                          | 23 |
| Çizelge 4.6 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Kök Na Konsantrasyonuna Ait Değerler (%) ile LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar ve Tuz Dozuna Bağlı Olarak Na Artışı (%) .....                        | 23 |
| Çizelge 4.7 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Yeşil Aksam K Konsantrasyonlarına Ait Varyans Analiz Tablosu .....                                                                                                | 24 |
| Çizelge 4.8 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Yeşil Aksam K Konsantrasyonuna (%) Ait Değerler ile LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar ve Tuz Dozuna Bağlı Olarak K Azalması (%) .....                | 24 |
| Çizelge 4.9 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Kök K Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Tablosu .....                                                                                                           | 25 |
| Çizelge 4.10 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Kök K Konsantrasyonuna (%) Ait Değerler ile LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar ve Tuz Dozuna Bağlı Olarak K Azalması (%) .....                       | 26 |
| Çizelge 4.11 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Yeşil Aksamdaki Ca Konsantrasyonlarına Ait Varyans Analiz Tablosu .....                                                                                          | 27 |
| Çizelge 4.12 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Yeşil Aksam Ca Konsantrasyonuna (%) Ait Değerler ile LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar ve Tuz Dozuna Bağlı Olarak Yeşil Aksam Ca Azalması (%) ..... | 27 |
| Çizelge 4.13 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Kök Ca Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Tablosu .....                                                                                                         | 28 |

|                                                                                                                                                                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 4.14 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Kök Ca Konsantrasyonuna Ait Değerler (%) ile LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar ve Tuz Dozuna Bağlı Olarak Kök Ca Azalması (%) .....                              | 29 |
| Çizelge 4.15 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Yeşil Aksam K/Na Oranına Ait Varyans Analiz Tablosu .....                                                                                                                     | 30 |
| Çizelge 4.16 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Yeşil Aksam K/Na Oranlarına Ait Değerler ve LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar .....                                                                              | 31 |
| Çizelge 4.17 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Kök K/Na Oranına Ait Varyans Analiz Tablosu .....                                                                                                                             | 32 |
| Çizelge 4.18 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Kök K/Na Oranlarına Ait Değerler ve LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar .....                                                                                      | 32 |
| Çizelge 4.19 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Yeşil Aksam Ca/Na Oranına Ait Varyans Analiz Tablosu .....                                                                                                                    | 33 |
| Çizelge 4.20 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Yeşil Aksam Ca/Na Oranlarına Ait Değerler ve LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar .....                                                                             | 34 |
| Çizelge 4.21 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Kök Ca/Na Oranlarına Ait Varyans Analiz Tablosu .....                                                                                                                         | 34 |
| Çizelge 4.22 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Kök Ca/Na Oranlarına Ait Değerler ve LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar .....                                                                                     | 35 |
| Çizelge 4.23 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Protein Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Tablosu .....                                                                                                                     | 36 |
| Çizelge 4.24 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Protein Konsantrasyonuna (mg/g T.A.) Ait Değerler ile LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar ve Tuz Dozuna Bağlı Olarak Protein Azalması (%) .....                    | 36 |
| Çizelge 4.25 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında AscP Aktivitelerine Ait Varyans Analiz Tablosu .....                                                                                                                          | 37 |
| Çizelge 4.26 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Seviyedeki Tuz Dozlarında AscP Aktivitelerine (nmol/min/mg prt.) ait Değerler ve LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar ile Tuz Dozuna Bağlı Olarak AscP Aktivitesi Artışı (%) ..... | 38 |
| Çizelge 4.27 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Katalaz Enzim Aktivitesine Ait Varyans Analiz Tablosu .....                                                                                                                   | 39 |
| Çizelge 4.28 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Katalaz Enzim Aktivitesine (nmol/min/mg prt.) ait Değerler ve LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar ile Tuz Dozuna Bağlı Olarak Katalaz Aktivitesi Artışı (%).....   | 40 |
| Çizelge 4.29 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Lipit. Peroksidasyonuna Ait Varyans Analiz Tablosu .....                                                                                                                      | 40 |

|                                                                                                                                                                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 4.30 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Lipit.<br>Peroksidasyonuna Ait Değerler (nmol/g protein) ve LSD<br>Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar ve Tuz<br>Dozuna Bağlı Olarak Lipit<br>Peroksidasyonundaki Artışlar ..... | 41 |
| Çizelge 4.31 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında<br>Klorofil-a. Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz<br>Tablosu .....                                                                                                                     | 42 |
| Çizelge 4.32 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında<br>Klorofil-a. Konsantrasyonuna ait Değerler ve LSD<br>Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar .....                                                                                 | 42 |
| Çizelge 4.33 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında<br>Klorofil-b. Konsantrasyonuna ait Varyans Analiz<br>Tablosu .....                                                                                                                     | 43 |
| Çizelge 4.34 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında<br>Klorofil-b. Konsantrasyonuna Ait Değerler ve LSD<br>Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar .....                                                                                 | 44 |
| Çizelge 4.35 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında<br>Klorofila+b. Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz<br>Tablosu .....                                                                                                                    | 45 |
| Çizelge 4.36 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında<br>Klorofila+b. Konsantrasyonuna Ait Değerler ve LSD<br>Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar .....                                                                                | 45 |
| Çizelge 4.37 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Seviyedeki Tuz<br>Yoğunluklarında İncelenen Özellikler Arası Korelasyon<br>Katsayıları ve Önem Seviyeleri .....                                                                                        | 48 |

**SİMGELER****YKA:** Yeşil aksam kuru ağırlık**KNa:** Kökteki sodyum (Na)**KK:** Kökteki potasyum (K)**KCa:** Kökteki kalsiyum (Ca)**KKNa:** Kökteki potasyum bölü sodyum oranı**KCaNa:** Kökteki kalsiyum bölü sodyum oranı**YNa:** Yeşil aksamdaki sodyum (Na)**YK:** Yeşil aksamdaki potasyum (K)**YCa:** Yeşil aksamdaki kalsiyum (Ca)**Na:** Sodyum**Ca:** Kalsiyum**Cl:** Klor**K:** Potasyum**K.M.:** Kuru madde**Y.A.:** Yeşil Aksam**D.İ.** Na Dayanıklılık indeksi**Cat:** Katalaz**AscP:** Askorbat Peroksidaz**T.A.:** Taze ağırlık**G:** Gram**mg bit<sup>-1</sup> :** Mili gram Bitki**mM:** Mili molar**% :**Yüzde

## 1. GİRİŞ

Tuzluluk bitki verimini etkileyen önemli çevresel faktörlerden biridir. Toprak çoğu bitkilerin büyümesini engellemeye neden olacak kadar eriyebilir tuz içeriyorsa bu toprak tuzlu olarak nitelendirilir. US Salinity Laboratuvarı bulgularına göre de saturasyon ekstraktında  $4 \text{ mmhos.cm}^{-1}$ 'den fazla tuz içeren toprak tuzlu olarak tanımlanmıştır. Dünyada tuzlu toprakların çoğu yağışın yıkanmaya yeterli olmadığı kurak ve yarı kurak bölgelerde bulunmaktadır. Bu alanlarda tuzluluk problemi, suyun transpirasyon ve evaporasyonu ile toprağın belirli bir seviyesinde tuz birikmesi ve biriken tuzun drenajla veya yıkanma ile uzaklaştırılamadığı durumlarda ortaya çıkmaktadır.

Birçok bitki türünde tuza hassasiyet sodyum ( $\text{Na}^+$ ) un fotosentetik dokuda aşırı birikmesiyle ilişkilidir. Sodyumun ortamda fazla bulunması kalsiyum (Ca), potasyum (K) gibi katyonik besin elementlerinin alımını etkilemekte ve sonuç olarak bitki besin elementleri arasında dengesizlik söz konusu olmaktadır. Bunun yanında, tuzlu topraklarda suyun ozmotik olarak kuvvetli bir şekilde bağlanmış olması, fizyolojik kuraklığa neden olmakta, toprakta bitki yetişmesi için yeterli miktarda su bulunsa dahi bitki bu sudan tuzun ozmotik etkilerinden dolayı, yararlanamamaktadır. Ve tüm bu etkiler bitki gelişimine ket vurmakta, verimi doğrudan etkilemektedir.

İyon toksisitesi, fizyolojik kuraklık gibi etkilerle fotosentetik etkinliğin azalması sonucu ürün miktarında azalmaya yol açan tuz stresinin giderilmesi için literatürde tuzlu toprakların ıslahından bahsedilse de, tuzluluk probleminin daha çok kurak ve yarı kurak alanlarda görülmesi, suya dayalı bu çözüm şeklinin pratikteki güçlüklerini ortaya koymaktadır. Tuzlu toprakların ıslahının ekonomik ve pratik olmaması nedeniyle, son yıllarda tuza dayanıklı bitki tür ve genotiplerinin seçilmesi ve tuza dayanıklı tür ve çeşit ıslahını hedefleyen çalışmalar giderek önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada ülkemiz tarımında önemli yer tutan biri ekmeklik (Dağdaş), diğeri makarnalık (Selçuklu) olmak üzere iki farklı türden buğday cinsinin yanı sıra, arpa (Kıral), çavdar (Aslım) ve yulaf (Faik Bey) olmak üzere 4 farklı tahıl cinsinin NaCl tuzuna toleransı ve toleransın fizyolojik mekanizmaları araştırılmıştır. Su kültürü yöntemi kullanılarak 3 farklı NaCl uygulamasına (0, 100, 150 mM NaCl) 8 gün süreyle maruz bırakılan bitkilerde tuz stresinin kuru madde verimi, tuza tolerans indeksi ve Na, K, Ca gibi mineral elementlerin alımı üzerine etkileri saptanmış, K/Na ile Ca/Na

oranları incelenmiştir. Denemede ayrıca, tuz stresine toleransın fizyolojik nedenlerinin ortaya koyulması amacıyla tahıl cinslerinin askorbatperoksidaz (AscP), katalaz (CAT) gibi enzim aktiviteleri araştırılmış, lipid peroksidasyon seviyeleri, protein konsantrasyonu, klorofil içerikleri saptanmış ve bu unsurlar arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

### 2.1. Toprakta Tuz

Tuzluluk tarımsal topraklar için önemli bir tarihsel sorun olup, geçmişten günümüze kadar, daha çok tarım alanlarında uygulanan yanlış sulama tekniklerinin bir sonucu olarak toprakta tuzun birikmesiyle verimsiz alanların ortaya çıkması şeklinde kendini göstermektedir. US Salinity Laboratuvarı bulgularına göre saturasyon ekstraktında  $4 \text{ mmhos.cm}^{-1}$ 'den fazla tuz içeren topraklar tuzlu olarak tanımlanmış olup dünyada sulanan tarım topraklarının %33'ü bu tanımlamaya uygun özellik göstermektedir (Vose, 1983). Tuzlu topraklar çoğunlukla yağış miktarının toprağın yıkanması için yeterli olmadığı kurak ve yarı kurak bölgelerde oluşmaktadır. Bu alanlarda topraktaki suyun transpirasyon ve evaporasyon ile kaybolması durumunda suda çözünmüş tuzlar toprağın belirli bir seviyesinde birikmekte, biriken tuzların drenajla veya yıkanma ile uzaklaştırılamaması sonucu tuzlulaşma ortaya çıkmaktadır.

### 2.2 Tuz Stresinin Bitki Büyümesi Üzerine Etkileri

Çevresel stres faktörleri arasında en yaygın stres faktörü olan tuz stresi bitki verimini önemli derecede azaltmaktadır. Dünya çapında tuz stresi tahıl ürün miktarını sınırlandıran temel faktörlerden biridir. Birçok bitki türünde tuza hassasiyet  $\text{Na}^+$ 'un fotosentetik dokuda birikmesiyle ilişkilidir. Tuz zararı bitkilerde çok değişik şekillerde ortaya çıkabilir. Tuz toksisitesinin ilk belirtileri yaşlı yaprakların uçlarından başlayıp yaprak sapına doğru ilerleyen ve daha sonra nekrozlara dönüşen klorozlardır.

Tuz toksisitesinin bitkilerde neden olduğu zararın en önemlisi büyüme ve gelişmenin engellenmesidir. Tuzlu koşullarda yetişen bitkilerin büyüme hızı düşüktür, görünüşleri bodurdur, yaprakları çoğunlukla ufak ve koyu yeşildir. Yapılan araştırmalar tuz stresine maruz kalan bitkilerde kök, gövde ve sürgün büyümesinin azaldığını, yaprak alanlarının daraldığını, yaprak sayılarının azalarak meyve ağırlıklarının düştüğünü, dolayısıyla verimin azaldığını, meyve tat ve renklerinin bozulduğunu göstermektedir (Sivritepe, 1995).

Munns (2002)'ye göre tuz bitkinin su alım yeteneğini azaltır ve bununla beraber oluşan metabolik değişikliklere paralel olarak aniden büyümenin yavaşlamasına yol açar. Daha sonra tuzun büyüme üzerine özel etkileri başlar. Bunlar, tuzun bitkiye aşırı

miktarda girişi, tuzun yapraklarda toksik seviyeye ulaşması, erken yaşlanmaya neden olma ve fotosentetik alanın, bitkinin büyümesini sürdüremeyecek şekilde azalmasıdır.

Munns ve ark. (2008)'ye göre de bitki büyümesi tuzluluğa iki aşamada tepki verir;

- 1- Hızlı–(osmotik aşama): bu aşamada genç bitkilerin büyümesi sınırlanır.
- 2- Yavaş–(iyonik aşama): bu aşama olgun yaprakların yaşlanmasına neden olur.

Tuz stresine toleransın 3 ana bileşeni bulunur:

- 1-Osmotik stres toleransı
- 2- $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  sakınımı (yapraklara daha az oranda Na ve Cl taşınımı)
- 3-Na ve Cl birikimine doku toleransı (bu iyonları hücre vakuollerinde hapsederek stoplazmada ve hücre duvarında etkileşmelerini engelleme kabiliyeti)

Tahıllarda tuza tolerans çalışmalarında, kolay ölçülebilir olması nedeniyle  $\text{Na}^+$  sakınımı üzerine yoğunlaşmıştır. Bununla beraber görünen odur ki, Na sakınımı tahıllarda tuz toleransının tek savunma mekanizması değildir. Bu nedenle araştırmaların osmotik tolerans ve doku toleransı üzerinde yoğunlaşması gerekmektedir.

James ve ark. (2008), 50 makarnalık buğday çeşidinde tuz stresinin neden olduğu osmotik stresin değişimini incelemişlerdir. Stoma iletkenliği, osmotik stresin hassas bir indikatörüdür, çünkü bitkinin tuzla tanışmasından hemen sonra hızlı bir şekilde düşmektedir ve stoma iletkenliği  $\text{CO}_2$  asimilasyon oranını düşüren en önemli faktördür. İncelenen genotiplerin stoma iletkenlikleri arasında 2-3 kat fark saptanmış, daha yüksek stoma geçirgenliği saptanan genotiplerde  $\text{CO}_2$  asimilasyon oranı da bununla ilgili olarak artmıştır. Tuzlu koşullarda stoma geçirgenliği ile bitki büyümesi arasında pozitif bir ilişki belirlenmiştir.

Tuza tolerans için bitkilerin incelenmesi ve ıslah çalışmaları sırasında şu toleranstaki farklılıklar aşağıda belirtilen nedenlere bağlanmıştır;

- a-Bitkilerin farklı büyüme dönemlerinde farklı fenotipik tepkileri,
- b-Farklı fizyolojik mekanizmalar,
- c-Karmaşık genotip-çevre ilişkileri,
- d-Tuzdan etkilenen tarımsal alanların farklı kimyasal ve fiziksel kompozisyonları.

### 2.3. Tuz Stresinin Bitkinin İyon Durumuna Etkisi

Tuzlu topraklarda sodyum (Na) genel olarak baskın katyondur. Na sadece halofitler ve bazı C4 bitkileri için önemli olup bu iyonun tuzlu ortamdaki konsantrasyonu bitkilerce gereksinim duyulan miktarın çok üzerindedir. Bu durum birçok bitkide Na toksisitesine neden olmakta, bundan da ötesi diğer mineral besin elementlerinin alımı ile rekabete girerek iyonlar arasındaki dengenin bozulmasına, dolayısıyla mineral beslenme noksanlığına yol açmaktadır.

Dünyada buğday sodik topraklarda yetişen en önemli üründür ve bu koşullarda tuza toleransın geliştirilmesi için ıslah; ürünü arttırmanın ve verimin devamlılığının tek kullanışlı yoludur. Tahılların yüksek tuzluluğa toleranslarında kullanılan birçok mekanizmadan en önemlileri Na'dan sakınma ve doku toleransıdır. Na'dan sakınma buğdayda son yıllarda üzerinde en çok odaklanılan konudur.

Ruan ve ark. (2007) tuzluluğun *Triticum aestivum* L. genotiplerinde toprak üstü aksamın kuru ağırlığı ve yaprak alanında çok fazla düşüşe yol açtığını, tuzluluğun başak sayısında azalmaya neden olduğunu, tuza-hassas genotipte dane verimi ve dane dolum süresinin azaldığını bildirmişlerdir. Bununla birlikte genotiplerin tuz stresine vejetatif dönemde genaratif dönemden daha hassas olduğunu, tuzlu koşullarda kardeşlenmedeki azalmanın tuza dayanıklı genotipte iyon dengesizliğinden, tuza hassas genotipte ise Na<sup>+</sup> toksisitesinden kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Zhao ve ark. (2007)'nin yaptığı çalışmada 0, 50, 100, 150, 200 ve 250 mM NaCl'e maruz bırakılan 2 yulaf (*A. Sativa* L.) genotipi; toplam yaprak alanı, bitki kuru ağırlığı, fotosentetik unsurlar ve bitki dokusundaki iyon konsantrasyonu açısından değerlendirilmiş, tuz stresi altındaki çimlenme oranlarının genotipler arasında oldukça farklılık gösterdiği bildirilmiştir. Ölçülen birçok özellik açısından 2 genotip arasındaki farkın 200 ve 250 mM NaCl'e maruz kaldıktan 2 hafta sonra oldukça belirginleştiği, en düşük seviyedeki tuz stresinin (50 mM) toplam yaprak alanını %35 ve bitki kuru ağırlığını %52 oranında düşürdüğü tespit edilmiştir. Tuz stresinin uygulanışının 25. günü, 250 mM NaCl'e maruz bırakılan bitkilerin kontrol bitkilerine göre 36 kat fazla Na<sup>+</sup>, %79 daha fazla Ca<sup>+2</sup> ve 2,4 kat az K<sup>+</sup> biriktirdiği saptanmıştır. Araştırmacılar, tuz uygulamasının tüm büyüme unsurlarında azalmaya ve bunun yanında Na ve Ca konsantrasyonlarında artışlara yol açtığını, yulafta tuz toleransının yüksek fotosentez

kapasitesi, yüksek büyüme oranı ve göreceli olarak bitki yapısında düşük  $\text{Na}^+$  birikimi ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir.

Benzer şekilde Ehsanzadeh ve ark. (2009) 8 farklı tetraploid buğday çeşidini (*Triticum turgidum* L.) 0, 40 80 ve 120 mM tuza maruz bırakmışlardır. 120 mM NaCl dozunun yaprak klorofil (Klb) içeriğini azalttığını, bitki yaprak alanını %63 düşürdüğünü, yeşil aksam kuru ağırlığının tuzluluğun 120 mM'a yükselmesi sonucunda %52 azaldığını, bitkinin toprak üstü aksamının (yeşil aksam) Ca içeriğinin etkilenmediğini, Na konsantrasyonunun arttığını, K ile Mg konsantrasyonunun ise tuzluluğun artışı ile azaldığını bildirmişlerdir.

Bağcı ve ark. (2007), artan dozlarda (2, 55, 117, 194, 287 mM NaCl) tuz uygulamalarının erken gelişme döneminde kök, yeşil aksam ağırlığı ve Na konsantrasyonlarına etkisini 16 ekmeklik buğday genotipinde incelemişlerdir. Genotiplerin ölçülen unsurlar açısından geniş varyasyon gösterdiğini belirtmişlerdir. Tuza tolerans indeksinin (STI), tuzlu uygulamalardan elde edilen kuru madde veriminin, kontrol koşullarından elde edilen kuru madde verimine oranı olarak hesaplandığını ve bu indeksin genotiplerin tuza toleransını karşılaştırmada güvenle kullanılabilecek kriter olarak görüldüğünü bildirmişlerdir. Genotiplerin STI değerleri ile yeşil aksam Na konsantrasyonu arasında herhangi bir ilişkinin bulunmadığını, bunun aksine, yeşil aksam K konsantrasyonunun STI değerleri ile önemli derecede ilişki gösterdiğini belirtmişler, ilginç olarak, bazı dayanıklı genotiplerin yeşil aksamlarında hassas genotiplerin yeşil aksamlarında bulunan Na konsantrasyonuna benzer miktarlarda, hatta daha yüksek Na içerdiklerini saptamışlardır. Bu sonuçlara göre, STI değerleri ve yeşil aksam K konsantrasyonunun genotiplerin tuz stresine dayanıklılıklarına göre kategorize etmede kullanılabilecek güvenilir unsurlar olduğunu saptamışlardır. Yeşil aksam Na konsantrasyonu ve STI değerleri arasında belirlenen zayıf korelasyon tuz toleransında fizyolojik faktörlerin önemli olduğunu göstermektedir.

Genç ve ark. (2007), ekmeklik toplam 59 buğday genotipinde doku Na konsantrasyonunun tuza toleransın bir kriteri olarak kullanılabilirliğini saptamak üzere çalışmışlardır. Çalışmada çeşitler arasında kök ve yeşil aksam Na konsantrasyonları yanında tuza toleransta da çok geniş çeşitlilik tespit edilmiştir. Araştırmacılar K/Na oranlarının genotipler arasında geniş varyasyon gösterdiğini fakat bunun genotiplerin tuza toleransındaki varyasyonunu açıklayamadığını bildirmişlerdir. Sonuçların,

ekmeklik buğdaylarda  $\text{Na}^+$  sakınımının ve doku toleransının birbirinden bağımsız olarak değiştiğini, sonuç olarak, benzer tuza tolerans seviyelerinin  $\text{Na}$  sakınımı ve doku toleransının farklı kombinasyonlarınca sağlanabileceğini ve ekmeklik buğdayda tuza toleransın artırılmasına yönelik ıslah çalışmalarında sakınım ve doku toleransının ikisiyle ilgili özelliklerin seçilmesine gereksinim duyulacağını bildirmişlerdir.

Chen ve ark. (2007), 69 arpa genotipini içeren araştırmalarında 80 mM NaCl uygulamasından bir saat sonra kök bölgesinden dışarı salınan  $\text{K}^+$  u ölçmüşler, ve 69 genotipten 62'sinde kökten dışarı salınan  $\text{K}$  miktarı ile tuza tolerans arasında ters ilişki saptamışlardır. Bitkisel dokunun elementel analizleri, bu bitkilerin, yapraklarında  $\text{Na}$  birikimini önleme yeteneklerinin daha iyi olduğunu böylelikle daha yüksek  $\text{K}/\text{Na}$  oranını sağladıklarını göstermiştir. Hepsi bir arada değerlendirildiğinde, yüksek  $\text{K}/\text{Na}$  oranını sağlama yeteneği arpada tuza toleransta anahtar rol oynamaktadır.

Cuin ve ark.(2009) ekmeklik ve makarnalık buğdayda tuza tolerans konusunda yaptıkları çalışmada  $\text{Na}$ 'un yeşil aksamdan uzak tutulması üzerine odaklanmışlardır. Genel olarak yeşil aksamda  $\text{Na}$  sakınımı her iki türde de tuza toleransla ilişkili bulunmuş ve bu sakınımın makarnalık buğday ile karşılaştırıldığında, ekmeklik buğdayda daha belirgin olduğu sonucuna varılmıştır. İlginç olarak, yeşil aksam bitki özsuyunda  $\text{K}$  hemen hemen tüm ekmeklik ve makarnalık buğdaylarda artmıştır. Bunun tersine, yeşil aksam toplam  $\text{K}$  içeriğinin düştüğünü saptamışlardır. Bitki özsuyunda  $\text{K}$  artışının tuzlu koşullar altında etkili bir osmotik ayarlama sağlamak için gerekli olduğu düşüncesi oluşmuştur.

Salim, (1991)'in yaptığı çalışmada su kültüründe iki hafta 75 ve 150 mM NaCl'e maruz bırakılan tritikale, buğday, çavdar ve arpa bitkileri tuz dozlarından farklı düzeylerde etkilenmiş ve yeşil aksam yaş ağırlığının kuru ağırlığına oranı tuz konsantrasyonu arttıkça düşmüştür. Arpada yeşil aksamda yüksek  $\text{Na}$  ve  $\text{Cl}$  birikimi köklerden yeşil aksama net iyon taşınımının yüksek oranda oluşuyla ilişkili bulunmuştur. Arpada yeşil aksamındaki bu yüksek  $\text{Na}$  ve  $\text{Cl}$  birikimine rağmen, daha iyi bir oransal büyüme, arpanın iyonları vakuollerde hapsetme yeteneğine işaret etmektedir.

Cuin ve ark. (2008), tuza toleransları farklı iki ekmeklik ve iki makarnalık buğdayda, tuz ile teşvik edilmiş kökten dış ortama  $\text{K}^+$  salınımının kinetiğini laboratuvar şartlarında belirlemişlerdir. Tuz uygulanmış 6 günlük buğday fidelerinin tuz

uygulamasına bağılı olarak kök yüzeylerinden  $K^+$  salınımının temel bitki fizyolojik karakterleri ve ürün miktarı ile yüksek derecede ilişkili olduğıu saptanmıştır. Sonuçlar bitkinin tuza toleransında  $K^+$  birikimin kritik rolünü ortaya koymakta tuz toleransı için tuzla teşvik edilmiş  $K^+$  salınım ölçümlerinin buğday ıslah programlarında fizyolojik marker olarak kullanılabileceğine işaret etmektedir.

Singh and Sing (2008), kontrol koşulları ile karşılaştırıldığında tuzlu koşullarda yaprak özsuyunda Na ve Cl iyon konsantrasyonu artarken K konsantrasyonunun azaldığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar KRL 19, KRL 3-4 ve KRL 35 genotiplerinin  $Na^+$  alımını kısıtlayıp K alımını teşvik edecek yüksek K/Na oranlarına sahip olurken UP2338 ve PBW509 genotiplerinin tuzlu koşullarda bunun aksi şekilde davrandığını bildirmişlerdir.

Kalsiyumun rolü bitki hücre membranlarının strüktürel ve fonksiyonel integrasyonunun, hücre duvarının stabilizasyonunun sağlanması ve iyon değişiminin kontrolünü sağlamaktır. Kalsiyumun bu fonksiyonları tuzlu ve sodik koşullarda yarıyışlı  $Ca^+$  oranının azalması ile ciddi şekilde düşmektedir. Kalsiyumun toprak çözültisinden alınımı, iyon interaksyonları ve çökelme  $Ca^+$  aktivitesini azaltmakta, bu da tuzlu koşullarda büyüme ve ürün azalışına neden olmaktadır. Tuzlu koşullar altında yüksek Na/K oranına bağılı olarak bitki besin elementleri arasında oluşan dengesizlikler bitkide farklı tepkilere yol açmaktadır (Garg, 1998)

Huang ve Redmann, (1996) tuzlu koşullarda dışarıdan Ca desteğinin arpada tuzluluğun zararlı etkilerini düzelttiğini ve dolayısıyla tuza toleransı arttırdığını bildirmişlerdir.

Mer ve ark. (2000)'nın yapmış oldukları araştırmada; *Hordeum vulgare*, *Triticum aestivum*, *Cicer arietinum* ve *Brasica juncea* bitkileri artan dozlarda tuz stresine maruz bırakılmış, çimlenme ve fide döneminin gelişimi yönünden arpanın tuza en dayanıklı bitki olduğıu saptanmıştır. Bununla birlikte yüksek tuz konsantrasyonları N ve P'un bitki tarafından absorpsiyonunu azaltmış, mineral elementler arasında olagelen bu dengesizlik bitki büyümesinde gerilemeye yol açmıştır.

Greval (2010), 40 gün süreyle farklı tuz seviyelerine maruz bırakılan buğday, arpa, kanola ve nohut bitkilerinde artan tuz dozlarının yeşil aksam ve kök biyomasını, kök/yeşil aksam oranını su alım ve su kullanım etkinliğini, yaprak K/Na oranı ve Ca/Na oranını olumsuz yönde etkilediğini fakat etkilenme oranının türler arasında oldukça

farklı olduğunu bildirmiştir. En yüksek tuz dozunda en çok nohut etkilenirken bunu buğday, arpa ve kanolanın izlediğini belirtmişlerdir. En yüksek toprak tuzluluğunda nohut, buğday, arpa ve kanolada yeşil aksam kuru ağırlığında sırasıyla % 64, % 49, % 37 ve % 34 azalma saptanmıştır. Bunun yanında su alımı nohut, buğday, arpa ve kanolada sırasıyla % 61, % 36, % 31 ve % 26 düşmüştür. Toprak çözeltisinin azalan osmotik potansiyeli toprak ve bitkilerde iyon toksisitesi (yüksek Na ve Cl konsantrasyonu) ve tuzlu koşullarda iyonik dengesizliğe (azalmış K/Na ve Ca/Na oranları) neden olmuştur. Buğday göreceli olarak yapraklarında daha düşük Na ve Cl içermesine rağmen bitki büyümesi ve su alımı açısından en çok zarar gören bitki olmuştur. Arpa ve kanolanın yüksek Cl ve Na seviyelerine daha iyi tolerans kabiliyeti toleransın doku seviyesinde inşa edildiğine işaret etmektedir.

Tuzlu topraklarda bitki büyümesi, gelişmesi iyonik ve osmotik stresten etkilenir. Triticeae'ler arasında arpa (*Hordeum vulgare*) göreceli olarak tuz stresine dayanıklı olarak kabul edilse de, modern arpa genotipleri yüksek tuz seviyelerinden yoğun olarak etkilenebilmektedir. Tunisia 76 (T76) ve Gwandongpi (G41) genotipinin çimlenme ve erken fide döneminde tuza toleransları 0, 150, 300, 450 mM NaCl tuz dozları kullanılarak araştırılmıştır. Her iki genotip tuzlu koşullarda çimlenme sırasında kök ve yeşil aksam büyümesi açısından farklar göstermiştir. 300 mM NaCl'de T-76 %97'nin üzerinde çimlenme gösterirken G-41 sadece %7 çimlenme göstermiştir. Çimlenmede kök ve yeşil aksam büyümesi ile yeşil aksamın Na içeriğinin negatif korelasyonlu olduğu saptanmıştır (Kook ve ark. 2009). 200 mM NaCl'e 5 gün maruz bırakılan G41 genotipi yeşil aksamında Na iyon içeriği aynı şartlarda yetiştirilen T76 genotipinden 3 kat yüksek, K/Na oranı da T76'da G41'den belirgin derecede yüksek bulunmuştur. Sonuçlar T76'nın yüksek tuz toleransının, yeşil aksamda Na birikiminden sakınılarak sağlandığını göstermektedir.

Khan ve ark. (2009), normal koşullarda ( $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ ) çimlendirdikleri tohumların fidelerini bir haftalıkken  $12 \text{ dSm}^{-1}$  tuza maruz bırakmışlardır. Elde ettikleri sonuçlar açıkça göstermektedir ki, daha yüksek prolin, K/Na oranı ve klorofil içeriğine sahip genotiplerin dane verimleri daha yüksek olmuştur.

Zheng ve ark. (2009) tarafından tuza duyarlı ve dayanıklı 2 buğday genotipinde 50, 100, 150 mM NaCl'ün etkisi çalışılmış, dayanıklı buğday genotiplerinde daha yüksek eriyebilir şeker, protein içerikleri, K/Na oranı ve antioksidatif enzim aktivitesi

saptanırken daha düşük klorofil miktarı ve daha düşük verim tespit edilmiştir. Tuz stresi eriyebilir şeker, protein içeriği ve antioksidant enzim seviyelerini dikkate değer şekilde yükseltirken, K/Na oranı ve Chl miktarı, fotosentetik kapasite ve üründe azalmaya neden olmuştur. Bu etkiler tuza duyarlı genotipte daha yüksek seviyede seyretmiştir. Tuza duyarlı genotipte tuz stresi altında eriyebilir şeker, protein ve antioksidant seviyeleri artmasına rağmen dayanıklı genotipteki seviyeye varmamıştır. Tuza duyarlı genotipte antioksidant enzimler 50 ve 100 mM NaCl'de artmıştır, fakat tuz seviyesi 150 mM olduğunda aniden düşmüştür. Böylece dayanıklı genotip duyarlı genotipten daha yüksek osmoregulasyon ve antioksidatif yetenek göstererek daha yüksek fotosentetik kabiliyete sahip olmuş, dolayısıyla hassas genotipten daha yüksek verim vermiştir. Tuza dayanıklı genotip deneme koşullarında CO<sub>2</sub> asimilasyonu (source) ve dane (sink) arasında daha harmonik bir ilişki yaratabilmiştir.

Din ve ark. (2008), yedi buğday (*Triticum aestivum* L.) genotipi ile yaptıkları çalışmada düşük Na alımı, yüksek K alımı, yüksek K/Na oranı ve klorofil içeriğinin buğdayın tuza toleransı ile ilgili önemli unsurlar olduğu sonucuna varmışlardır.

Ahmadi ve ark. (2009), üç farklı tuz dozunda (1,26, 6,8 ve 13,8 dSm<sup>-1</sup>) tuza dayanıklı ve duyarlı 2 buğday genotipini denemeye almışlardır. 6,8 ve 13,8 dSm<sup>-1</sup> tuz uygulamaları K<sup>+</sup> konsantrasyonu ve K/Na oranını azaltırken Na konsantrasyonu, proline, protein içeriğini arttırmıştır. Sonuçlar Na, K içerikleri ve K/Na oranının C3 bitkisi olan buğday ve C4 bitkisi olan mısırdaki tuza dayanıklı genotiplerin seçilmesinde etkili olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Benzer şekilde Chen, ve ark. (2007) bitki tuz toleransında K/Na oranının belirleyici anahtar rol oynadığını ve tuza toleranslı bitkilerde bu önemli özelliğin birçok çok yolla kontrol edildiğine işaret etmişlerdir. Yüksek K/Na oranının, arpa genotiplerinde de tuza tolerans seviyesini saptamak üzere bir kriter olarak kullanılabileceği bildirilmektedir (Toker ve ark. 2009). Yüksek Na konsantrasyonlarında arpada makarnalık buğdaydan daha yüksek fotosentetik kapasitenin sağlanması dolayısıyla daha yüksek tuz toleransı, arpanın mezofil hücrelerinin sitoplazmasında makarnalık buğdaylardan daha yüksek K<sup>+</sup>, daha düşük Na<sup>+</sup> ve dolayısıyla daha yüksek K/Na oranının sağlanması ile ilişkilidir (James, ve ark. 2006).

Tajbaksh ve ark. (2006), tuza dayanıklı ve duyarlı 7 arpa genotipinde tuzluluğun fizyolojik etkileri üzerine çalışmışlardır. Tuza dayanıklı genotiplerin çimlenme oranı % 90 civarındayken aynı tuz seviyelerinde hassas genotiplerin çimlenme oranı % 57 olmuştur. Tuz stresinde, fide döneminde, tuza dayanıklı genotipte, duyarlı genotipten daha yüksek  $K^+$ , daha düşük Na ve daha düşük Na/K oranları ve daha yüksek fotosentetik aktivite elde edilmiştir. Araştırmacılar arpada tuza toleransın sağlanması için ksileme Na yüklemesinin azaltılmasının gerekli olmadığını, toleranslı genotipte ksileme  $Na^+$  konsantrasyonunun en az duyarlı genotipteki kadar yüksek olduğunu bulmuşlardır. Aynı zamanda, toleranslı genotip ksileminde daha yüksek K/Na oranını sağlama ve yapraklarda biriken Na'u etkin bir şekilde hapsetme kabiliyetine sahiptir. Yüksek K/Na oranlarının sağlanması K'un ksileme daha etkin bir şekilde yüklenmesi ile başarılmaktadır.

Bitki kritik  $Ca^+$  konsantrasyonu gelişmesini tamamlamış genç yaprakta 15-23 mmol  $kg^{-1}$  DW (600-900  $mgkg^{-1}$  DW)' dır. Tuzluluğun etkisi altında Ca noksanlığı gelişme riski yüksek olmasına rağmen tuz stresi altında Ca noksanlığına neden olacak kritik Ca seviyelerini bildiren pek az çalışma vardır. Tuz toleransları farklı 4 ekmeklik 1 makarnalık buğday 100 mM NaCl'e 4 hafta maruz bırakılmış ve ortamdaki Ca konsantrasyonu,  $Na^+/Ca^{+2}$  oranı 30, 20, 15, 5 ve 2 olacak şekilde Ca takviyesi yapılmıştır. 100 mM NaCl koşullarında tuza toleransın en yüksek olduğu  $Na^+/Ca^{+2}$  oranı 5 ile 15 arasında olmuştur. Bitkilerin düşük veya çok yüksek  $Na^+/Ca^{+2}$  oranlarında yetiştirilmesi besin elementi dengesizliğine dolayısıyla bitki büyümesinde azalmaya neden olmuştur. Geçici Ca noksanlığı yüksek Na/Ca oranlarında görülmüştür. NaCl ilavesi bünyede Na konsantrasyonunu arttırmış Ca konsantrasyonunu azaltmıştır. Besin çözeltisindeki en uygun  $Na^+/Ca^{+2}$  oranı, bitki bünyesindeki  $Ca^+$  konsantrasyonunu tuzsuz kontrol koşullarında yetişen bitkilerin Ca konsantrasyonunda tutan Na/Ca oranıdır (Genc, ve ark. 2010).

Huang ve ark. (2006), tuzluluğun fizyolojik unsurlar üzerine etkilerini 16 arpa genotipinde farklı tuz dozlarında çalışmışlardır. 50 mM NaCl uygulaması; Na/K oranı, MDA ve prolin seviyelerini arttırmış ve hücre membran stabilite indeksi ve yeşil aksam yaş ağırlığını ise azaltmıştır. Çoğu genotipte tuz stresi kloroplast içeriği ve net fotosentezi düşürmüştür. Tüm genotiplerde 300 mM NaCl dozunda Na/K, MDA ve prolinde belirgin artış ve diğer unsurlarda ise belirgin düşüş görülmüştür. Bu unsurların

tuzdan etkilenme düzeyi genotipler arasında farklı olmuştur. Korelasyon analizleri MDA ve prolin içeriği, Na konsantrasyonu ve Na/K oranlarının yeşil aksam yaş ağırlığı ile negatif korelasyonlu, diğer unsurların ise yaş yeşil aksam ağırlığı ile pozitif korelasyonlu olduğunu göstermektedir.

Zhao ve ark., (2009), 2 yulaf çeşidini su kültüründe 0-250 mM arasında 6 farklı tuz stresine maruz bırakmışlar ve bitki boyu ile olgunluğa varmak için geçen sürenin tuz dozunun artışına bağlı olarak azaldığını belirlemişlerdir. Tuz konsantrasyonunun artışı ile bitki başakçık, sürgün sayısı ve dane ağırlığının azaldığını bildirmişlerdir. Bin dane ağırlığının tuz konsantrasyonunun artışı ile yine değiştiğini, hasat indeksinin ise 150 mM tuz dozuna kadar oransal olarak değişmeden kaldığını bildirmişlerdir. Sonuçlar, yulafta tuz stresine bağlı dane verimi azalışının bitki başına düşen dane sayısı ve teksele dane ağırlıklarının düşmesi ile ilişkili olduğunu göstermiştir.

#### **2.4. Tuz Stresinin Klorofil Miktarı Üzerine Etkisi**

Azizpour ve ark. (2010)'nın yaptığı çalışmada; tuza toleranslı (Turkey 506) ve tuza duyarlı (Egypt 557) iki makarnalık buğday çeşidi su kültürü ortamında 0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl'e maruz bırakılmıştır. Tuz stresi oransal su içeriği, K içeriği, K/Na oranı klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil, fotosistem 2 (fu/fm) etkinliğini ve membran stabilite indeksini azaltırken; Na, proline ve eriyebilir şeker konsantrasyonu ve klorofil a/ klorofil b oranını her iki genotipte düşürmüştür. RWC, klorofil a, klorofil b, Fu/Fm membran stabilite indeksi (MSI) tuza hassas genotipte dayanıklı genotipten daha fazla düşmüştür. Tuza toleranslı çeşit hassas çeşitten daha yüksek K/Na oranı, prolin ve eriyebilir şeker konsantrasyonuna sahipken daha düşük Na içeriğine sahip olmuştur. Turkey 506'nın tuza toleransı daha yüksek RWC, K içeriği, klorofil içeriği ve tahminen Na'un vakuollerde biriktirilmesiyle ilgili bulunmuştur.

Lal ve ark., (2007) su kültüründe on dokuz günlük buğday ve arpa genotiplerini 0, 40, 80 ve 160 mM NaCl maruz bırakmışlar ve 4 gün sonra 80 mM NaCl uygulamasında buğdayda yaş ürün ağırlığı, oransal bitki büyüme oranı, kök uzunluğu ve kök yüzey alanının sırasıyla % 42, 62, 45 ve 51 oranında azaldığını bildirmişlerdir. Genel olarak arpa 80 mM NaCl'ü tolere edebilmiş, sadece tuz uygulamasının 7. gününde bitki büyümesi etkilenmiş diğer bitki özelliklerinin etkilenmediği gözlenmiştir.

Tuzun etkileri hem buğday hem de arpa genotipinde 160 mM'ın uzun süreli uygulamalarında önemli olmuştur. Benzer tuz seviyelerinde, NaCl stresi buğdayda arpadan daha zararlı olmuştur. NaCl'ün artışı ile toplam bitki pigmentleri hem buğdayda hem de arpada düşüş göstermiş, bunlar arasında en çok etkilenen klorofil olmuştur. 160 mM NaCl'ün 7 gün uygulanışı sonucu toplam klorofil içeriği, buğdayda % 57, arpada % 33 düşmüştür.

## 2.5. Tuz Stresinin Fotosentez Üzerine Etkisi

Tuz stresinde stoma geçirgenliğinin azalması, fotosentezin azalmasının temel nedenidir. Kafi (2009)'nin araştırma bulgularına göre solunum 200 mM NaCl seviyesine kadar değişmemekle beraber tuz konsantrasyonunun 300 mM'a çıkması ile azalmaktadır. Sonuçlar fotosentezin stoma iletkenliği ile iyi korele olduğunu gösterse de, bitkilerin gelişim aşaması, günün saati ve tuza maruz kalma süresi ile ilgili olarak farklı tepkiler de görülebilmektedir.

Ashraf ve ark. (2010) farklı iki buğday genotipinin tuza toleransını 0 ve 150 mM NaCl dozlarını kullanarak araştırmışlardır. Büyüme ve biyokimyasal unsurlar arasındaki korelasyonlara bakıldığında büyüme ile MDA içerikleri (lipit peroksidasyon) arasında negatif, büyüme ile fenolik bileşik içerikleri arasında ise pozitif korelasyonlar saptanmıştır. Sonuçlar 2 genotipte fenolik bileşiklerin antioksidant aktivite artışı dolayısıyla azaltılmış membran zararını ve büyüme teşvikini sağlayarak genotiplerin tuza dayanımının artırılmasında rol oynadıklarını göstermektedir.

Luna ve ark. (2000), daha önceki çalışmalarda tuza Boma genotipinden daha dayanıklı olduğu saptanan Katambora genotipinde daha düşük MDA ve daha yüksek klorofil içeriği saptamışlardır. Bununla beraber, klorofil içerikleri açısından tekrarlanabilir sonuçlar alınamamıştır. Bu nedenle klorofilin tuz toleransına dayanıklı genotiplerin seçilmesi için uygun seleksiyon kriteri olmadığı sonucuna varılmıştır. Bunun yanında MDA seviyeleri canlılığını daha uzun süre koruyan bitkilerde daha düşüktür. Bu nedenle düşük MDA seviyelerine dayanan seleksiyon çalışmaları tuza toleranslı genotipleri seçmek için uygundur. Yaprak oransal su içeriği ve fotosentetik pigmentlerin (klorofil a,b ve karatonoid) miktarı yine tuz dozunun artması ile düşmüştür. Diğer taraftan artan tuz seviyeleri yeşil aksam ve kökte Na içeriği, eriyebilir

şeker, eriyebilir protein, prolini de içeren serbest aminoasitleri, lipid peroksidasyon seviyesini ve peroksidaz enzim aktivitesini arttırmıştır.

## 2.6. Tuz Stresine Toleransta Fizyolojik Adaptasyon Mekanizmaları

Patel ve ark. (2007), yaptıkları çalışmada buğdayda düşük tuz stresinde (% 0,1 NaCl-120 saat) çimlenme ve fide boyunun etkilenmediğini fakat bunun yanında yüksek tuz seviyesinde (%2 NaCl-120 saat) metabolitlerin (şeker, protein, total aminoasit) ve enzim (amilaz) seviyelerinin düştüğünü, prolin içeriğinin ise arttığını bildirmişlerdir.

Hameed ve ark., (2008) 5, 10 ve 15 dSm<sup>-1</sup> NaCl'e maruz bırakılan buğday fidelerinde özellikle 15 dSm<sup>-1</sup> NaCl tuzluluk seviyesinin bitki büyümesi ve protein miktarında azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir. Düşük tuz uygulamasında (5 dSm<sup>-1</sup> NaCl) belirgin etkiler görülmemiş fakat yüksek tuz dozunda büyüme, toleranslı genotipte dahi, etkilenmiştir. Fide döneminde Lu-26 buğday genotipinin genel olarak daha iyi büyümesi osmotik ayarlama ile ilgili olabilir. 15 dSm<sup>-1</sup> NaCl dozunda tuzla teşvik edilmiş protein parçalanması, tuza hassas genotip olan Pak-81'de diğer genotipten fazla olmuştur. Pak-81 genotipinin yapraklarında tuz kaynaklı belirgin yaşlanma yüksek tuz duyarlılığı dolayısıyla yoğun protein parçalanması ile ilişkilidir. Yoğun tuz stresi antioksidatif enzim olan katalazın inhibasyonuna neden olmuştur. Katalaz aktivitesinin her iki genotipte de düşmesi genotipten bağımsız olarak yüksek tuz seviyelerinin katalaz enzim aktivitesini düşürdüğüne işaret etmektedir. Lu-26 genotipinde tuz ile teşvik edilmiş protein parçalanmasının Pak-81'den daha az oluşu bununla beraber biyomas ağırlığının ve protein içeriğinin ise göreceli olarak yüksek oluşu, bu genotipte tuza karşı savunma mekanizmalarının daha iyi geliştirildiğine işaret etmektedir.

Hameed ve ark. (2008)'nın bulgularıyla zıt bir şekilde, Latef, AAA. (2010), katalaz aktivitesinin Banysoif 1 ve Sakha 68 buğday genotiplerinde tuz stresi altında gözle görülür şekilde arttığını, diğer yandan Seds 1 genotipinde ise ciddi şekilde düştüğünü bildirmişlerdir. Tuz stresi üç genotipte de askorbatperoksidaz aktivitesini etkinleştirmiştir. Buna ek olarak lipid peroksidasyon seviyelerinin tuza hassas genotipte belirgin derecede artmış olması tuz stresine bağlı olarak membran lipidlerinin daha çok zarar gördüğüne işaret etmektedir.

Jin ve ark., (2009) tuza duyarlılığı farklı 2 arpa genotipinde tuz stresi altında peroksidaz (POD) ve süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitelerinin belirgin olarak artmakla birlikte bu artışların tuza toleranslı genotipte genellikle tuza hassas genotipten daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Raza ve ark. (2007), yaprak su potansiyeli, yaprak osmotik potansiyeli ve turgor potansiyelinin tuz stresine bağlı olarak azaldığını bildirmişlerdir. Tuz stresi tuza dayanıklı ve hassas genotiplerin her ikisinde kök ve yaprakta Na ve Cl birikimine neden olurken, K ve Ca konsantrasyonları azalmış dolayısıyla K/Na ve Ca/Na oranları düşmüştür. Bunun yanı sıra tuz stresi SOD aktivitesini azaltırken CAT ve peroksidaz (POD) aktivitesini arttırmıştır.

Arpa (*H. vulgare* L.) dünyada en çok tarımı yapılan tahıllardan biridir ve tuza Triticace üyelerinden daha dayanıklı olarak bilinir. Bununla birlikte çeşitli arpa genotiplerinin tuza dayanımı farklıdır. *Hordeum Marinum* (sea barley grass) tuz stresine *Hordeum Vulgare*'den (kültüre edilmiş arpa) daha dayanıklıdır. Fakat *H. Marinum*'un tuz toleransında antioksidantların rolü henüz çalışılmamıştır. Seckin ve ark., (2010) tarafından yapılan çalışmada *H. Marinum* ve *H. Vulgare* 7 gün 0, 150 ve 300 mM NaCl'e maruz bırakılmıştır. Yeşil aksam ile kökte taze ağırlık ve kuru ağırlık her iki genotipte 300 mM NaCl'de düşmekle beraber bu düşüş *H. Vulgare*'de daha fazladır. Yeşil aksam oransal büyüme oranı açısından *H. Vulgare* tuza *H. Marinum*'dan daha hassastır. Benzer şekilde, stoma geçirgenliği her iki genotipte tuz uygulaması ile azalmıştır fakat bu azalma *H. Vulgare*'de daha fazladır. Lipit membranlarının peroksidasyonu 300 mM tuz uygulamasında *H. Marinum*'da değişmezken *H. Vulgare*'de %60 artmıştır. Her iki genotipte 150 mM NaCl'de SOD dışında tüm enzimlerin aktivitesi artmıştır. Bununla beraber 300 mM NaCl uygulamasında *H. Vulgare*'de bazı antioksidatif enzimlerin (CAT, POX ve APX) aktiviteleri ve bunların izoenzimleri değişmezken bazı enzimlerin (SOD, GR ) aktiviteleri düşmüştür. Bunun yanında *H. Marinum*'da 300 mM NaCl uygulamasında tüm antioksidatif enzimlerin aktivitesi belirgin şekilde artmıştır. Bundan da öte 300 mM NaCl'de *H. Marinum*'da bazı yeni izoenzimler tanımlanırken, bazı izoenzimlerin aktivitesi de (APx1, 2, 6, 7 ve GR1,3,6 ve7) artmıştır. Bu bulgu, *H. Marinum*'un antioksidatif enzim ve bunların izoenzimlerinin aktivitesini arttırmak şeklinde tuzla teşvik edilmiş oksidatif zarara karşı *H. Vulgare*'den daha iyi korunma mekanizmasına sahip olduğuna işaret etmektedir.

Tuz stresinde bitkinin moleküler ve fizyolojik özellikleri, geleneksel ıslah, moleküler ıslah ve transgenik yaklaşımlar yoluyla dayanıklı tohumları eleme prosedürüne temel teşkil eder. Bununla beraber tuz stresine dayanıklılığın niceliksel doğası ve uygun, tekrarlanabilir test ortamı yaratma ile ilgili problemler nedeniyle tuza dayanıklı ve tuza hassas hatların ayırt edilmesi işlemi zordur. Tohumların tuza toleransının değerlendirilmesi için daha etkin ve güvenilir eleme metotlarının geliştirilmesi, uygulamaya konmasına ihtiyaç vardır. Tuz tolerans çalışmalarında tarla denemeleri zahmetli bir iştir. Bu nedenle bitki ıslahçıları bitki tohumunun tuz toleransını incelemek için güvenilir farklı yollar ararlar. Tuz stresi birçok bitki türünde hücresel seviyede çalışır ve glikofitlerin tuz toleransında özel hücresel mekanizmalara sahip olduğuna inanılır. İyon sakınımı, iyonların farklı organellerde (vakuolde) tutulması, osmotik dengeleme, moleküllerin korunması ve membran taşıma sisteminin tuzlu koşullara adaptasyonu bitkilere tuza toleransı sunan önemli stratejilerdir. Tuz stresinde hiper osmotik stres ve iyon toksitesinin her ikisine karşı direnç geliştiren tuza toleranslı bitkilerin seçimi moleküler ıslah yoluyla da başarılabilir (Arzani, 2008).

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Bu araştırmada ülkemiz tarımında önemli yer tutan biri ekmeklik (Dağdaş), diğeri makarnalık (Selçuklu) olmak üzere iki farklı buğday, bir arpa (Kıral), bir çavdar (Aslım) ve bir yulaf (Faik Bey) olmak üzere 4 farklı tahıl cinsi kullanılmıştır. Bu materyaller Anadolu Tarımsal Araştırmalar Enstitüsü (Eskişehir) ve Bahri Dağdaş Uluslar Arası Araştırma Enstitüsünden (Konya) temin edilmiştir.

#### 3.2. Yöntem

##### 3.2.1. Su Kültüründe Denemelerin Kurulması

Deneme sıcaklık, ışık ve nem kontrollü ortamda, su kültüründe yürütülmüştür. Önce tohumlar perlit ortamında doymun durumdaki  $\text{CaSO}_4$  çözeltisi ile sulanarak çimlendirilmiştir. Çimlendirmeden sonra bitkiler, devamlı olarak havalandırılan 3 litrelik plastik saksılara alınmıştır. Bitki yetiştirme ortamında sıcaklık gündüzleri  $24^{\circ}\text{C}$ 'ye, geceleri  $20^{\circ}\text{C}$ 'ye ayarlanmıştır. Gündüz dönemi 16 saat (  $08^{00}$ -  $24^{00}$  ), gece dönemi ise 8 saat (  $24^{00}$ - $08^{00}$  ) olacak şekilde düzenlenirken, ışık şiddeti ise  $350 \text{ mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$  düzeyinde tutulmuştur. Denemelerde kullanılan besin çözeltisinin içeriği şöyledir; 2 mM  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , 1 mM  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 0.9 mM  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , 0.2 mM  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $10^{-6}$  M  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $2 \times 10^{-7}$  M  $\text{MnSO}_4$ ,  $10^{-6}$  M  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $2 \times 10^{-7}$  M  $\text{CuSO}_4$ ,  $2 \times 10^{-8}$  M  $(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7\text{O}_{24}$ ,  $10^{-4}$  M  $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{FeN}_2\text{NaO}_8$  (FeEDTA). Standart besin çözeltisinde yetiştirilen bitkiler 6 gün sonra 3 farklı NaCl uygulamasına (0, 100, 150 mM NaCl) maruz bırakılmıştır.

##### 3.2.2. İncelenen Özellikler

**A:Kuru Madde Üretimi:** Tuz uygulamasının 8. günü bitkilerin kök ve yeşil aksamı ayrı ayrı hasat edilerek  $70^{\circ}\text{C}$ 'de 48 saat kurutulup kuru ağırlıkları alınmış, tuz

stresinin yeşil aksam ve kök kuru madde verimine etkisi, tuza dayanıklılık indeksi hesaplanmıştır.

**B:İyon Birikimi:** 70°C’de 48 saat kurutulan bitki örnekleri kül fırınında kuru yakmaya tabi tutulmuş daha sonra 1/30’luk HCl ile ekstrakte edilmiştir. Elde edilen süzüklerde Na, K, Ca konsantrasyonları flamefotometrede ölçülmüş ve K/Na, Ca/Na oranları hesaplanmıştır.

**C:Fizyolojik ve Biyokimyasal Karakterler:** Tuz stresine dayanıklılığın fizyolojik nedenlerinin ortaya konulması amacıyla bitkilerin hasadı sırasında yeşil aksamdan 6 paralelli yaş bitki örnekleri alınmıştır. Bu bitki örneklerinin üçü lipit peroksidasyon seviyeleri, diğer üçü ise protein konsantrasyonu, askorbat peroksidaz (AscP) ve katalaz (CAT) enzim aktivitelerini araştırmak üzere kullanılmıştır. Enzim ve protein analizleri için alınan yaş yaprak örnekleri, içerisinde 0,1 mM Na-EDTA bulunan 50 mM’lık 5 mlt P tampon çözeltisi (pH=7,6) içerisinde homogenize edilmiştir. Homogenize edilen örnekler 15000 g’de 15 dk santrifüj edildikten sonra elde edilen çözelti protein ve enzim analizlerinde kullanılmıştır. Enzim analizlerindeki tüm işlemler +4°C’de yapılmıştır. Protein analizleri Bradford (1976)’ya göre yapılmıştır. Askorbatperoksidaz, ve katalaz enzim aktiviteleri Çakmak ve Marschner (1992) ve Çakmak (1994)’e göre yapılmıştır. Lipit peroksidasyon seviyeleri ise Hodges ve ark. (1999)’a göre malondialdehyde (MDA) ölçümleri ile saptanmıştır.

### 3.2.3. İstatistik Analizi

Veriler MSTAT-C (Crop and Soil Seince Depertmant of Michigon State Universty of the U.S.A.) istatistik paket programı kullanılarak tesadüf parsellerinde bölünmüş parseller deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuş, önemli olan özellikler LSD karşılaştırma testine göre gruplandırılmıştır. İncelenen özellikler arası ilişki ise SPSS-16 (SPSS Inc. Chicogo, U.S.A.) istatistik programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

##### 4.1. Yeşil Aksam Verimi

Farklı tahıl cinslerinin değişik seviyedeki tuz konsantrasyonları altında yeşil aksam verimlerine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.1.'de yer almaktadır. Çizelge incelendiğinde cinsler, tuz konsantrasyonları ve bu iki unsurun etkileşimleri arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.1. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarındaki Yeşil Aksam Verimine Ait Varyans Analiz Tablosu

| Kaynağı  | Serbestlik Derecesi | Hata Kareler Ortalaması | F Değeri |     |
|----------|---------------------|-------------------------|----------|-----|
| Cins     | 4                   | 1186.459                | 0.0000   | *** |
| Hata-1   | 10                  | 9.599                   |          |     |
| Tuz Kon. | 2                   | 986.854                 | 0.0000   | *** |
| CXT      | 8                   | 70.147                  | 0.0139   | *   |
| Hata-2   | 20                  | 21.103                  |          |     |
| Toplam   | 44                  | 7798.758                |          |     |

\*: p<0,05, \*\*: p<0,01 ve \*\*\*: p<0,001

Farklı tahıl cinslerinin değişik tuz konsantrasyonları altındaki yeşil aksam verimlerine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşmuş gruplar Çizelge 4.2. de yer almaktadır.

Çizelge 4.2. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarındaki Yeşil Aksam Verimine Ait Değerler (mgbitki<sup>-1</sup>) ile LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar ve Tuz Dozuna Bağlı Olarak Verim Azalması (%)

| Cinsler             | Tuz Konsantrasyonları (mM NaCl) |    |      |     |      |     | % Azalma |            |            |      |
|---------------------|---------------------------------|----|------|-----|------|-----|----------|------------|------------|------|
|                     | 0                               |    | 100  |     | 150  |     | Ortalama | 100mM NaCl | 150mM NaCl |      |
| B uğday (ekmeklik)  | 48,7                            | ef | 44,6 | fg  | 42,9 | fg  | 45,4     | b          | 8,5        | 11,9 |
| Buğday (makarnalık) | 61,4                            | bc | 44,4 | fg  | 39,3 | g   | 48,4     | b          | 27,6       | 35,9 |
| Arpa                | 64,0                            | b  | 57,5 | bcd | 53,7 | cde | 58,4     | a          | 10,1       | 16,0 |
| Yulaf               | 76,7                            | a  | 52,6 | de  | 50,6 | def | 60,0     | a          | 31,4       | 34,0 |
| Çavdar              | 38,9                            | g  | 29,2 | h   | 26,4 | h   | 31,5     | c          | 24,9       | 32,0 |
| Ortalama            | 57,9                            | a  | 45,7 | b   | 42,6 | b   | 48,7     |            | 21,2       | 26,4 |
| Çeşit               | 3,25                            |    |      |     |      |     |          |            |            |      |
| Tuz                 | 3,5                             |    |      |     |      |     |          |            |            |      |
| İnt.                | 7,82                            |    |      |     |      |     |          |            |            |      |
| VK.                 | 9,43                            |    |      |     |      |     |          |            |            |      |

Tuz konsantrasyonu arttıkça yeşil aksam verimi azalma eğilimi göstermiş ve 100 ile 150 mM konsantrasyonlardaki azalma istatistiki açıdan önemli olmuştur.

Farklı tahıl cinslerinin değişik tuz dozlarındaki ortalama yeşil aksam verimi en yüksek (60,0 mg bit<sup>-1</sup>) yulafra gerçekleşirken, en düşük (31,5 mg bit<sup>-1</sup>) çavdarda tespit edilmiştir. Arpa yulafa göre daha düşük yeşil aksam verimine sahip olmasına rağmen bu fark istatistiki olarak önemsiz olmuştur. Makarnalık ve ekmeklik buğday türleri ise yeşil aksam verimi açısından ortalamaya yakın bir değere sahip olmuşlardır.

100 mM NaCl dozunda yeşil aksam verimi açısından tuzdan en fazla etkilenen cins yulaf olurken bunu makarnalık buğday izlemiştir. 100 mM NaCl dozunda en az etkilenen cins ise ekmeklik buğday olmuştur. 150 mM NaCl’de ise yeşil aksam verimi en az etkilenen cins yine ekmeklik buğday olurken en fazla etkilenenler ise makarnalık buğday ve yulaf olmuştur. Burada elde edilen bulgulara benzer şekilde, Zhao ve ark.(2009), 2 yulaf çeşidini su kültüründe 0-250 mM arası 6 farklı tuz stresine maruz bırakmışlar ve bitki boyu ile vejetasyon süresinin tuz dozunun artışına bağlı olarak azaldığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar bitki başına başakçık, sürgün sayısı ve dane ağırlığının tuz konsantrasyonunun artışı ile azaldığını bildirmişlerdir.

## **4.2. Sodyum Konsantrasyonu**

### **4.2.1. Yeşil Aksam Na Konsantrasyonu.**

Farklı tahıl cinslerinin değişik seviyedeki tuz konsantrasyonları altında yeşil aksamda % Na konsantrasyonuna ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.3’de yer almaktadır. Çizelge incelendiğinde; cinsler, tuz konsantrasyonları ve bu iki unsurun etkileşimleri arasındaki farkların istatistiki açıdan % 0,1 düzeyinde önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.3. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarındaki Yeşil Aksam Na Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Tablosu

| Varyasyon Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Hata Kareler Ortalaması | F Değeri |     |
|-------------------|---------------------|-------------------------|----------|-----|
| Cins              | 4                   | 1226                    | 0.0000   | *** |
| Hata-1            | 10                  | 0.023                   |          |     |
| Tuz Kon.          | 2                   | 9.229                   | 0.0000   | *** |
| CXT               | 8                   | 0.356                   | 0.0000   | *** |
| Hata-2            | 20                  | 0.012                   |          |     |
| Toplam            | 44                  |                         |          |     |

\*:  $p < 0,05$ , \*\*:  $p < 0,01$  ve \*\*\*:  $p < 0,001$

Farklı tahıl cinslerinin değişik tuz konsantrasyonları altındaki yeşil aksam Na konsantrasyonlarına ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşmuş gruplar Çizelge 4.4’da yer almaktadır. 100 ve 150 mM NaCl dozları yeşil aksam Na konsantrasyonları açısından fark oluşturmuştur. Yüksek tuzlulukta Na iyonlarının artışının büyümedeki azalma ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

Değişik tuz dozlarında yeşil aksam ortalama Na konsantrasyonunun yulafta en yüksek (% 1,45) olduğu saptanırken en düşük Na konsantrasyonu (% 0,49) ise ekmeklik buğdayda saptanmıştır. 100 ve 150 mM NaCl dozlarında yeşil aksam Na konsantrasyonları incelendiğinde en az Na biriktiren cinsin ekmeklik buğday, en fazla Na biriktiren cinsin ise yulaf olduğu saptanmıştır. Tuz uygulanmayan kontrol dozuna göre 100 ve 150 mM NaCl dozunda yeşil aksamda Na artışının en fazla yulafta, en az ekmeklik buğdayda olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.4 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarındaki Yeşil Aksam Na Konsantrasyonuna Ait Değerler (%) ile LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar ve Tuz Dozuna Bağlı Olarak Na Artışı (%)

| Cinsler                    | Tuz Konsantrasyonları (mM NaCl) |        |         |          | % Artış    |            |
|----------------------------|---------------------------------|--------|---------|----------|------------|------------|
|                            | 0                               | 100    | 150     | Ortalama | 100mM NaCl | 150mM NaCl |
| <b>Buğday (ekmeklik)</b>   | 0,18 g                          | 0,57 f | 0,73 f  | 0,49 c   | 217,1      | 309        |
| <b>Buğday (makarnalık)</b> | 0,17 g                          | 1,31 d | 1,67 c  | 1,05 b   | 685,1      | 901        |
| <b>Arpa</b>                | 0,18 g                          | 1,67 c | 2,11 ab | 1,32 a   | 809,3      | 1048       |
| <b>Yulaf</b>               | 0,17 g                          | 1,98 b | 2,19 a  | 1,45 a   | 1098,9     | 1227       |
| <b>Çavdar</b>              | 0,21 g                          | 0,99 e | 1,75 c  | 0,98 b   | 380,7      | 749        |
| <b>Ortalama</b>            | 0,18 c                          | 1,30 b | 1,69 a  | 1,06     | 623,8      | 839        |
| <b>Çeşit</b>               | 0,16                            |        |         |          |            |            |
| <b>Tuz</b>                 | 0,08                            |        |         |          |            |            |
| <b>İnt.</b>                | 0,19                            |        |         |          |            |            |
| <b>VK.</b>                 | 10,20                           |        |         |          |            |            |

Benzer şekilde Sharma (1996) yaptığı araştırmasında tuza toleransları farklı iki ekmeklik buğday çeşidini 5 farklı dozda tuz stresine maruz bırakmış ve tuz stresinin şiddetine paralel olarak büyümede, K konsantrasyonunda ve K/Na oranında düşüş, Na, Ca konsantrasyonunda ise artış saptamıştır.

K alımındaki azalmanın hassas genotipte daha belirgin olduğu saptanmıştır. Ayrıca K'un bitkideki dağılımı da hassas ve tuza toleranslı bitkide farklı olmuştur.

#### 4.2.2. Kök Na Konsantrasyonu

Araştırmada kullanılan farklı tahıl cinslerinin değişik seviyedeki tuz konsantrasyonları altında kökteki % Na konsantrasyonuna ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5'de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü üzere cinsler, tuz konsantrasyonları ve bu iki unsurun etkileşimleri arasındaki fark istatistikî olarak önemlidir.

Çizelge 4.5 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Kök Na Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Tablosu

| Varyasyon Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Hata Kareler Ortalaması | F Değeri |     |
|-------------------|---------------------|-------------------------|----------|-----|
| Cins              | 4                   | 1226                    | 0.0000   | *** |
| Hata-1            | 10                  | 0.023                   |          |     |
| Tuz Kon.          | 2                   | 9.229                   | 0.0000   | *** |
| CXT               | 8                   | 0.356                   | 0.0000   | *** |
| Hata-2            | 20                  | 0.012                   |          |     |
| Toplam            | 44                  |                         |          |     |

\*:  $p < 0,05$ , \*\*:  $p < 0,01$  ve \*\*\*:  $p < 0,001$

Farklı tahıl cinslerinin değişik tuz konsantrasyonları altında kök Na konsantrasyonlarına ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşmuş gruplar Çizelge 4.6 de yer almaktadır.

Çizelge 4.6 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Kök Na Konsantrasyonuna Ait Değerler (%) ile LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar ve Tuz Dozuna Bağlı Olarak Na Artışı (%)

| Cinsler             | Tuz Konsantrasyonları (mM NaCl) |   |      |    |      |    |          |    | % Artış    |            |
|---------------------|---------------------------------|---|------|----|------|----|----------|----|------------|------------|
|                     | 0                               |   | 100  |    | 150  |    | Ortalama |    | 100mM NaCl | 150mM NaCl |
| Buğday (ekmeklik)   | 0,27                            | f | 1,33 | e  | 1,76 | cd | 1,12     | c  | 401        | 561        |
| Buğday (makarnalık) | 0,23                            | f | 1,29 | e  | 1,86 | bc | 1,13     | c  | 457        | 701        |
| Arpa                | 0,27                            | f | 1,61 | d  | 2,44 | a  | 1,44     | ab | 492        | 796        |
| Yulaf               | 0,25                            | f | 1,74 | cd | 2,01 | b  | 1,34     | b  | 591        | 697        |
| Çavdar              | 0,33                            | f | 1,83 | c  | 2,39 | a  | 1,52     | a  | 463        | 637        |
| Ortalama            | 0,27                            | c | 1,56 | b  | 2,09 | a  | 1,31     |    | 480        | 676        |
| Çeşit               | 0,14                            |   |      |    |      |    |          |    |            |            |
| Tuz                 | 0,08                            |   |      |    |      |    |          |    |            |            |
| İnt.                | 0,17                            |   |      |    |      |    |          |    |            |            |
| VK.                 | 7,75                            |   |      |    |      |    |          |    |            |            |

Uygulanan tuz konsantrasyonu arttıkça kökteki Na konsantrasyonunun arttığı, ve 100 ve 150 mM NaCl dozlarında kök Na konsantrasyonlarının istatistikî olarak farklı olduğu saptanmıştır. Farklı tahıl cinslerinin değişik tuz dozlarındaki ortalama Na konsantrasyonu en yüksek (% 1,52) çavdarda bulunmuş olup, en düşük konsantrasyon ise buğdayda saptanmıştır. 100 mM NaCl dozunda kökte en fazla Na biriktiren cins yulaf olurken 150 mM NaCl dozunda en fazla Na biriktiren cins arpa olmuştur. Ekmeklik buğday ise hem 100 mM NaCl dozunda hem de 150 mM NaCl dozunda kökte en az Na biriktiren cins olmuştur.

### 4.3. K Konsantrasyonu

#### 4.3.1. Yeşil Aksam K Konsantrasyonu

Farklı tahıl cinslerinin değişik tuz dozlarında yeşil aksamda K konsantrasyonuna ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.7’de yer almaktadır. Çizelgede görüldüğü üzere cinsler, tuz konsantrasyonları ve bu iki unsurun etkileşimleri arasındaki farkın istatistikî olarak önemli olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.7 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Yeşil Aksam K Konsantrasyonlarına Ait Varyans Analiz Tablosu

| Varyasyon Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Hata Kareler Ortalaması | F Değeri |     |
|-------------------|---------------------|-------------------------|----------|-----|
| Cins              | 4                   | 10636                   | 0.0000   | *** |
| Hata-1            | 10                  | 0.061                   |          |     |
| Tuz Kon.          | 2                   | 17.916                  | 0.0000   | *** |
| CXT               | 8                   | 1485                    | 0.0000   | *** |
| Hata-2            | 20                  | 0.080                   |          |     |
| Toplam            | 44                  |                         |          |     |

\*:  $p < 0,05$ , \*\*:  $p < 0,01$  ve \*\*\*:  $p < 0,001$

Farklı tahıl cinslerinin değişik tuz konsantrasyonları altındaki yeşil aksamdaki K konsantrasyonuna ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşmuş gruplar Çizelge 4.8’de yer almaktadır.

Çizelge 4.8. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Yeşil Aksam K Konsantrasyonuna (%) Ait Değerler ile LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar ve Tuz Dozuna Bağlı Olarak K Azalması (%)

| Cinsler             | Tuz Konsantrasyonları (mM NaCl) |         |          |          | % Azalma   |            |
|---------------------|---------------------------------|---------|----------|----------|------------|------------|
|                     | 0                               | 100     | 150      | Ortalama | 100mM NaCl | 150mM NaCl |
| Buğday (ekmelik)    | 6,20 c                          | 6,28 c  | 5,68 def | 6,05 a   | -1,3       | 8,4        |
| Buğday (makarnalık) | 6,13 cd                         | 3,89 h  | 4,23 gh  | 4,75 b   | 36,5       | 31,0       |
| Arpa                | 8,19 a                          | 4,58 g  | 5,22 f   | 6,00 a   | 44,0       | 36,2       |
| Yulaf               | 5,27 f                          | 2,77 ı  | 2,91 ı   | 3,65 c   | 47,5       | 44,7       |
| Çavdar              | 7,06 b                          | 5,43 ef | 5,83 cde | 6,11 a   | 23,0       | 17,4       |
| Ortalama            | 6,57 a                          | 4,59 b  | 4,78 b   | 5,31     | 30,1       | 27,3       |
| Çeşit               | 0,26                            |         |          |          |            |            |
| Tuz                 | 0,22                            |         |          |          |            |            |
| İnt.                | 0,48                            |         |          |          |            |            |
| VK.                 | 5,31                            |         |          |          |            |            |

Tuz konsantrasyonu arttıkça yeşil aksamda K konsantrasyonu azalmış, 100 ve 150 mM tuz dozlarında yeşil aksamda K konsantrasyonu açısından istatistiki farklar saptanmıştır. Farklı tuz konsantrasyonlarında ortalama yeşil aksam K konsantrasyonu en yüksek çavdar, ekmeklik buğday ve arpada saptanmış olup en düşük konsantrasyon ise (% 3,65) yulafta kaydedilmiştir. Tuz dozlarına bağlı olarak yeşil aksam K konsantrasyonunda azalmalar görülmekle beraber en şiddetli azalma her iki tuz dozunda da yulafta saptanmıştır. Bunun yanı sıra ekmeklik buğdayda her iki tuz dozunda yeşil aksam K konsantrasyonu düşüşü tüm cinsler arasında en az olmuştur.

#### 4.3.2. Kök K Konsantrasyonu

Farklı tahıl cinslerinin değişik tuz dozlarında kökteki K konsantrasyonuna (%) ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.9’de yer almaktadır. Çizelge incelendiğinde cinsler, tuz konsantrasyonları ve bu iki unsurun etkileşimleri arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.9. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Kök K Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Tablosu

| Varyasyon Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Hata Kareler Ortalaması | F Değeri |     |
|-------------------|---------------------|-------------------------|----------|-----|
| Cins              | 4                   | 1.924                   | 0.0000   | *** |
| Hata-1            | 10                  | 0.022                   |          |     |
| Tuz Kon.          | 2                   | 37.919                  | 0.0000   | *** |
| CXT               | 8                   | 0.236                   | 0.0505   |     |
| Hata-2            | 20                  | 0.097                   |          |     |
| Toplam            | 44                  |                         |          |     |

\*:  $p < 0,05$ , \*\*:  $p < 0,01$  ve \*\*\*:  $p < 0,001$

Farklı tahıl cinslerinin değişik tuz konsantrasyonları altındaki kökteki K konsantrasyonuna ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşmuş gruplar Çizelge 4.10’de yer almaktadır.

Çizelge 4.10. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Kök K Konsantrasyonuna (%) Ait Değerler ile LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar ve Tuz Dozuna Bağlı Olarak K Azalması (%)

| Cinsler                   | Tuz Konsantrasyonları (mM NaCl) |        |        |          | % Azalma   |            |
|---------------------------|---------------------------------|--------|--------|----------|------------|------------|
|                           | 0                               | 100    | 150    | Ortalama | 100mM NaCl | 150mM NaCl |
| <b>Buğday (ekmeklik)</b>  | 4,41                            | 2,52   | 1,70   | 2,87     | c          | 42,9       |
| <b>Buğday(makarnalık)</b> | 5,46                            | 2,99   | 1,75   | 3,40     | a          | 45,3       |
| <b>Arpa</b>               | 5,04                            | 2,66   | 1,76   | 3,15     | b          | 47,2       |
| <b>Yulaf</b>              | 4,55                            | 2,78   | 2,05   | 3,12     | b          | 39,0       |
| <b>Çavdar</b>             | 4,15                            | 1,43   | 1,00   | 2,19     | d          | 65,6       |
| <b>Ortalama</b>           | 4,72                            | a 2,47 | b 1,65 | c 2,95   |            | 47,6       |
| <b>Çeşit</b>              | 0,16                            |        |        |          |            |            |
| <b>Tuz</b>                | 0,24                            |        |        |          |            |            |
| <b>İnt.</b>               | 0,17                            |        |        |          |            |            |
| <b>VK.</b>                | 10,55                           |        |        |          |            |            |

Tuz konsantrasyonu artışı ile kök K konsantrasyonu azalmıştır. 100 ve 150 mM tuz dozlarında kök K konsantrasyonları arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Farklı tuz konsantrasyonlarında ortalama kök K konsantrasyonu en yüksek (% 3,40) makarnalık buğdayda gözlenirken en düşük konsantrasyon ise (% 2,19) çavdarda gözlenmiştir. Kontrol değerleri ile karşılaştırıldığında kökte K konsantrasyonundaki en şiddetli azalma her iki tuz dozunda çavdarda saptanırken en düşük azalma ise yulafta olmuştur. Bu bulgu tuz stresi altında yulafta köklerden yeşil aksama K taşınımının sınırlandığını göstermektedir.

#### 4.4. Ca Konsantrasyonu

##### 4.4.1. Yeşil Aksam Ca Konsantrasyonu

Farklı tahıl cinslerinin değişik seviyedeki tuz konsantrasyonları altında yeşil aksam Ca konsantrasyonuna (%) ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.11’de yer almaktadır. Çizelge incelendiğinde Ca konsantrasyonu açısından cinsler ve tuz konsantrasyonları arasında farkların istatistiki olarak önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.11. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Yeşil Aksamdaki Ca Konsantrasyonlarına Ait Varyans Analiz Tablosu

| Varyasyon Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Hata Kareler Ortalaması | F Değeri |     |
|-------------------|---------------------|-------------------------|----------|-----|
| Cins              | 4                   | 1194                    | 0.0000   | *** |
| Hata-1            | 10                  | 0.002                   |          |     |
| Tuz Kon.          | 2                   | 0.504                   | 0.0000   | *** |
| CXT               | 8                   | 0.009                   | 0.1003   |     |
| Hata-2            | 20                  | 0.004                   |          |     |
| Toplam            | 44                  |                         |          |     |

\*:  $p < 0,05$ , \*\*:  $p < 0,01$  ve \*\*\*:  $p < 0,001$

Farklı tahıl cinslerinin değişik tuz dozlarında yeşil aksamdaki Ca konsantrasyonuna (%) ait değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşmuş gruplar ile Ca konsantrasyonundaki azalmalar Çizelge 4.12’de yer almaktadır.

Çizelge 4.12. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Yeşil Aksam Ca Konsantrasyonuna (%) Ait Değerler ile LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar ve Tuz Dozuna Bağlı Olarak Yeşil Aksam Ca Azalması (%)

| Cinsler             | Tuz Konsantrasyonları (mM NaCl) |        |        |          | % Azalma   |            |
|---------------------|---------------------------------|--------|--------|----------|------------|------------|
|                     | 0                               | 100    | 150    | Ortalama | 100mM NaCl | 150mM NaCl |
| Buğday (ekmeklik)   | 1,14                            | 0,87   | 0,86   | 0,96 c   | 23,6       | 24,4       |
| Buğday (makarnalık) | 1,51                            | 1,03   | 1,16   | 1,23 b   | 32,1       | 23,1       |
| Arpa                | 1,04                            | 0,64   | 0,70   | 0,79 d   | 37,8       | 32,6       |
| Yulaf               | 1,42                            | 1,13   | 1,11   | 1,22 b   | 20,8       | 21,7       |
| Çavdar              | 1,90                            | 1,66   | 1,70   | 1,75 a   | 12,7       | 10,5       |
| Ortalama            | 1,40 a                          | 1,07 b | 1,11 b | 1,19     | 24,0       | 21,0       |
| Çeşit               | 0,03                            |        |        |          |            |            |
| Tuz                 | 0,05                            |        |        |          |            |            |
| İnt.                | 0,48                            |        |        |          |            |            |
| VK.                 | 5,49                            |        |        |          |            |            |

Ortama tuz eklenmesi ile tüm tahıl cinslerinde yeşil aksam Ca konsantrasyonu kontrol koşullarına göre azalma göstermiş olmasına karşın, 100 ile 150 mM NaCl dozlarındaki ortalama Ca değerleri arasında istatistiki olarak fark saptanmamıştır. Yeşil aksam ortalama Ca konsantrasyonu en yüksek (%1,75) çavdarda gözlenirken en düşük konsantrasyon ise (% 0,79) arpada kaydedilmiştir. Tuz stresine bağlı olarak yeşil aksamda en şiddetli Ca düşüşü arpada, en az düşüş ise çavdarda kaydedilmiştir. Yapılan

çalışmalar tuz stresi koşullarında dışarıdan Ca desteğinin arpada tuzluluğun zararlı etkilerini düzelttiğini ve dolayısıyla tuza toleransı arttırdığını göstermektedir (Huang ve Redmann, 1996).

#### 4.4.2. Kök Ca Konsantrasyonu

Farklı tahıl cinslerinin değişik seviyedeki tuz konsantrasyonları altında kökteki Ca (%) konsantrasyonuna ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.13’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde; cinsler, tuz konsantrasyonları ve bu iki unsurun etkileşimleri arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.13. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Kök Ca Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Tablosu

| Varyasyon Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Hata Kareler Ortalaması | F Değeri |     |
|-------------------|---------------------|-------------------------|----------|-----|
| Cins              | 4                   | 0.074                   | 0.0000   | *** |
| Hata-1            | 10                  | 0.002                   |          |     |
| Tuz Kon.          | 2                   | 0.322                   | 0.0000   | *** |
| CXT               | 8                   | 0.006                   | 0.0021   | **  |
| Hata-2            | 20                  | 0.001                   |          |     |
| Toplam            | 44                  |                         |          |     |

\*:  $p < 0,05$ , \*\*:  $p < 0,01$  ve \*\*\*:  $p < 0,001$

Farklı tahıl cinslerinin değişik tuz konsantrasyonları altındaki kökteki %Ca konsantrasyonuna ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşmuş gruplar ile kök Ca konsantrasyonundaki azalmalar Çizelge 4.14’da yer almaktadır.

Çizelge 4.14. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Kök Ca Konsantrasyonuna Ait Değerler (%) ile LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar ve Tuz Dozuna Bağlı Olarak Kök Ca Azalması (%)

| Cinsler                    | Tuz Konsantrasyonları (mM NaCl) |          |         |          | % Azalma   |            |
|----------------------------|---------------------------------|----------|---------|----------|------------|------------|
|                            | 0                               | 100      | 150     | Ortalama | 100mM NaCl | 150mM NaCl |
| <b>Buğday (ekmeklik)</b>   | 0,54 d                          | 0,35 gh  | 0,34 gh | 0,41 c   | 33,7       | 36,4       |
| <b>Buğday (makarnalık)</b> | 0,61 c                          | 0,37 fgh | 0,32 h  | 0,43 c   | 38,6       | 47,4       |
| <b>Arpa</b>                | 0,67 b                          | 0,47 e   | 0,38 fg | 0,51 b   | 29,4       | 42,8       |
| <b>Yulaf</b>               | 0,64 bc                         | 0,42 ef  | 0,42 ef | 0,49 b   | 35,0       | 35,1       |
| <b>Çavdar</b>              | 0,85 a                          | 0,62 bc  | 0,45 e  | 0,64 a   | 27,1       | 47,0       |
| <b>Ortalama</b>            | 0,66 a                          | 0,45 b   | 0,38 c  | 0,50     | 32,3       | 42,2       |
| <b>Çeşit</b>               | 0,05                            |          |         |          |            |            |
| <b>Tuz</b>                 | 0,02                            |          |         |          |            |            |
| <b>İnt.</b>                | 0,05                            |          |         |          |            |            |
| <b>VK.</b>                 | 6,86                            |          |         |          |            |            |

Tuz konsantrasyonu arttıkça kökteki K konsantrasyonu azalmış, bu azalmalar istatistiki açıdan farklı bulunmuştur.

Farklı tuz dozlarında en yüksek (% 0,64) ortalama kök Ca konsantrasyonu çavdarda gözlenirken en düşük ortalama Ca konsantrasyonu ise (% 0,41) ekmeklik buğdayda gözlenmiştir. Tuz stresine ilişkili kök Ca konsantrasyonundaki en şiddetli azalma her iki tuz dozunda da makarnalık buğdayda saptanmış, bunun yanında kök Ca konsantrasyonunu tuzlu koşullarda yüksek tutabilen cinsler 100 mM NaCl dozunda çavdar, 150 mM NaCl dozunda ise yulaf olmuştur.

#### 4.5. K/Na Oranı

##### 4.5.1. Yeşil Aksamda K/Na Oranı

Farklı tahıl cinslerinin değişik seviyedeki tuz konsantrasyonları altında yeşil aksam K/Na oranına ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.15’de yer almaktadır. Çizelge incelendiğinde cinsler, tuz konsantrasyonları ve bu iki unsurun etkileşimleri arasındaki farkın istatistikî olarak önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.15. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Yeşil Aksam K/Na Oranına Ait Varyans Analiz Tablosu

| Varyasyon Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Hata Kareler Ortalaması | F Değeri |      |
|-------------------|---------------------|-------------------------|----------|------|
| Cins              | 4                   | 51341                   | 0.0133   | *    |
| Hata-1            | 10                  | 9350                    |          |      |
| Tuz Kon.          | 2                   | 5.323.115               | 0.0000   | **** |
| CXT               | 8                   | 37822                   | 0.0005   | **** |
| Hata-2            | 20                  | 6114                    |          |      |
| Toplam            | 44                  |                         |          |      |

\*:  $p < 0,05$ , \*\*:  $p < 0,01$  ve \*\*\*:  $p < 0,001$

Farklı tahıl cinslerinin değişik tuz konsantrasyonları altındaki yeşil aksam K/Na oranına ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşmuş gruplar ise Çizelge 4.16’da yer almaktadır.

K/Na oranı tuza toleransta önemli bir kriter olarak kabul edilmekte ve tuzlu şartlar altında yeşil aksam K/Na oranını yüksek tutabilen bitkilerin tuz stresinden daha az etkilendikleri bildirilmektedir (Chen ve ark., 2007).Tuz konsantrasyonu arttıkça yeşil aksamda K/Na oranı azalmış olup, 100 ila 150 mM tuz dozlarındaki yeşil aksam K/Na oranları arasında istatistikî fark oluşmuştur. Farklı tuz dozlarındaki en yüksek ortalama K/Na oranı (18,04) ekmeklik buğdayda gözlenirken en düşük oran ise (11,85) yulafta kaydedilmiştir. Yeşil aksam verimi açısından tuz stresinden en az etkilenen ekmeklik buğdayda iyonik dengelemenin daha iyi görülmüştür.

Çizelge 4.16. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Yeşil Aksam K/Na Oranlarına Ait Değerler ve LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar

| Cinsler                   | Tuz Konsantrasyonları (mM NaCl) |         |         | Ortalama |
|---------------------------|---------------------------------|---------|---------|----------|
|                           | 0                               | 100     | 150     |          |
| <b>Buğday (ekmeklik)</b>  | 35,22 b                         | 11,15 c | 7,74 cd | 18,04 A  |
| <b>Buğday(makarnalık)</b> | 36,82 b                         | 3,00 e  | 2,54 e  | 14,12 Ab |
| <b>Arpa</b>               | 44,56 a                         | 2,74 e  | 2,47 e  | 16,59 Bc |
| <b>Yulaf</b>              | 32,78 b                         | 1,42 e  | 1,34 e  | 11,85 Bc |
| <b>Çavdar</b>             | 34,32 b                         | 5,51 de | 3,38 e  | 14,40 C  |
| <b>Ortalama</b>           | 36,74 a                         | 4,77 b  | 3,49 b  | 15,00    |
| <b>Çeşit</b>              | 3,21                            |         |         |          |
| <b>Tuz</b>                | 1,88                            |         |         |          |
| <b>İnt.</b>               | 4,21                            |         |         |          |
| <b>VK.</b>                | 16,48                           |         |         |          |

Bu bulgular ekmeklik buğdayın yulafa göre tuza daha toleranslı olduğuna işaret etmektedir. Benzer şekilde birçok araştırma tuza toleranslı bitkilerde Na ve Cl konsantrasyonlarının düşük, K seçicilik özelliğinin ise fazla olduğuna dikkat çekmekte, tuza hassas bitkilerin K-Na seçicilik özelliğinden yoksun olduğu bildirilmektedir. Yüksek K konsantrasyonu ve yüksek K/Na oranının bitkilerin tuza toleransını saptamada başarı ile kullanılabilecek bir kriter olduğu bildirilmektedir (Farooq, S. and Azam, F. 2007).

#### 4.5.2 Kök K/Na Oranı

Farklı tahıl cinslerinin değişik seviyedeki tuz dozları altında kök K/Na oranına ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.17’de yer almaktadır. Çizelge incelendiğinde cinsler, tuz konsantrasyonları ve bu iki unsurun etkileşimleri arasındaki farkın istatistikî olarak önemli olduğu görülmektedir.

Farklı tahıl cinslerinin değişik tuz konsantrasyonları altındaki kökteki K/Na oranlarına ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşmuş gruplar Çizelge 4.18’de yer almaktadır.

Çizelge 4.17. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Kök K/Na Oranına Ait Varyans Analiz Tablosu

| Varyasyon Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Hata Kareler Ortalaması | F Değeri |     |
|-------------------|---------------------|-------------------------|----------|-----|
| Cins              | 4                   | 20809                   | 0.0000   | *** |
| Hata-1            | 10                  | 0.384                   |          |     |
| Tuz Kon.          | 2                   | 1.395.848               | 0.0000   | *** |
| CXT               | 8                   | 12569                   | 0.0000   | *** |
| Hata-2            | 20                  | 0.402                   |          |     |
| Toplam            | 44                  |                         |          |     |

\*:  $p < 0,05$ , \*\*:  $p < 0,01$  ve \*\*\*:  $p < 0,001$

Çizelge 4.18. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Kök K/Na Oranlarına Ait Değerler ve LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar

| Cisnler             | Tuz Konsantrasyonları (mM NaCl) |         |         |          |
|---------------------|---------------------------------|---------|---------|----------|
|                     | 0                               | 100     | 150     | Ortalama |
| Buğday (ekmeklik)   | 16,7 c                          | 1,9 ef  | 1,0 fgh | 6,5 B    |
| Buğday (makarnalık) | 23,6 a                          | 2,3 e   | 1,0 fgh | 9,0 A    |
| Arpa                | 18,5 b                          | 1,7 efg | 0,7 gh  | 7,0 B    |
| Yulaf               | 18,0 b                          | 1,6 efg | 1,0 fgh | 6,9 B    |
| Çavdar              | 12,8 d                          | 0,8 gh  | 0,4 h   | 4,7 C    |
| Ortalama            | 17,9 a                          | 1,6 b   | 0,8 c   | 6,8      |
| Çeşit               | 0,7                             |         |         |          |
| Tuz                 | 0,5                             |         |         |          |
| İnt.                | 1,08                            |         |         |          |
| VK.                 | 9,3                             |         |         |          |

Tuz konsantrasyonu arttıkça kök K/Na oranı azalma eğilimi göstermiş ve 100 ile 150 mM tuz dozlarında değerler arasında ciddi bir istatistikî fark oluşmuştur. Farklı tuz dozlarında en yüksek ortalama kök K/Na oranı (9,0) makarnalık buğdayda elde edilirken en düşük K/Na oranı ise (4,7) çavdarda gözlenmiştir.

#### 4.6. Ca/Na oranı

##### 4.6.1. Yeşil Aksam Ca/Na Oranı

Farklı tahıl cinslerinin değişik seviyedeki tuz konsantrasyonları altında yeşil aksam Ca/Na oranına ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.19’de yer almaktadır. Çizelge incelendiğinde cinsler, tuz konsantrasyonları ve bu iki unsurun etkileşimleri arasındaki farkın istatistikî olarak önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.19. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Yeşil Aksam Ca/Na Oranına Ait Varyans Analiz Tablosu

| Varyasyon<br>Kaynağı | Serbestlik<br>Derecesi | Hata Kareler<br>Ortalaması | F<br>Değeri |     |
|----------------------|------------------------|----------------------------|-------------|-----|
| Cins                 | 4                      | 4259                       | 0.0014      | **  |
| Hata-1               | 10                     | 0.413                      |             |     |
| Tuz Kon.             | 2                      | 244.669                    | 0.0000      | *** |
| CXT                  | 8                      | 2742                       | 0.0001      | *** |
| Hata-2               | 20                     | 0.354                      |             |     |
| Toplam               | 44                     |                            |             |     |

\*:  $p < 0,05$ , \*\*:  $p < 0,01$  ve \*\*\*:  $p < 0,001$

Farklı tahıl cinslerinin değişik tuz konsantrasyonları altında yeşil aksam Ca/Na oranlarına ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşmuş gruplar Çizelge 4.20’de yer almaktadır.

Farklı tahıl cinslerinin farklı tuz dozlarında yeşil aksam Ca/Na oranı en yüksek (3,97) çavdarda gözlenirken en düşük oran ise (2,12) arpada kaydedilmiştir.

Tuz konsantrasyonu arttıkça yeşil aksamdaki Ca/Na oranı azalma eğilimi göstermiş olup, 100 ve 150 mM tuz dozunda en yüksek Ca/Na oranları ekmeklik buğday ve çavdarda elde edilmiştir.

Çizelge 4.20 Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Yeşil Aksam Ca/Na Oranlarına Ait Değerler ve LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar

| Cinsler                    | Tuz Konsantrasyonları (mM NaCl) |          |          | Ortalama |
|----------------------------|---------------------------------|----------|----------|----------|
|                            | 0                               | 100      | 150      |          |
| <b>Buğday (ekmeklik)</b>   | 6,50 b                          | 1,54 cd  | 1,18 cde | 3,07 b   |
| <b>Buğday (makarnalık)</b> | 9,07 a                          | 0,79 cde | 0,70 cde | 3,52 ab  |
| <b>Arpa</b>                | 5,64 b                          | 0,39 e   | 0,33 e   | 2,12 ab  |
| <b>Yulaf</b>               | 8,84 a                          | 0,58 de  | 0,51 e   | 3,31 b   |
| <b>Çavdar</b>              | 9,24 a                          | 1,69 c   | 0,98 cde | 3,97 c   |
| <b>Ortalama</b>            | 7,86 a                          | 1,00 b   | 0,74 b   | 3,20     |
| <b>Çeşit</b>               | 0,68                            |          |          |          |
| <b>Tuz</b>                 | 0,45                            |          |          |          |
| <b>İnt.</b>                | 1,01                            |          |          |          |
| <b>VK.</b>                 | 18,60                           |          |          |          |

#### 4.6.2. Kök Ca/Na Oranı

Farklı tahıl cinslerinin değişik seviyedeki tuz konsantrasyonları altında kök Ca/Na oranlarına ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.21’de yer almaktadır. Çizelge incelendiğinde tuz konsantrasyonları ve tuz konsantrasyonu-cins etkileşimlerinin kök Ca/Na oranı açısından istatistiki olarak önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.21. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Kök Ca/Na Oranlarına Ait Varyans Analiz Tablosu

| Varyasyon       | Serbestlik | Hata Kareler | F      |     |
|-----------------|------------|--------------|--------|-----|
| Kaynağı         | Derecesi   | Ortalaması   | Değeri |     |
| <b>Cins</b>     | 4          | 0.072        | 0.0555 |     |
| <b>Hata-1</b>   | 10         | 0.022        |        |     |
| <b>Tuz Kon.</b> | 2          | 24.777       | 0.0000 | *** |
| <b>CXT</b>      | 8          | 0.066        | 0.0132 | *   |
| <b>Hata-2</b>   | 20         | 0.020        |        |     |
| <b>Toplam</b>   | 44         |              |        |     |

\*: p<0,05, \*\*: p<0,01 ve \*\*\*: p<0,001

Farklı tahıl cinslerinin değişik tuz konsantrasyonları altındaki kök Ca/Na oranlarına ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşmuş gruplar Çizelge 4. 22’de yer almaktadır.

Çizelge 4.22. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Kök Ca/Na Oranlarına Ait Değerler ve LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar

| Cinsler                    | Tuz Konsantrasyonları (mM NaCl) |        |        |          |
|----------------------------|---------------------------------|--------|--------|----------|
|                            | 0                               | 100    | 150    | Ortalama |
| <b>Buğday(ekmeklik)</b>    | 2,02 b                          | 0,27 c | 0,19 c | 0,83     |
| <b>Buğday (makarnalık)</b> | 2,63 a                          | 0,29 c | 0,17 c | 1,03     |
| <b>Arpa</b>                | 2,46 a                          | 0,29 c | 0,16 c | 0,97     |
| <b>Yulaf</b>               | 2,55 a                          | 0,24 c | 0,21 c | 1,00     |
| <b>Çavdar</b>              | 2,65 a                          | 0,34 c | 0,19 c | 1,06     |
| <b>Ortalama</b>            | 2,46 a                          | 0,29 b | 0,18 b | 0,98     |
| <b>Çeşit</b>               |                                 |        |        |          |
| <b>Tuz</b>                 | 0,11                            |        |        |          |
| <b>İnt.</b>                | 0,24                            |        |        |          |
| <b>VK.</b>                 | 14,30                           |        |        |          |

Ortamda tuz stresinin yaratılması ile kökteki Ca/Na oranı kontrol koşullarına göre ciddi şekilde düşmüş, fakat bunun yanında 100 ila 150 mM tuz dozlarında elde edilen değerler aynı grup içinde yer almışlardır. Değişik tuz dozlarında en yüksek ortalama kök Ca/Na oranı (1,06) çavdarda tespit edilirken en düşük oran ise (0,83) ekmeklik buğdayda gözlenmiştir. Bu sonuçlardan hareketle buğdayda tuz toleransında köklerden yeşil aksam Ca taşınımının teşvik edilip, Na taşınımının azaltılması önemli bir mekanizma olarak görülmektedir.

#### 4.7. Yeşil Aksam Protein İçeriği

Farklı tahıl cinslerinin değişik seviyedeki tuz konsantrasyonları altında bitkideki protein konsantrasyonuna ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.23’de yer almaktadır. Çizelge incelendiğinde cinsler, tuz konsantrasyonları ve bu iki unsurun etkileşimleri arasındaki farkın istatistikî olarak önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.23. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Protein Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Tablosu

| Varyasyon Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Hata Kareler Ortalaması | F Değeri |     |
|-------------------|---------------------|-------------------------|----------|-----|
| Cins              | 4                   | 11531                   | 0.0000   | *** |
| Hata-1            | 10                  | 0.138                   |          |     |
| Tuz Kon.          | 2                   | 13.860                  | 0.0000   | *** |
| CXT               | 8                   | 1143                    | 0.0015   | **  |
| Hata-2            | 20                  | 0.226                   |          |     |
| Toplam            | 44                  |                         |          |     |

\*: p<0,05, \*\*: p<0,01 ve \*\*\*: p<0,001

Farklı tahıl cinslerinin değişik tuz konsantrasyonları altındaki bitkideki protein konsantrasyonuna (mg/g T.A.) ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşmuş gruplar Çizelge 4.24’da yer almaktadır.

Çizelge 4.24. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Protein Konsantrasyonuna (mg/g T.A.) Ait Değerler ile LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar ve Tuz Dozuna Bağlı Olarak Protein Azalması (%)

| Cinsler             | Tuz Konsantrasyonları (mM NaCl) |        |        |          | % Azalma    |             |
|---------------------|---------------------------------|--------|--------|----------|-------------|-------------|
|                     | 0                               | 100    | 150    | Ortalama | 100 mM NaCl | 150 mM NaCl |
| Buğday (ekmeklik)   | 11,3 a                          | 10,4 b | 9,3 cd | 10,3 a   | 8,8         | 21,6        |
| Buğday (makarnalık) | 9,9 bc                          | 10,2 b | 8,7 de | 9,6 b    | 3,2         | 13,6        |
| Arpa                | 10,0 bc                         | 8,1 ef | 7,3 f  | 8,5 c    | 24,4        | 36,8        |
| Yulaf               | 11,3 a                          | 10,2 b | 10,3 b | 10,6 a   | 10,7        | 10,2        |
| Çavdar              | 8,9 d                           | 8,8 de | 6,3 g  | 8,0 d    | 0,6         | 39,9        |
| Ortalama            | 10,3 a                          | 9,5 b  | 8,4 c  | 9,4      | 7,8         | 22,6        |
| Çeşit               | 0,39                            |        |        |          |             |             |
| Tuz                 | 0,36                            |        |        |          |             |             |
| İnt.                | 0,81                            |        |        |          |             |             |
| VK.                 | 5,05                            |        |        |          |             |             |

Tuz konsantrasyonu arttıkça tüm cinslerde bitki protein içeriği azalma eğilimi göstermiş olup, 100 ile 150 mM tuz dozundaki protein değerleri arasında istatistikî fark oluşmuştur.

Farklı tuz dozlarında en yüksek ortalama protein konsantrasyonu yulafta ( 10,6 mg bit<sup>-1</sup>) gözlenirken en düşük konsantrasyon ise (8,0 mg bit<sup>-1</sup>) çavdarda kaydedilmiştir. Proteinde miktarında tuz stresine bağlı azalmalar 100 mM NaCl’de en fazla arpada

görülürken en az azalma ise çavdarda olmuştur. 150 mM NaCl'de ise protein konsantrasyonundaki en şiddetli düşüş çavdarda saptanırken en az düşüş yulafta olmuştur. Benzer şekilde Patel ve ark. (2007), yaptıkları çalışmada buğdayda düşük tuz stresinde (%0,1 NaCl–120 saat) çimlenme ve fide boyunun etkilenmediğini fakat bunun yanında yüksek tuz seviyesinde (%2 NaCl–120 saat) şeker, proteil, total aminoasit gibi metabolitlerin ve enzimlerin (amilaz) seviyelerinin düştüğü, prolin içeriğinin ise arttığını bildirmişlerdir.

Yıldız, (2007), 150 mM NaCl stresinde kontrol koşulları ile karşılaştırıldığında *T. aestivum* (Ceyhan-99) ve *T. durum* (Fırat-93)'da saptanan düşük molekül ağırlıklı (LMW) protein çeşitlerinde farklılıklar bildirmiştir. Düşük molekül ağırlıklı bazı proteinlerin yeniden sentezlendiğini bazı LMW proteinlerin ise tümüyle kaybolduğunu, ve bu durumun bitkilerin tuza karşı hassasiyetindeki farklılıklar açısından önemli olabileceğini bildirmiştir.

#### 4.8. Yeşil Aksam Askorbat Peroksidaz Enzim (AscP) Aktivitesi

Farklı tahıl cinslerinin değişik seviyedeki tuz konsantrasyonları altında bitkideki AscP aktivitesine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.25'de yer almaktadır. Çizelge incelendiğinde cinsler, tuz konsantrasyonları ve bu iki unsurun etkileşimleri arasındaki farkın istatistikî olarak önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.25. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında AscP Aktivitelerine Ait Varyans Analiz Tablosu

| Varyasyon Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Hata Kareler Ortalaması | F Değeri |     |
|-------------------|---------------------|-------------------------|----------|-----|
| Cins              | 4                   | 237831144               | 0.0000   | *** |
| Hata-1            | 10                  | 393400                  |          |     |
| Tuz Kon.          | 2                   | 105.895.556             | 0.0000   | *** |
| CXT               | 8                   | 2437194                 | 0.0009   | *** |
| Hata-2            | 20                  | 438933                  |          |     |
| Toplam            | 44                  |                         |          |     |

\*: p<0,05, \*\*: p<0,01 ve \*\*\*: p<0,001

Farklı tahıl cinslerinin değişik tuz konsantrasyonları altındaki bitkideki AscP aktivitelerine (nmol/min/mg prt.) ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşmuş gruplar Çizelge 4.26’da yer almaktadır.

Çizelge 4.26. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Seviyedeki Tuz Dozlarında AscP Aktivitelerine (nmol/min/mg prt.) ait Değerler ve LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar ile Tuz Dozuna Bağlı Olarak AscP Aktivitesi Artışı

| Cinsler                   | Tuz Konsantrasyonları (mM NaCl) |       |        |          | % Artış     |             |
|---------------------------|---------------------------------|-------|--------|----------|-------------|-------------|
|                           | 0                               | 100   | 150    | Ortalama | 100 mM NaCl | 150 mM NaCl |
| <b>Buğday (ekmeklik)</b>  | 319 fg                          | 351 f | 444 d  | 372 c    | 10,0        | 39          |
| <b>Buğday(makarnalık)</b> | 288 g                           | 390 e | 507 c  | 395 b    | 35,5        | 76          |
| <b>Arpa</b>               | 142 ı                           | 202 h | 315 fg | 220 e    | 42,0        | 122         |
| <b>Yulaf</b>              | 220 h                           | 286 g | 336 f  | 281 d    | 30,0        | 53          |
| <b>Çavdar</b>             | 528 c                           | 671 b | 734 a  | 644 a    | 27,2        | 39          |
| <b>Ortalama</b>           | 299 c                           | 380 b | 467 a  | 382      | 26,9        | 56          |
| <b>Çeşit</b>              | 20,83                           |       |        |          |             |             |
| <b>Tuz</b>                | 15,96                           |       |        |          |             |             |
| <b>İnt.</b>               | 35,68                           |       |        |          |             |             |
| <b>VK.</b>                | 5,48                            |       |        |          |             |             |

Tuz konsantrasyonu arttıkça tüm cinslerde AscP enzim aktivitesinde artış gözlenmektedir. Farklı tuz dozlarında ortalama AscP aktivitesi en yüksek çavdarda (644 (nmol/min/mg prt.) gözlenirken en düşük AscP aktivitesi arpada (220 nmol/min/mg prt.) kaydedilmiştir. 100 ile 150 mM tuz dozlarındaki AscP aktiviteleri arasındaki farklar istatistikî olarak önemli bulunmuştur. Askorbat peroksidaz enzim aktivitesi kontrol koşulları ile karşılaştırıldığında 100 ve 150 mM NaCl’de en fazla artış arpada (sırasıyla %42, %122) saptanırken en düşük artış ekmeklik buğdayda (sırasıyla %10, %39) olmuştur.

Üç farklı buğday çeşidi kullanarak yaptığı çalışmasında Latef, A.A.A., (2010), buradaki bulgulara benzer şekilde, NaCl stresinin çimlenme, kuru madde üretimi ve bitkide su içeriğini azalttığını bildirmiş, NaCl stresinin 3 çeşitte de AscP aktivitesini etkinleştirdiğini, CAT aktivitesini ise gözle görülür şekilde arttırdığını belirtmiştir. Buna ek olarak lipid peroksidasyon seviyeleri tuza hassas genotipte belirgin derecede artarken tuza daha toleranslı genotipte değişmemiştir.

#### 4.9. Yeşil Aksamda Katalaz Enzim Aktivitesi

Farklı tahıl cinslerinin değişik seviyedeki tuz konsantrasyonları altında bitkideki katalaz enzim aktivitesine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.27’de yer almaktadır. Çizelge incelendiğinde cinsler, tuz konsantrasyonları ve bu iki unsurun etkileşimleri arasındaki farkın istatistikî olarak önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.27. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Katalaz Enzim Aktivitesine Ait Varyans Analiz Tablosu

| Varyasyon Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Hata Kareler Ortalaması | F Değeri |     |
|-------------------|---------------------|-------------------------|----------|-----|
| Cins              | 4                   | 4977967                 | 0.0000   | *** |
| Hata-1            | 10                  | 163978                  |          |     |
| Tuz Kon.          | 2                   | 32.723.756              | 0.0000   | *** |
| CXT               | 8                   | 1168117                 | 0.0005   | *** |
| Hata-2            | 20                  | 192378                  |          |     |
| Toplam            | 44                  |                         |          |     |

\*:  $p < 0,05$ , \*\*:  $p < 0,01$  ve \*\*\*:  $p < 0,001$

Farklı tahıl cinslerinin değişik tuz konsantrasyonları altındaki bitkideki katalaz enzim aktivitesine ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşmuş gruplar Çizelge 4.28’de yer almaktadır.

Tuz konsantrasyonu arttıkça bitkideki katalaz aktivitesi artma eğilimi göstermiş olup, 100 ile 150 mM tuz dozlarındaki değerler arasında ciddi bir istatistikî fark oluşmuştur. Farklı tuz dozlarında ortalama katalaz enzim aktivitesi en yüksek (309 nmol/min/mg prt) yulafta gözlenirken en düşük aktivite ise (248 nmol/min/mg prt.) ekmeklik buğdayda kaydedilmiştir.

Katalaz enzim aktivitesi artışına bakıldığında 100 mM NaCl’de en fazla artış yulafta olurken (% 48,3) en düşük artış ise buğdayda (% 10,5) görülmektedir. 150 mM NaCl’de ise en fazla artış yine yulafta (%50,2) olurken en düşük artış ise çavdarda (% 35,4) olmuştur.

Çizelge 4.28. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Katalaz Enzim Aktivitesine (nmol/min/mg prt.) ait Değerler ve LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar ile Tuz Dozuna Bağlı Olarak Katalaz Aktivitesi Artışı (%)

| Cinsler                    | Tuz Konsantrasyonları (mM NaCl) |         |        |          | % Artış     |             |
|----------------------------|---------------------------------|---------|--------|----------|-------------|-------------|
|                            | 0                               | 100     | 150    | Ortalama | 100 mM NaCl | 150 mM NaCl |
| <b>Buğday (ekmeklik)</b>   | 212 h                           | 235 fgh | 297 d  | 248 d    | 10,9        | 40,2        |
| <b>Buğday (makarnalık)</b> | 227 gh                          | 251 ef  | 322 bc | 267 c    | 10,5        | 41,9        |
| <b>Arpa</b>                | 216 gh                          | 271 e   | 299 cd | 262 c    | 25,6        | 38,9        |
| <b>Yulaf</b>               | 232 fgh                         | 345 ab  | 349 a  | 309 a    | 48,3        | 50,2        |
| <b>Çavdar</b>              | 236 fg                          | 300 cd  | 320 cd | 285 b    | 26,9        | 35,4        |
| <b>Ortalama</b>            | 225 c                           | 280 b   | 317 a  | 274      | 24,8        | 41,3        |
| <b>Çeşit</b>               | 13,45                           |         |        |          |             |             |
| <b>Tuz</b>                 | 10,56                           |         |        |          |             |             |
| <b>İnt.</b>                | 23,62                           |         |        |          |             |             |
| <b>VK.</b>                 | 5,06                            |         |        |          |             |             |

#### 4.10. Bitkide Lipit Peroksidasyon

Farklı tahıl cinslerinin değişik seviyedeki tuz konsantrasyonları altında bitkideki lipit. peroksidasyonuna (nmol/g protein) ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.29’de yer almaktadır. Çizelge incelendiğinde cinsler, tuz konsantrasyonları ve bu iki unsurun etkileşimleri arasındaki farkın istatistikî olarak önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.29. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Lipit. Peroksidasyonuna Ait Varyans Analiz Tablosu

| Varyasyon Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Hata Kareler Ortalaması | F Değeri |     |
|-------------------|---------------------|-------------------------|----------|-----|
| <b>Cins</b>       | 4                   | 6854121033              | 0.0000   | *** |
| <b>Hata-1</b>     | 10                  | 44456511                |          |     |
| <b>Tuz Kon.</b>   | 2                   | 5.421.761.356           | 0.0000   | *** |
| <b>CXT</b>        | 8                   | 933995967               | 0.0000   | *** |
| <b>Hata-2</b>     | 20                  | 32439178                |          |     |
| <b>Toplam</b>     | 44                  |                         |          |     |

\*: p<0,05, \*\*: p<0,01 ve \*\*\*: p<0,001

Farklı tahıl cinslerinin değişik tuz konsantrasyonları altındaki bitkideki lipit peroksidasyonuna (nmol/g protein) ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşmuş gruplar Çizelge 4.30’de yer almaktadır.

Çizelge 4.30. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Lipit. Peroksidasyonuna Ait Değerler (nmol/g protein) ve LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar ve Tuz Dozuna Bağlı Olarak Lipit Peroksidasyonundaki Artışlar

| Cinsler                    | Tuz Konsantrasyonları (mM NaCl) |         |         |          | % Artış     |             |
|----------------------------|---------------------------------|---------|---------|----------|-------------|-------------|
|                            | 0                               | 100     | 150     | Ortalama | 100 mM NaCl | 150 mM NaCl |
| <b>Buğday (ekmeklik)</b>   | 876 h                           | 1143 gh | 1356 g  | 1125 d   | 30,4        | 54,7        |
| <b>Buğday (makarnalık)</b> | 967 h                           | 1379 fg | 1667 ef | 1338 cd  | 42,7        | 72,4        |
| <b>Arpa</b>                | 1074 gh                         | 1335 g  | 1794 e  | 1401 c   | 24,3        | 67,2        |
| <b>Yulaf</b>               | 1120 gh                         | 1923 de | 2265 c  | 1769 b   | 71,7        | 102,2       |
| <b>Çavdar</b>              | 2129 cd                         | 2694 b  | 5046 a  | 3289 a   | 26,5        | 137,0       |
| <b>Ortalama</b>            | 1233 c                          | 1695 b  | 2426 a  | 1784     | 37,4        | 96,7        |
| <b>Çeşit</b>               | 222                             |         |         |          |             |             |
| <b>Tuz</b>                 | 137                             |         |         |          |             |             |
| <b>İnt.</b>                | 307                             |         |         |          |             |             |
| <b>VK.</b>                 | 10                              |         |         |          |             |             |

Farklı tahıl cinslerinin değişik tuz konsantrasyonlarındaki en yüksek ortalama lipit peroksidasyonu çavdarda (3289 nmol/g protein) gözlenirken en düşük lipit peroksidasyonu ise (1125 nmol/g protein ) arpada kaydedilmiştir.

Tuz konsantrasyonu arttıkça bitkideki lipit peroksidasyonu artma eğilimi göstermiş olup, 100 ila 150 mM tuz dozundaki değerler arasında istatistikî fark oluşmuştur. 100 mM NaCl’de lipit peroksiyonunda en fazla artış yulafta olurken en düşük artış ise arpada gözlenmektedir. Tuz stresi altında katalaz enzim aktivitesini en çok arttıran cins yulaf olmakla birlikte, bu artışın yulafta lipitlerin okside olması için yeterli gelmediği görülmektedir. 150 mM NaCl’de ise en fazla artış çavdarda görülürken en düşük artış ise ekmeklik buğdayda görülmektedir. Sonuçlar yulaf ve çavdarda tuz stresi altında membran lipitlerinin daha çok zarar gördüğüne işaret etmektedir. Benzer şekilde Ashraf ve ark. (2010), farklı iki buğday genotipinin tuza toleransını 0 ve 150 mM NaCl dozlarını kullanarak araştırmışlar, büyüme ile lipit peroksidasyon düzeyleri arasında negatif korelasyonlar saptamışlardır.

#### 4.11. Bitki Klorofil-a İçeriği

Farklı tahıl cinslerinin değişik seviyedeki tuz konsantrasyonları altında bitkideki Klorofil-a. konsantrasyonuna ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.31’de yer almaktadır. Çizelge incelendiğinde cinsler, tuz konsantrasyonları ve bu iki unsurun etkileşimleri arasındaki farkın istatistikî olarak önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.31. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Klorofil-a. Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Tablosu

| Varyasyon Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Hata Kareler Ortalaması | F Değeri |     |
|-------------------|---------------------|-------------------------|----------|-----|
| Cins              | 4                   | 0.094                   | 0.0005   | *** |
| Hata-1            | 10                  | 0.007                   |          |     |
| Tuz Kon.          | 2                   | 0.158                   | 0.0000   | *** |
| CXT               | 8                   | 0.141                   | 0.0000   | *** |
| Hata-2            | 20                  | 0.001                   |          |     |
| Toplam            | 44                  |                         |          |     |

\*: p<0,05, \*\*: p<0,01 ve \*\*\*: p<0,001

Farklı tahıl cinslerinin değişik tuz konsantrasyonları altındaki bitkideki klorofil-a konsantrasyonuna ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşmuş gruplar Çizelge 4.32’de yer almaktadır.

Çizelge 4.32. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Klorofil-a. Konsantrasyonuna ait Değerler ve LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar

| Cinsler             | Tuz Konsantrasyonları (mM NaCl) |         |         |          |
|---------------------|---------------------------------|---------|---------|----------|
|                     | 0                               | 100     | 150     | Ortalama |
| Buğday (ekmeklik)   | 1,43 ı                          | 1,92 b  | 2,01 a  | 1,79 a   |
| Buğday (makarnalık) | 1,56 fg                         | 1,83 c  | 1,98 ac | 1,79 a   |
| Arpa                | 1,74 d                          | 1,73 d  | 1,60 f  | 1,69 b   |
| Yulaf               | 1,55 fg                         | 1,52 gh | 1,65 e  | 1,57 c   |
| Çavdar              | 1,98 a                          | 1,49 hı | 2,01 a  | 1,83 a   |
| Ortalama            | 1,65 c                          | 1,70 b  | 1,85 a  | 1,73     |
| Çeşit               | 0,09                            |         |         |          |
| Tuz                 | 0,02                            |         |         |          |
| İnt.                | 0,05                            |         |         |          |
| VK.                 | 2,18                            |         |         |          |

Tuz konsantrasyonu arttıkça bitkideki klorofil-a konsantrasyonu artma eğilimi göstermiş olup, 100 ila 150 mM konsantrasyonlardaki değerler arasında istatistikî fark oluşmuştur. Farklı tahıl cinslerinin değişik tuz konsantrasyonundaki ortalama klorofil-a konsantrasyonu en yüksek (1,83 mg bit<sup>-1</sup>) çavdarda gözlemlenirken en düşük konsantrasyon ise (1,57 mg bit<sup>-1</sup>) yulafta kaydedilmiştir.

#### 4.12. Bitkide Klorofil-b İçeriği

Farklı tahıl cinslerinin değişik seviyedeki tuz konsantrasyonları altında bitkideki klorofil-b. konsantrasyonuna ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.35’da yer almaktadır. Çizelge incelendiğinde cins ve cins x tuz konsantrasyonları bu iki unsurun etkileşimlerinin (CxT) istatistikî olarak önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.33. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Klorofil-b. Konsantrasyonuna ait Varyans Analiz Tablosu

| Varyasyon Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Hata Kareler Ortalaması | F Değeri |     |
|-------------------|---------------------|-------------------------|----------|-----|
| Cins              | 4                   | 0.018                   | 0.0007   | *** |
| Hata-1            | 10                  | 0.001                   |          |     |
| Tuz Kon.          | 2                   | 0.004                   | 0.0503   |     |
| CXT               | 8                   | 0.012                   | 0.0000   | *** |
| Hata-2            | 20                  | 0.001                   |          |     |
| Toplam            | 44                  |                         |          |     |

\*: p<0,05, \*\*: p<0,01 ve \*\*\*: p<0,001

Farklı tahıl cinslerinin değişik tuz konsantrasyonları altındaki bitkideki klorofil-b konsantrasyonuna ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşmuş gruplar Çizelge 4.34’da yer almaktadır.

Çizelge 4.34. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Klorofil-b. Konsantrasyonuna Ait Değerler ve LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar

| Cinsler                    | Tuz Konsantrasyonları (mM NaCl) |          |           |          |
|----------------------------|---------------------------------|----------|-----------|----------|
|                            | 0                               | 100      | 150       | Ortalama |
| <b>Buğday (ekmeklik)</b>   | 0,381 ef                        | 0,474 cd | 0,512 abc | 0,456 b  |
| <b>Buğday (makarnalık)</b> | 0,380 ef                        | 0,430 de | 0,437 d   | 0,416 c  |
| <b>Arpa</b>                | 0,494 bc                        | 0,493 bc | 0,380 ef  | 0,456 b  |
| <b>Yulaf</b>               | 0,522 abc                       | 0,533 ab | 0,555 a   | 0,537 a  |
| <b>Çavdar</b>              | 0,477 cd                        | 0,359 f  | 0,523 abc | 0,453 b  |
| <b>Ortalama</b>            | 0,451                           | 0,458    | 0,482     | 0,463    |
| <b>Çeşit</b>               | 0,030                           |          |           |          |
| <b>Tuz</b>                 |                                 |          |           |          |
| <b>İnt.</b>                | 0,050                           |          |           |          |
| <b>VK.</b>                 | 7,210                           |          |           |          |

Farklı tahıl cinslerinin değişik tuz konsantrasyonundaki ortalama klorofil-b konsantrasyonu en yüksek (0,537 mg bit<sup>-1</sup>) yulafta gözlemlenirken en düşük konsantrasyon ise (0,416 mg bit<sup>-1</sup>) makarnalık buğdayda kaydedilmiştir. Tuz konsantrasyonu arttıkça bitkideki klorofil-b konsantrasyonu da artma eğilimi göstermiş olup, 100 ila 150 mM konsantrasyonlardaki değerler arasında istatistikî fark oluşmamıştır.

#### 4.13. Bitkide Klorofil-ab İçeriği

Farklı tahıl cinslerinin değişik seviyedeki tuz konsantrasyonları altında bitkideki klorofila+b. konsantrasyonuna ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.35’de yer almaktadır. Çizelge incelendiğinde cinsler, tuz konsantrasyonları ve bu iki unsurun etkileşimleri arasındaki farkın istatistikî olarak önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.35. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Klorofila+b. Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Tablosu

| Varyasyon Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Hata Kareler Ortalaması | F Değeri |     |
|-------------------|---------------------|-------------------------|----------|-----|
| Cins              | 4                   | 0.027                   | 0.0082   | **  |
| Hata-1            | 10                  | 0.004                   |          |     |
| Tuz Kon.          | 2                   | 0.046                   | 0.0000   | *** |
| CXT               | 8                   | 0.203                   | 0.0000   | *** |
| Hata-2            | 20                  | 0.003                   |          |     |
| Toplam            | 44                  |                         |          |     |

\*: p<0,05, \*\*: p<0,01 ve \*\*\*: p<0,001

Farklı tahıl cinslerinin değişik tuz konsantrasyonları altındaki bitkideki klorofila+b konsantrasyonuna ait ortalama değerler ve LSD karşılaştırma testine göre oluşmuş gruplar Çizelge 4.36’de yer almaktadır.

Çizelge 4.36. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında Klorofila+b. Konsantrasyonuna Ait Değerler ve LSD Karşılaştırma Testine Göre Oluşmuş Gruplar

| Cinsler            | Tuz Konsantrasyonları (mM NaCl) |         |         |          |
|--------------------|---------------------------------|---------|---------|----------|
|                    | 0                               | 100     | 150     | Ortalama |
| Buğday (ekmeklik)  | 1,58 g                          | 2,07 b  | 2,19 a  | 1,95 a   |
| Buğday(makarnalık) | 1,67 g                          | 1,93 de | 2,06 bc | 1,89 ab  |
| Arpa               | 2,14 cd                         | 1,96 d  | 1,59 g  | 1,90 b   |
| Yulaf              | 1,87 ef                         | 1,86 ef | 1,78 f  | 1,83 b   |
| Çavdar             | 2,11 ab                         | 1,59 g  | 2,14 ab | 1,95 a   |
| Ortalama           | 1,87 b                          | 1,88 b  | 1,95 a  | 1,90     |
| Çeşit              | 0,07                            |         |         |          |
| Tuz                | 0,04                            |         |         |          |
| İnt.               | 0,09                            |         |         |          |
| VK.                | 2,75                            |         |         |          |

Tuz konsantrasyonu arttıkça bitkideki klorofila+b konsantrasyonu artma eğilimi göstermiş olup, 100 ila 150 mM konsantrasyonlardaki değerler arasında istatistikî fark oluşmuştur. Farklı tahıl cinslerinin değişik tuz konsantrasyonundaki klorofil-a+b konsantrasyonu en yüksek (1,95 mg bit<sup>-1</sup>) ekmeklik buğdayda ve çavdarda gözlemlenirken en düşük konsantrasyon ise (1,83 mg bit<sup>-1</sup>) yine yulafta kaydedilmiştir.

Bu tez çerçevesinde yapılan denemelere benzer şekilde Lal, ve ark., (2007) buğday ve arpada 0, 40, 80 ve 160 mM NaCl'nin etkilerini su kültüründe çalışmışlardır. 80 mM NaCl uygulamasında stresin 4. günü yaş ürün ağırlığı, oransal bitki büyüme oranı, kök uzunluğu ve kök yüzey alanı sırasıyla %42, 62, 45 ve 51 oranında azalmıştır. Araştırmacılar arpanın genel olarak 80 mM NaCl'ü tolere edebildiğini, tuz stresinin 7. gününde bitki büyümesi hariç diğer bitki özelliklerinin etkilenmediğini bildirmişlerdir. NaCl'ün 160 mM'a artışı ile bitki pigmentleri hem buğdayda hem de arpada düşüş göstermiş, bunlar arasında en çok etkilenen klorofil olmuştur. 160 mM NaCl'ün 7 gün uygulanışı sonucu toplam klorofil içeriği buğdayda %57, arpada %33 düşmüştür. Benzer NaCl dozlarında arpada bitki büyümesi, kök gelişimi ve klorofil içeriği buğdaydan daha yüksek olmuştur

Lal, ve ark., (2007)'nin yaptığı araştırma sonuçlarına zıt bir şekilde yürütülen bu tez çalışmasında elde edilen veriler tuz dozunun artışı ile klorofil-a, klorofil-b ve klorofila+b miktarının yükseldiğini göstermektedir. Tuz dozunun artışı ile klorofil içeriğinin artışı tuz stresi sonucu oluşan büyümenin gerilemesi ile ilişkili olarak klorofil yoğunluğunun artışı olarak değerlendirilebilir.

#### **4.14. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Tuz Dozlarında İncelenen Özellikleri Arası Korelasyon Katsayıları ve Önem Seviyeleri**

Çalışma kapsamında incelenmiş özellikler arası yapılan korelasyon analizi ile ilgili bulgular Çizelge 4.39'da yer almaktadır.

Kökte Na konsantrasyonu arttıkça yeşil aksam kuru ağırlığı (YKA) azalmış olup, ilişki istatistiki olarak önemli çıkmıştır ( $r=-0,51$ ). Buna karşılık, kökteki gerek K, gerek Ca, gerekse bu elementlerin Na ile oranlarının YKA ile ilişkisi ise önemli ve olumlu olmuştur. Bununla birlikte yeşil aksamdaki K, Ca, K/Na, Ca/Na oranları arttıkça yine YKA da önemli düzeyde artış göstermiştir.

Yeşil aksamdaki Na (YNa) konsantrasyonu arttıkça, KNa azalmış olup, ilişki istatistiki olarak önemli çıkmıştır ( $r=-0,87$ ). Buna mukabil, YNa miktarının artışı ile kökteki gerek K, gerek Ca, gerek Ca/Na, gerekse K/Na oranları ile ilişkisi önemli ve olumsuz olmuştur. Bununla birlikte yeşil aksam Na konsantrasyonu (YNa) ile kökteki Na konsantrasyonu (KNa) arasındaki ilişki olumlu ve önemli olmuştur.

Yeşil aksamdaki K/Na oranı arttıkça yeşil aksam kuru madde üretimi artmış olup, ilişki istatistiki açıdan önemli olmuştur ( $r=0,47$ ). Bununla birlikte yeşil aksam K/Na oranı ile kök kuru ağırlığı, kök K, Ca konsantrasyonu, K/Na, Ca/Na oranları arasında olumlu yönde etkileşim bulunmuştur. Bununla beraber, yeşil aksamdaki K/Na oranı ile kök ve yeşil aksam Na konsantrasyonu arasında olumsuz ve önemli bir ilişki saptanmıştır.

Yeşil aksam kuru madde verimi ve kök kuru madde verimi ile yeşil aksam protein içeriği arasında olumlu yönde etkileşim saptanmış olup, etkileşim istatistiki açıdan önemlidir (sırasıyla;  $r=0,49$ ,  $r=0,59$ ). Buna karşılık, kök K, Ca, K/Na ve Ca/Na oranları ile yeşil aksam protein içeriği önemli derecede olumlu bir etkileşim sergilemiştir. Diğer yandan yeşil aksam protein içeriği ile yeşil aksam Na, K ve Ca konsantrasyonları arasında olumsuz yönde bir ilişki saptanmıştır.

Katalaz aktivitesi (Cat), yeşil aksam kuru madde verimi ( $r=-0,40$ ), kök K konsantrasyonu ( $r=-0,75$ ), kök K/Na oranı ( $r=-0,74$ ), yeşil aksam K/Na oranı ( $r=-0,79$ ), yeşil aksam K konsantrasyonu ( $r=-0,69$ ) ve yeşil aksam Ca/Na ( $r=-0,71$ ) oranı ile olumsuz yönde etkileşim göstermiş olup, etkileşim istatistiki açıdan önemli olmuştur. Diğer taraftan katalaz aktivitesi ile kök ve yeşil aksam Na konsantrasyonu ve askorbat peroksidaz enzim aktivitesi olumlu yönde etkileşim göstermiştir.

Askorbat peroksidaz (Asp) aktivitesi ile yeşil aksam kuru madde verimi ( $r=-0,87$ ), kök K konsantrasyonu ( $r=-0,61$ ), kök K/Na ( $r=-0,44$ ) oranı ve protein miktarı ( $r=-0,43$ ) arasında ters etkileşim saptanmış ve bu etkileşim istatistiki açıdan önemli olmuştur. Diğer yanda Asp aktivitesi ile kök K ( $r=-0,61$ ), Na ( $r=0,45$ ) ve yeşil aksam Ca ( $r=0,58$ ) konsantrasyonu arasındaki etkileşimler istatistiki olarak önemli olmuştur.

Lipit parçalanması ile yeşil aksam kuru madde verimi ( $r=-0,63$ ), kök K konsantrasyonu ( $r=-0,59$ ), protein miktarı ( $r=-0,68$ ) arasında etkileşim olduğu ve bu etkileşimin istatistiki açıdan önemli olduğu saptanmıştır. Diğer yandan yeşil aksamdaki lipit peroksidasyonunun kök Na ( $r=0,57$ ), yeşil aksam Na ( $r=0,45$ ), yeşil aksam Ca ( $r=0,48$ ) konsantrasyonları ile etkileşiminin istatistiki olarak önemli olduğu saptanmıştır.

Çizelg 4.37. Farklı Tahıl Cinslerinin Değişik Seviyedeki Tuz Yoğunluklarında İncelenen özellikler arası korelasyon katsayıları ve önem seviyeleri

|         | YKA       | KNa       | KK        | KCa       | KKNa      | KCaNa     | YNa       | YK        | YCa      | YKNa      | YCaNa     | Protein   | Asp      | Cat      | lipit | Kla      | Klb      |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-------|----------|----------|
| KNa     | -0,51 *** |           |           |           |           |           |           |           |          |           |           |           |          |          |       |          |          |
| KK      | 0,65 ***  | -0,93 *** |           |           |           |           |           |           |          |           |           |           |          |          |       |          |          |
| KCa     | 0,19      | -0,67 *** | 0,63 ***  |           |           |           |           |           |          |           |           |           |          |          |       |          |          |
| KKNa    | 0,58 ***  | -0,91 *** | 0,94 ***  | 0,69 ***  |           |           |           |           |          |           |           |           |          |          |       |          |          |
| KCaNa   | 0,50 ***  | -0,92 *** | 0,90 ***  | 0,82 ***  | 0,96 ***  |           |           |           |          |           |           |           |          |          |       |          |          |
| YNa     | -0,27     | 0,87 ***  | -0,74 *** | -0,62 *** | -0,79 *** | -0,81 *** |           |           |          |           |           |           |          |          |       |          |          |
| YK      | 0,04      | -0,54 *** | 0,46 **   | 0,58 ***  | 0,57 ***  | 0,62 ***  | -0,75 *** |           |          |           |           |           |          |          |       |          |          |
| YCa     | -0,32 *   | -0,28     | 0,18      | 0,65 ***  | 0,33 *    | 0,45 **   | -0,33 *   | 0,25      |          |           |           |           |          |          |       |          |          |
| YKNa    | 0,47 **   | -0,92 *** | 0,88 ***  | 0,73 ***  | 0,95 ***  | 0,96 ***  | -0,86 *** | 0,73 ***  | 0,34 *   |           |           |           |          |          |       |          |          |
| YCaNa   | 0,42 *    | -0,89 *** | 0,84 ***  | 0,78 ***  | 0,92 ***  | 0,96 ***  | -0,82 *** | 0,58 ***  | 0,54 *** | 0,92 ***  |           |           |          |          |       |          |          |
| Protein | 0,49 ***  | -0,63 *** | 0,59 ***  | 0,14      | 0,48 ***  | 0,42 **   | -0,49 *** | -0,04     | -0,08    | 0,45 **   | 0,41 **   |           |          |          |       |          |          |
| Asp     | -0,87 *** | 0,45 **   | -0,61 *** | -0,03     | -0,44 **  | -0,35 *   | 0,18      | -0,01     | 0,58 *** | -0,37 *   | -0,23     | -0,52 *** |          |          |       |          |          |
| Cat     | -0,40 **  | 0,84 ***  | -0,75 *** | -0,50 *** | -0,74 *** | -0,73 *** | 0,84 ***  | -0,69 *** | -0,06    | -0,79 *** | -0,71 *** | -0,43 **  | 0,39 **  |          |       |          |          |
| lipit   | -0,63 *** | 0,57 ***  | -0,59 *** | -0,01     | -0,44 **  | -0,36 *   | 0,45 **   | -0,11     | 0,48 *** | -0,42 **  | -0,33 *   | -0,68 *** | 0,76 *** | 0,54 *** |       |          |          |
| Kla     | -0,23     | 0,10      | -0,16     | -0,09     | -0,17     | -0,11     | 0,01      | 0,13      | 0,06     | -0,08     | -0,11     | -0,25     | 0,24     | 0,09     | 0,27  |          |          |
| Klb     | 0,10      | 0,06      | -0,05     | -0,10     | -0,10     | -0,06     | 0,12      | -0,13     | -0,06    | -0,08     | -0,10     | 0,01      | -0,08    | 0,20     | 0,09  | 0,74 *** |          |
| Klab    | -0,14     | 0,09      | -0,14     | -0,10     | -0,16     | -0,10     | 0,04      | 0,06      | 0,03     | -0,09     | -0,11     | -0,19     | 0,16     | 0,13     | 0,23  | 0,98 *** | 0,86 *** |

\*: p<0,05, \*\*: p<0,01 ve \*\*\*: p<0,001

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Farklı tahıl tür ve cinslerinde tuz stresine dayanıklılığın araştırılması ve tuz stresine karşı görülen farklı dayanıklılığın fizyolojik ve biyokimyasal mekanizmalarını ortaya koymak üzere yürütülen bu tez çalışması kapsamında şu sonuçlara varılmıştır.

- Tuz dozunun artışı yeşil aksam kuru madde verim azalmalarının şiddetlenmesine yol açmıştır. Farklı tahıl cins ve türlerinde tuz toksisitesinin bitkinin verimi üzerine etkileri farklı olmuştur. Bu sonuç, farklı tahılların stres koşulları altında tolerans mekanizmalarının farklı olabileceğini göstermektedir.
- Değişik tahıl çeşitlerinin tuz toksisitesine karşı farklı dayanıklılık göstermesi yeşil aksam Na konsantrasyonu ile ilişkili bulunmuştur. Bitkiye alınan Na'un önemli bir kısmının köklerde biriktirilip, yeşil aksama gidişinin sınırlandırılarak tuzun etkilerinden sakınma yoluna gidildiği saptanmıştır.
- K/Na ve Ca/Na oranının bitkilerin tuz stresine toleransının saptanmasında önemli ve kullanışlı bir parametreler olduğu ve bu parametrelerin tuza toleranslı tahıl tür ve çeşitlerinin seçilmesinde başarı ile kullanılabileceği bir kez daha teyit edilmiştir.
- Bitkilerde saptanan artan lipidperoksidasyon ve azalan protein içerikleri tuzluluğun membranlarda ve fotosentetik organellerde strüktürel zarara yol açtığına işaret etmektedir.
- Yeşil aksam ve kökte Na konsantrasyonunun artışı ile yeşil aksamda antioksidatif savunma mekanizmalarının işlevlerinin arttığı saptanmıştır. Yeşil aksam ve kök Na konsantrasyonu artışı ile katalaz ve askorbatperoksidaz enzim aktivitelerinde artışlar kaydedilmiştir.
- Bu çalışmanın sonuçları, tuz toleransının genetik ve biyokimyasal temelleriyle ilgili daha ileri düzeyde çalışmalar yapmak için gerekli temel bilgi ve sistemi sağlamaktadır.

## KAYNAKLAR

- Ahmadi, A., Eman, Y., Pessarakli, M. (2009). Response of Various Cultivars of Wheat and Maize to Salinity Stres. **Journal of Food Agriculture and Environment**, 7(1): 123-128.
- Arzani,A. (2008). Imporving Salinity Tolerance in Crop Plants: a Biotechnological View. In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant,44(5):373-383.
- Ashraf, MA., Ashraf, M., Ali, Q. (2010). Response of Two Genetically Giverse Wheat Cultivars to Salt Stress at Different Growth Stages: Leaf Lipid Peroxidation and Phenolik Contents. **Pakistan Journaly of Botany**, 42(1): 559-565.
- Azizpour, K., Shakiba, MR., Sima, NAKK., Alyari, H., Mogaddam, M., Efsandiari, E., Pessarakli, M. (2010). Physiological Response of Sprig Durum Wheat Genotypes to salnty. **Jornal of Plant Nutrition**, 33(69): 859-873.
- Bagcı, SA., Ekiz, H., Yilmaz, A. (2007). Salt Tolerance of Sixteen Wheat Genotypes During Seedling Growth. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, 31(6): 363-372.
- Brini, F., Amara, I., Feki, K., Hanin, M., Khoudi, H., Masmoudi, K. (2009). Physiological and Molecüler Analyses of Seedling of Two Tunisian Durum Wheat ( *Triticum Turigidum* L. Subsp Durum (Desf.)) Variaties Shoing Contrasting Tolarance to Salt Stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, 31(1): 145-154.
- Chen, Z., Cuin, TA., Zhaou, M., Twormey, A., Naidu, BP., Shiabala, S. (2007). Complatible Solute Accumulation and Stress-Mitigating Effects in Barley Genotypes Contrasting in their Salt Tolerance. **Journal of Experimental Botany**, 58(15-16): 4245-4255.
- Chen, ZH., Pottosin, II., Cuin, TA., Fuglsang, AT., Tester, M., Jha, D., Zepeda-Jazo, I., Zhou, MX., Palmgren, MG., Newman, JA., Shabala, S. (2007). Root Plasma

- Membrane Trasporters Controlling K/Na Homeostasis in Salt-Stressed Barley. **Plant Physiology**, 145(4): 1714-1725.
- Chen, ZH., Zhou, MX., Nwman, IA., Mendham, NJ., Zhang, GP., Shabala, S. (2007). Potassium and Sodium Relations in Salinised Barley tissues as a basis of differential Salt Tolerance. **Functional Plant Biology**, 34(2): 150-160.
- Cuin, TA., Betts, SA., Chalmandrier, R., Shabala, S. (2008). A root's Ability to Retain K<sup>+</sup> Correlates With Salt Tolerance in Wheath. **Journal of Experimental Botany**, 59(10): 2697-2706.
- Cuin, TA., Tian, Y., Betts, SA., Chalmandrier, R., Shabala, S. (2009). Lonic Relations and Osmotic Adjustment in Durum and Bread Wheat Under Saline Conditions. **Fuctionatl Plant Biology**, 36(12): 1110-1119.
- Cuin, TA., Tian, Y., Betts, SA., Chalmandrier, R., Shabala, S. (2009). Ionic Relation and Osmotic Adjustment in Durum and Bread Wheat Under Saline Conditions. **Functional Plant Biology**, 36(12): 1110-1119.
- Degl'Innocenti, E. , Hafsi, C. , Guindi, L. , Navari-Izzo, F. (2009). The Effect of salinity on Photosynthetic Activity in Potassium – Deficient Barley Species. **Journal of Plant Physiology**, 166(18): 1968-1981.
- Din, J., Khan, SU., Ali, I. (2008). Physiolgical Response of Wheat ( *Triticum aestivum* L. ) Varieties as Influenced by Salinity Stres. **Journal of Animal and Plant Sciences**, 18(4): 125-129.
- Ehsanzadeh, P, Nekooman, MS., Azhar, JN., Pourhadian, H., Shaydee, S. (2009). Growth, Chlorophyll, and Cations Concentration of Tetraploid Wheat on a Solution High in Sodium Chloride Salt: Hulled Versus Free-Thresing Genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, 32(1): 58-70.
- El-Tayeb, MA. (2005). Response of Barley Grains to the Interactive Effect of Salnity and Saclic Acid. *Plant Gowth Regulation*, 45(3): 215-224.
- Endiris, S. and Mohammed, M.J. (2007). Nutrient Acquistion and Yield Response of Barley Exposed to Salt Stress Under Different Levels of Potasium Nutrition.

International **Journal of Enviromental Science and Technology**, 4(3): 323-330.

Farooq, S. and Azam, F. (2007). Differences in Behavior of Salt Tolerant and Salt and Water Deficiency Tolerant Wheat Genotypes when Subjected to Various Salinity Levels. *Cereal Research Communications*, 35(1): 63-70.

Garg, BK. (1998). Role of Calcium in Plants Under Salt Stress. **Annals of Arid Zone**, 37(2): 107-118.

Genc, Y. , Tester, M. , McDonald, G.K. (2010). ,Calcium Requirement of Wheat in Saline and Non-Saline Conditions. **Plant and Soil**, 327(2): 331-345.

Genc, Y., Mcdonald, GK., Tester, M. (2007). Reassessment of Tissue Na<sup>+</sup> Concentration As a Criterion For Salinity Tolerance in Breat Wheat. **Plant Cell and Environment**, 30(11): 1486-1498.

Gene, Y., Mcdonald, GK., Tester, M. (2007). Reassessment of tissue Na<sup>+</sup> Concentration as a Eriterion for Salinity Tolerance in Bread Wheat. **Plant Cell and Environment**, 30(11): 1486-1498.

Grewal, HS. (2010). Water Uptake, Water Use Efficiency, Plant and Ionic Balance of Wheat, Barley, Canola and Ehickpea Plants on Sodik Vertosol with Variable Subsoil NaCl Salinity. *Agricultural Water Management*, 97(1): 148-156.

Hameed,A, Naseer,S., Iqbal,T., Syed,H., Haq,M.A. (2008). Effects of NaCl Salinity On Seedling Growth,Senescence , Catalese and Protease Activities in Two Wheat Genotypes Differing in Salt Tolerance.

Huang, J. and Redmann, FE. (1996). Carbon Balance of Cultivated and Wild Barley Under Salt Stress and Calsium Defficiency. *Photosythetic*, 32(1): 23-35.

Huang, Y.Z. , Zhang, G.P. , Wu, F.B., Chen, J.X., Xian, Y.P. (2006). Interaction of Salinity and Cadmium stresses on Antioxidant enzymes, Sodium and Cadmium accumulation in Four Barley Genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, 29(12): 2215-2225.

- Hunag, YZ., Zhang, GP., Wu, FB., Chen, JX., Zhou, MX. (2006). Differences in Physiological traits Among Salt-Stressed Barley Genotypes. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 37(3-4): 557-570.
- Islam, S., Malik, Al., Islam, AKMR., Colmer, TD. ( 2007). Salt Tolerance in a *Hordeum Marinum* – *Triticum Aestivum* Amphiploid and Its Parents. ***Journal of Experimental Botany***, 58(5): 1219-1229.
- James, R.A. , Munns, R. , Von Caemmerer, S. , Trejo, C. , Miller, C. , Condon, T. (2006). Photosynthetic Capacity is Related to the Cellular and Subcellular Partitioning of Na<sup>+</sup> , K<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> in Salt – Affected Barley and Durum Wheat. *Plant Cell and Environment*, 29(12): 2185-2197.
- James, RA., Von Caemmerer, S., Condon, AGT., Zwart, AB., Munns, R. (2008). Genetic Variation in Tolerance to the Osmotic Stress Component of Salinity in Durum Wheat. ***Functional Plant Biology***, 35(2): 111-123.
- Jafari, MHS., Kafi, M., Astarie, A. (2009) Interactive Effects of NaCl Induced Salinity, Calcium and Potassium on Physio-morphological Traits of Sorghum. ***Pakistan Journal of Botany***, 41(6): 3053-3063.
- Jin, XL., Huang, YZ., Zeng, FR., Zhou, MX., Zhang, GP. (2009). Genotypic Difference in Response of Peroxidase and Superoxide Dismutase Isoenzymes and Activities to Salt Stress in Barley. ***Acta Physiologiae Plantarum***, 31(6): 1103-1109.
- Kafi, M. (2009) The Effects of Salinity and Light on Photosynthesis, Respiration and Chlorophyll Fluorescence in Salt-Tolerant and Salt-Sensitive Wheat (*Triticum Aestivum* L.) Cultivars. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 11(5): 535-547.
- Katerji, N., Mastrorilli, M., van Hoorn, JW., Hamdy, A., Oweis, T. (2009). Durum Wheat and Barley Productivity in Saline Drought Environments. ***European Journal of Agronomy***, 31(1): 1-9.

- Khan, MA, Shirazi, Islam, E., Mumtaz, S., Shereen A., Ansari, RU., Ashraf, MY. (2009). Role of Proline, K/Na Ratio and Chlorophyll Content and Salt Tolerance of Wheat ( *Triticum Aestivum* L. ). **Pakistan Journal of Botany**, 41(2): 633-638.
- Khan, Ma., Yasmin, S., Ansari, R., Shirazi, MU., Ashraf, MY. (2007). Screening For Salt Tolerance in Wheat Genotypes At an Early Seedling Stage. **Pakistan Journal of botany**, 39(7): 2501-2509.
- Kim, SY., Lim, JH., Park, MR., Kim, YJ., Park, TI., Se, YW., Choi, KG., Yum, SJ. (2005). Enhanced Antioxidant Enzymes are Associated with Reduced Hydrogen Peroxide in barley Roots Under Saline Stress. **Journal of biochemistry and Molecular Biology**, 38(2): 218-224.
- Kook, HS., II Park, T., Khatoun, A., Rehman, S., Yun, SJ. (2009). Avoidance of Sodium Accumulation in the Shoot Confers Tolerance to Salt Stress in Cultivated Barley. **Pakistan Journal of Botany**, 41(4): 1751-1758.
- Lal, K., Goyai, SN., Seth, M., Sharma, PC., Swarup, A. (2007). , Effect of NaCl Concentration on Growth Root Photosynthetic Pigment in Wheat and Barley under Solution Culture. **Agrochimica**. 51 (4-5); 194-206.
- LATEF, AAA. , (2010). Changes of Antioxidant Enzymes in Salinity Tolerance Among Different Wheat Cultivars. **Cereal Research Communications**, 38(1): 43-55.
- Li, XY., Liu, JJ., Zhang, T., Lin, JX., Mu, CU. (2009). Physiological Responses and Adaptive Strategies of Wheat Seedlings to Salt and Alkali Stress. **Soil Science and Plant Nutrition**, 55(5): 680-684.
- Luna, C., Selfino, LG., Aris, C., Taleisnik, E. (2000). Oxidative Stress indicators as Selection Tools for Salt tolerance in *Chloris Gayana*. **Plant Breeding**, 119(4): 341-345.
- Mer, RK., Prajith, PK., Pandya, DH., Pandey, AN. (2000). Effect of Salt on Germination of Seeds Growth of Young Plants of *Hordeum Vulgare*,

Triticum Aestivum. **Journal of Agronomy and Crop Science-Zeitschrift fur Acker Und Pflanzbau**, 185(4):209-217.

- Munns, K., James, RA., Lauchli, A. (2006). Approaches to Increasing the Salt Tolerance of Wheat and Other Cereals. **Annual Meeting of the Society-for-Experimental-Biology**.
- Munns, R. (2002). Comparative Physiology of Salt and Water Stress. **Plant Cell and Environment**, 25(2): 239-250.
- Munns, R. and Tester, M. (2008). Mechanisms of Salinity Tolerance. **Annual Review of Plant biology**, 59: 651-681.
- Pandya, D.H. ,Mer, R.K. , Prajith, P.K. , Pandey, A.N. (2004). Effect of Salt Stress and Manganese Supply on Growth of Barley Seedlings. **Journal of Plant Nutrition**, 27(8): 1361-1379.
- Patel, IC., Patel, SR., Prajapati, DG., Patel, VC. (2007). Effect of Salinity on Physiological and Biochemical Changes of Wheat ( Triticum aestivum L. )Seed During Germination. **Plant Archives**, 7(2): 599-602.
- Raza, SH., Athar, HR., Ashraf, M., Hameed, A. (2007). Glycinebetaine-Induced Modulation of Antioxidant Enzymes Activities and I on Accumulation in Two Wheat. **Environmental and Experimental Botany**, 60(3): 368-376.
- Rojendran, K., Tester, M., Roy, SJ. (2009). Quantifying the there Main Components of Salinity Tolerance in Cereals. **Plant cell and Enviroment**, 32(3): 237-249.
- Ruan, YF., El-Hendawy, SE., Hu, FC., Schmidhalter, U. (2007). Differential Effect of Moderate Salinity on Growth and Ion Contents in the Mainstem and Subtillers of two Wheat Genotypes. **Soil Science and Plant Nurition**, 53(6): 782-791.
- Salim, M. (1991). Comparative Growth – Responses and Ionic Relations of 4 Cereals During Salt Stress. **Journal of Agronomy and Crop Science – Zeitscheift fur Acker Und Pflanzenbau**, 166(3): 204-209.

- Seckin. B., Turkan, I., Sekmen, A.H., Ozfidan, C. (2010), The Role of antioxidant Defense System at Differential Salt Tolerance of *Hordeum marinum* Huds. (sea barleygrass) and *Hordeum vulgare* L. (cultivated barley). **Enviromental and Experimantal Botany**, 69 (1): 76-85.
- Seckin. B., Turkan, I., Sekmen, AH., Ozfidan, C. (2010). The Role of Antioxidant Defense Systems at Differential Salt Tolerance of *Hordeum Marinum* huds. ( Sea Barley Grass ) and *Hordeum vulgare* L. ( Cultivated Barley ). **Enviromental and Experimental Botany**, 69(1): 76-85.
- Shabala, S., Shabala, S. , Cuin, T.A. , Pang, J.Y. , Percey, W. , Chen, Z.H. , Conn, S. , Eing, C. , Wenger, L.H. (2010). Aylem Ionic Relations and Salinity Tolerance in Barley. **Plant Journal**, 61(5): 839-853.
- Shafi, M., Bakht, J., Hassan, MJ., Raziuddin, M., Zhang, GP. (2009). Effect of Cadmium and Salinity Stress on Growth and Antioxidant Enzymes Activities of Wheat ( *Triticum Aestivum* L. ). **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, 82(6): 772-776.
- Sharma, SK. (1996). Effects of Salinity on uptake and Distribution of Na<sup>+</sup> and C- and K<sup>+</sup> in two Wheat Cultivars. **Biologia Plantarum**, 38(2): 261-267.
- Singh, D. and Sing, MK. (2008). Comparative Responses of Wheat (*Triticum Aestivum* L.) Cultivars Under Salinty Stress: Ionic Compossition. **Research on Crops**, 9(3): 540-543.
- Singh, D. and Sing, MK. (2008). Genetic Variation, Hertability, Growth and Ion Relation in Bread Wheat Under Salt Condition. **Research on Crops**, 9(3): 644-648.
- Tajbakhsh, M., Zhou, MX., Mendham, NJ. (2006). Physiological and Eytological Response of Salt-Tolerant Barley to Salnity During Germination and Early Growth. **Avustralian Journal of Experimental Agriculture**, 46(4): 555-562.

- Tamman, AA., Abou, Alhamd, MF., Hemeda, MM. (2008). Study of Salt Tolerance in Wheath ( *Triticum Aestivum* L. ) Cultivar Banysoft I. **Australian Journal of Crop Science**, 1(3): 115-125.
- Toker, C. , Gorham, J. , Cagirman, M.I. (2009). Cetain Ion accumulations in Barley Mutants Exposed to Drought and Salinity. **Turkish Journal of Field Crops**, 14(2): 162-169.
- Veselov, DS., Sharipova, GV., Akbiyarova, GR., Kudoyanova, GR. (2009). Fast growth Responses of Barley and Durum Wheat Plants to NaCl- and PEG-Treatment: Resolving the Relative Contributions of Water Deficiency and Ion Toxicity. *Plant Growth Regulation*, 58(1): 125-129.
- Widodo. , Patterson, J.H. , . Newbilgin, E. , Tester, M. , Basic, A. , Roessner, U. (2009). Metabolic Responses to Salt Stress of Barley ( *Hordeum Vulgare* L. ) cultivars, Sahara and Clipper, Which Differ in Salinity Tolerance. **Journal of Experimentantal Botany**, 60(14): 4089-4103.
- Yang, CW,. Wang, P., Li, CY., Shi, DC., Wang, DL. (2008). Comparason of Effects of Salt and Alkali Stresses on the Growth and Photosynthesis of Wheat. *Photosynthetica*, 46(1): 107-114.
- Yildiz, M. (2007). Two- Dimensional Electrophoretic Analisyis of Soluble Leaf Proteins of Salt-Sensitive (*Triticum aestivum*) and a Salt-Tolerant (T-Durum) Cultivar in Response to NaCl Stres. **Journal of Integrative Plant Biology**, 49(7): 975-981.
- Zhao, GQ., Ma, BL., Ren, CZ. (2007). Growth, Gas Exchange, Chloropyll Florescence and Ion Content of Naked Oat in Response to Salinity. **Crop Science**, 47(1): 123-131.
- Zhao, GQ., Ma, BL., Ren, CZ. (2009). Salinty Effects on Yield and Yield Components of Contrasting Naked Oat Genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, 32(10): 1619-1632.

Zheng, YH., Xu, XB., Wang, MY., Zheng, XH., Jiang, GM. (2009). Responses of Salt-Tolerant and Intolerant Wheat Genotypes to Sodium Chloride: Photosynthesis, Antioxidants Activities and Yield. **Photosynthetica**, 47(1): 87-94.

## TEŞEKKÜR

Çalışma süresince her konuda yardım ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Yrd.Doç.Dr. Sema KARANLIK'a sonsuz teşekkür ederim. Tezimin yürütülmesi ve değerlendirilmesi aşamasında desteğini gördüğüm hocam Yrd.Doç.Dr.Murat TİRYAKİOĞLU'na, tezimi hazırlama sürecinde sürekli yanımda olan Gülçin ARSLANOĞLU'na ve emeği geçen tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim. Her zaman maddi ve manevi olarak beni destekleyen sevgili annem, babam ve kardeşime sonsuz şükranlarımı sunarım.

## **ÖZGEÇMİŞ**

1984 yılında Yozgat’ın Bogazlıyan ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Bogazlıyanda tamamladı. 2003 yılında Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesine girdi. Aynı üniversiteden 2008 yılında mezun oldu. Ardından 2008 yılı içerisinde Toprak ve Bitki Besleme Anabilim Dalında yüksek lisansa başladı. Halen yüksek lisans öğrenimine devam etmekte.