

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

TUZLULUĞUN BAZI ÇELTİK
ÇEŞİT VE HATLARININ
ÇİMLENME İLE FİDE GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

M.Özgür TATAR

Tarla Bitkileri Anabilim Dalı
Bilim Dalı Kodu: 501.12.01
Sunuş Tarihi: 15.09.2006

Tez Danışmanı: Yard.DoçDr.Mithat Nuri GEVREK

Bornova-İzmir
2006

IV

M.Özgür TATAR tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak sunulan “Tuzluluğun Bazı Çeltik Çeşit ve Hatlarının Çimlenme ile Fide Gelişimi Üzerine Etkisi” başlıklı bu çalışma Ege Üniversitesi Lisans Üstü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 15.09.2006 tarihinde yapılan tez savunma sınavında, aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri :

İmza

Jüri Başkanı : Yard.Doç.Dr.Mithat N.GEVREK

Raportör Üye : Prof.Dr.Hasan SEPETOĞLU

Üye : Yard.Doç.Dr. Sezai DELİBACAK

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... gün ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Dr.Süleyman BORUZANLI
Enstitü Sekreteri

Prof.Dr.Emür HENDEN
Müdür

ÖZET

TUZLULUĞUN BAZI ÇELTİK
ÇEŞİT VE HATLARININ
ÇİMLENME İLE FİDE GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

TATAR, M.Özgür

Yüksek Lisans Tezi, Tarla Bitkileri Bölümü
Tez Yöneticisi: Yard.Doç.Dr.Mithat N. GEVREK
Eylül, 2006

Bu çalışma, Kiel Üniversitesi Bitki Besleme ve Toprak Bilimleri Enstitüsü ile Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümüne ait sera ve laboratuvarlarda yürütülmüştür. Yedi çeltik genotipinin çimlenme ve fide dönemlerinde tuzluluğa dayanıklılıklarının ve bazı fizyolojik reaksiyonlarının tespiti amacı ile 3 farklı tuz (NaCl) konsantrasyonunda (0, 30, 60 mmol L⁻¹) besin çözeltisi kullanılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, toplam kuru madde ağırlığındaki azalma IR31785(Hasas), Kral ve Demir çeşitlerinde en çok görülürken, IR4630(dayanıklı) ve Yavuz çeşitlerinde en az görülmüştür. Tuzluluk bitkilerin klorofil, Na⁺ ve K⁺ içeriklerini de etkilemiştir.

Anahtar Kelimeler: Çeltik, Tuzluluk, Klorofil, Sodyum, Potasyum

ABSTRACT

EFFECTS OF SALINITY ON GERMINATION AND SEEDLING STAGE OF SOME RICE GENOTYPES

TATAR, M.Özgür

Msc. Thesis, Department of Field Crops
Supervisor: Asst.Prof.Mithat N. GEVREK
September, 2006

This study was conducted on the green house and laboratories of Kiel University, Institute of Plant Nutrition and Soil Science and Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops. In order to determine tolerance levels and some physiological responses of seven rice genotypes to salinity for germination and seedling stages, nutrient solution cultures which include 3 different salt (NaCl) concentration (0, 30, 60 mmol L⁻¹) were used.

The results indicated that reduction of the total dry matter was more remarkable for IR31785(Sensitive), Kral and Demir while IR4630 (Tolerant) and Yavuz indicated less. Salinity also affected chlorophyll, Na⁺ and K⁺ content of plants.

Key Words: Rice, Salinity, Chlorophyll, Sodium, Potassium

VII

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Yard.Dr.Mithat N.GEVREK'e, çalışmamın her aşamasında yanımda olan Dr.Holger BRUCK'e (*University of Kiel, Institute of Plant Nutrition*) ve desteklerinden dolayı Prof.Dr.Metin ALTINBAŞ, Dr.Emre İLKER, Dr.Behçet KIR ve Zir.Müh.Çağlar ÖZALKAN'a ve manevi desteklerinden dolayı aileme sonsuz teşekkürlerimi borç bilirim.

Ayrıca bu araştırmayı maddi olarak destekleyen Ege Üniversitesi Rektörlüğü Araştırma Fonu Yönetim Kurulu'na da teşekkürlerimi sunarım.

VIII

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	V
ABSTRACT.....	VI
TEŞEKKÜR.....	VII
İÇİNDEKİLER.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XII
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	XIV
1.GİRİŞ.....	1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	6
2.1.Tuzluluk.....	5
2.1.1. Tuzluluğun Oluşumu.....	7
2.1.2.Tuzlu ve Alkali Toprakların Sınıflandırılması.....	9
2.1.3.Tuzlu Toprakların Dağılımı.....	10
2.1.4.Tuzlu Toprakların Islahı.....	12
2.1.5.Tuzlu ve Alkali Topraklarda Çeltik Tarımı.....	13
2.2.Tuzluluğun Fizyolojik Etkileri.....	14
2.2.1.Tuzluluğun Büyüme Üzerine Etkisi.....	15
2.2.2. Tuzluluğun Osmotik Potansiyel ve Su İlişkileri Üzerine Etkisi.....	16

IX

İÇİNDEKİLER (Devam)

2.2.3. Tuzluluğun Fotosentez ve Fotosentetik Pigmentler Üzerine Etkisi.....	22
2.2.4. Tuzluluğun Mineral Madde Alımına Etkisi	24
2.2.5. Tuzluluğun Antioksidatif Enzim Aktivitesi ve Antioksidanlar Üzerine Etkisi	28
2.2.6. Tuzluluğun Hormonlar Üzerine Etkisi	30
2.3. Bitkilerde Tuzluluğa Dayanıklılık Mekanizması.....	31
2.3.1. Tuz Miktarının Denetlenmesi	32
2.3.2. Tuza Tolerans.....	34
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	35
3.1. Materyal.....	35
3.1.1. Deneme Yeri ve Özellikleri.....	35
3.1.2. Bitki Materyali.....	36
3.2. Yöntem.....	36
3.2.1. Deneme Deseni.....	36
3.2.2. Kültürel İşlemler.....	37
3.2.3. Araştırmada İncelenen Özellikler.....	39
3.2.3.1. Kuru Madde Miktarı.....	39
3.2.3.2. Bitki Boyu.....	39
3.2.3.3. Kök Uzunluğu.....	39

İÇİNDEKİLER (Devam)

3.2.3.4.Kardeş ve Yaprak Sayısı.....	39
3.2.3.5.Klorofil a ve b miktarı.....	39
3.2.3.6. Na ⁺ ve K ⁺ Miktarı	40
3.2.3.7. Çimlenme Oranı	40
4.ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	41
4.1. Yaprak Kuru Madde Miktarı.....	42
4.2. Sap Kuru Madde Miktarı.....	44
4.3. Kök kuru Madde Miktarı.....	45
4.4. Toplam Kuru Madde Miktarı.....	48
4.5. Bitki Boyu.....	49
4.6. Kök Boyu.....	51
4.7. Kardeş Sayısı.....	53
4.8.Yaprak Sayısı.....	55
4.9. Klorofil Pigment Miktarı.....	57
4.10. Yaprakta Na ⁺ Miktarı.....	58
4.11. Kökte Na ⁺ Miktarı.....	59
4.12. Yaprakta K ⁺ Miktarı.....	61
4.13. Kökte K ⁺ Miktarı.....	62
4.14. Çimlenme Oranı.....	63

XI

İÇİNDEKİLER (Devam)

5.SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	65
6.YARARLANILAN KAYNAKLAR.....	68
ÖZGEÇMİŞ.....	78

XII

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1. Yüksek bitkilerde Na^+ taşınma mekanizması	25
2. Bitkilerde tuza dayanıklılık mekanizması	32
3. Çeltik bıkisinde tuzun bitki gövdesinden eliminasyon yolu ile atılması	33
4. Deneme yeri ve yetiştirme ortamları	35
5. Homojen olarak çimlenmiş tohumların aktarıldığı 5 L. kapasiteli saf su kapları	37
6. Çeltik fidelerinin 40 litre kapaiteli sıvı besin tanklarına yerleştirilmesi.	38
7. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde 60 mmol L^- tuzlulukda, kontrol koşullarına göre, yaprak KM mikt. oran. azalma	43
8. Çeltik bitkisinde 60 mmol L^- tuz seviyesinin yapraklar Üzerine etkisi	43
9. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde 60 mmol L^- tuzlulukda, kontrol koşullarına göre, sap KM mikt. orans. azalma	45
10. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde 60 mmol L^- tuzlulukda, kontrol koşullarına göre, kök KM mikt. orans. azalma	47
11. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde 60 mmol L^- tuzlulukda, kontrol koşullarına göre, toplam KM mikt. orans. azalma	49
12. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde 60 mmol L^- tuzlulukda, kontrol koşullarına göre, bitki boylarında orans. azalma	50
13. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde 60 mmol L^- tuzlulukda, kontrol koşullarına göre, kök boylarında orans. azalma	53

XIII

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devamı)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
14. Farklı tuz konsantrasyonlarındaki ortalama kardeş sayısına ait fonksiyon grafiği	53
15. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde 60 mmol L ⁻ tuzlulukda, kontrol koşullarına göre, kardeş sayılarında orans. azalma	55
16. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde 60 mmol L ⁻ tuzlulukda, kontrol koşullarına göre, yaprak sayılarında orans. azalma	56
17. Çeltik çeşitlerinin, fide dönemi ait, farklı tuz seviyelerinde, yaprak Na ⁺ içerikleri	58
18. Farklı tuz konsantrasyonlarındaki kök Na ⁺ miktarına ait fonksiyon grafiği	59
19. Çeltik çeşitlerinin, fide dönemi ait, farklı tuz seviyelerinde, kök Na ⁺ içerikleri	60
20. Çeltik çeşitlerinin, fide dönemi ait, farklı tuz seviyelerinde, yaprak K ⁺ içerikleri	61
21. Çeltik çeşitlerinin, fide dönemi ait, farklı tuz seviyelerinde, kök K ⁺ içerikleri	63
22. Çeltik çeşitlerinin, fide dönemi ait, farklı tuz seviyelerinde, çimlenme oranları	64

XIV

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
1. Serin ve sıcak iklim tahıllarının 2003 yılına ait dünya ekiliş alanı, üretim miktarı ve verimi	3
2. İçerdikleri tuzların konsantrasyonu ve saturasyon ekstraktının elektrik geçirgenliği değerine göre toprakların sınıflandırılm.	10
3. Dünyada farklı bölgelere göre tuzdan etkilenmiş alanların dağılımı	11
4. Türkiye topraklarının tuzluluk derecesi ve alanları	11
5. Farklı zaman dilimlerinde bitkilerin tuzluluğa karşı tepkimeleri	16
6. Denemede kullanılan yerli ve Türkiye’de ticari değere sahip çeşitler ve özellikleri	36
7. Denemede kullanılan sıvı besin ortamının kompozisyonu	39
8. Karakterlere ait varyans analiz tablosu F değerleri ve önem düzeyleri	41
9. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde, farklı tuz konsantrasyonlarındaki yaprak KM miktarı	42
10. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde, farklı tuz konsantrasyonlarındaki sap KM miktarı	44
11. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde, farklı tuz konsantrasyonlarındaki kök KM miktarı	46
12. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde, farklı tuz konsantrasyonlarındaki toplam KM miktarı	48
13. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde, farklı tuz konsantrasyonlarındaki bitki boyları	50

ÇİZELGELER DİZİNİ (DEVAM)

14. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde, farklı tuz konsantrasyonlarındaki kök boyları	52
15. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde, farklı tuz konsantrasyonlarındaki kardeş sayısı	54
16. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde, farklı tuz konsantrasyonlarındaki yaprak sayısı	56
17. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde, farklı tuz konsant. Klorofi a, b miktarı ile klorofil a/b oranı	57

1. GİRİŞ

Tuzluluk; özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde, yıkanarak yeraltı suyuna karışan çözünebilir tuzların, yüksek taban suyu ile birlikte, kapillarite yoluyla toprak yüzeyine çıkması ve buharlaşma sonucu bu bölgede birikmesi olarak tanımlanmaktadır (Ergene, 1982; Kwiatowski, 1998).

Tuzluluk, insanlık tarihinden öncelere dayanan bir sorun olmuştur. İlk insanlar yaşamlarını sürdürmek için yeni kaynaklar aramış, nehir kıyılarından kurak topraklara hareket etmişler ve tarımda sulama yöntemlerini kullanmaya başlamışlardır. Sulama uygulamalarıyla beraber insan eliyle gerçekleştirilen ilk çevresel sorun; tuzluluk ortaya çıkmıştır. Tuzlu topraklarla ilgili ilk yazılı kaynaklar M.Ö. 2400 yıllarına dayanıp, bugünkü Irak topraklarında, Tigris'in alüviyal ovalarında görülmüştür (Russel et al.,1965). Sulamaya bağlı oluşan ilk tuzlu topraklar, Sümerlerin kuzey-doğu bölgelerinde oluşmuştur. Tuzluluk sorununun, Antik Sümerlilerin çöküşünün nedenlerinden biri olarak düşünülmektedir (Jacobson and Adams, 1998).

Günümüzde ise dünyadaki kara yüzeylerinin yaklaşık 1/3'ünü kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinin oluşturduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte dünyada tuzlu, alkali ve tuzlu-alkali alanların 952 milyon hektar dolaylarında olduğu tahmin edilmektedir. Toprak-Su Genel Müdürlüğü'nün yaptığı incelemelere göre, ülkemizde eğim açısından tarıma uygun 1.517.695 hektar arazi çoraktır. Bu çorak arazinin %82'lik bölümünü, yani yaklaşık 1,2 milyon hektarlık bölümünü tuzlu ve tuzlu-alkali topraklar oluşturmaktadır. Ülkemizde tuzlu veya tuzlu-alkali alanların olduğu yöreler, Gediz, Menemen, Büyük Menderes, Konya ve Çumra Ovalarıyla, Seyhan, Ceyhan ve Doğu Akdeniz havzaları gibi en

verimli toprakların bulunduğu yerlerdir. Büyük çoğunluğunda aşırı sulama uygulanan bu bölgelerde, yeterli drenaj önlemi alınmadığından tuzluluk sorunu ortaya çıkmıştır (Açıkgöz ve Gevrek, 1992).

Tuzluluğun oluşmasında önemli faktörlerden biri topoğrafyadır. Kapalı havzalar genellikle tuzlulaşma eğilimindedir. Özellikle taban suyu akışını engelleyen geçirimsiz tabakalar, yüksek taban suyunun ve dolayısıyla tuzluluğun başta gelen sebeplerindendir (Ergene,1982; Terry, 1997). Okyanuslar ise daha çok sahil kesimlerinde ve okyanus kenarlarındaki delta ovalarında tuzluluğun kaynağıdır. Okyanusların tuzlu suyu, gel-git olayları, deniz serpintileri ve tuzlu suyun toprağa nüfuzu yoluyla bu topraklara ulaşır ve buharlaşma sonunda toprak yüzeyinde tuz birikmesi oluşur. Dünya üzerindeki tuzluluğun en önemli kaynağı ise ana materyaldir. Yüzey ve taban suyu akışı sırasında ana materyaldeki çözünebilir tuzların yeraltı ve yerüstü sularına karışması tuzluluğun temel kaynağı olarak düşünülmektedir. Ana materyalde tuz iki şekilde bulunur. Deniz orijinli kayalar; daha önce deniz tabanı olan ancak jeolojik olaylar sonucu suyu çekilen bölgelerde yıllarca tuzlu deniz suyuna maruz kalan kayalardır. Mineral ayrışmalar ise ana kayada bulunan tuzların, sular ve diğer bazı kimyasal ve fiziksel etkilerle ayrışmaları ile tuzluluğa sebep olurlar (Terry, 1997).

Tuzlu arazilerin tekrar tarıma kazandırılması için en uygun yöntem, tuzların yıkanarak drenaj kanallarıyla atılmasıdır. Toprak yüzeyinde göllendirilen, genelde bitkilerin kullanmak üzere ihtiyaç duyduğundan daha fazla miktardaki su, toprak içerisindeki aşağı ve yan hareketleri esnasında mevcut tuzları eritir ve beraberinde taşır. Ancak bu suyun atılması için drenaj kanallarının bulunmaması durumunda, zaten bir sorun oluşturan taban suyunu besleyerek daha kötü bir durum ortaya çıkabilmektedir (Agar, 1985).

Dünyada ekim alanı açısından buğdaydan sonra ikinci sırada bulunan çeltiğin (Çizelge 1) insan beslenmesindeki özelliklerinin yanı sıra yetiştirme özelliğinden dolayı tuzlu ve tuzlu-alkali toprakların ıslahındaki önemi tartışılmaz bir gerçektir. Gelişmekte olan ülkelerin en önemli, dünya nüfusunun yarısından fazlasının temel besin maddesi durumundaki çeltiğin (Sürek, 1994), söz konusu toprakların ıslahında kullanılmasının daha ekonomik olacağı kesindir (Beyce, 1962).

Çizelge 1. Serin ve Sıcak İklim Tahıllarının 2003 Yılına Ait Dünya Ekiliş alanı, Üretim Miktarı ve Verimi.

<i>Tahıl Cinsi</i>	<i>Ekiliş (1000 ha)</i>	<i>Üretim (1000 ton)</i>	<i>Verim (kg/ha)</i>
<i>Buğday</i>	<i>260.723</i>	<i>559.973</i>	<i>2.708</i>
<i>Arpa</i>	<i>57.091</i>	<i>141.360</i>	<i>2.476</i>
<i>Yulaf</i>	<i>12.098</i>	<i>26.241</i>	<i>2.184</i>
<i>Çavdar</i>	<i>6.734</i>	<i>14.677</i>	<i>2.179</i>
<i>Toplam</i>	<i>336.196</i>	<i>742.241</i>	
<i>Çeltik</i>	<i>148.945</i>	<i>583.111</i>	<i>3.914</i>
<i>Mısır</i>	<i>144.487</i>	<i>641.296</i>	<i>4.438</i>
<i>Darılar</i>	<i>37.886</i>	<i>33.798</i>	<i>892</i>
<i>Toplam</i>	<i>331.318</i>	<i>1.258.205</i>	

Kaynak: FAO, 2003.

Tuzlu toprakların ıslahı konusunda İzmir Menemen bölgesinde çalışmalar gerçekleştirilmiş ve olumlu sonuçlara ulaşılmıştır. Dünyanın çeşitli bölgelerinde bu konuyla ilgili çalışmalar yapılmış, çeltik bitkisinin tuzlu toprakların ıslahında etkili rolü kanıtlanmıştır. Ancak, büyüme ve gelişme devrelerinde, tuzluluğun çeltik bitkisine, sonuçta verimine olumsuz etkileri de saptanmıştır (Açıkgöz ve Gevrek, 1992).

Topraklardaki yüksek tuzluluk bitkileri iki şekilde etkilemektedir. Birincisi, bitkilerin toprak çözeltisinden su alımını engelleyen toplam tuz

etkisi veya osmotik etki, ikincisi ise bitkilerdeki bazı fizyolojik olayları etkileyen toksik iyon etkisidir (James et al., 1982). Yüksek tuz konsantrasyonunun bitkilerde oluşturduğu zarar temelde suyun osmotik olarak tutulmasından ve protoplazma üzerinde belli iyonların zarar oluşturmasından kaynaklanmaktadır. Çözeltideki tuz konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak doğrusal şekilde su potansiyeli azalır. Bunun bir sonucu olarak tuz konsantrasyonu arttıkça bitki daha az su alır. Ortamda Na^+ katyonunun, buna bağlı Cl^- ve SO_4^{2-} anyonlarının artması protoplazmada iyon dengesinin ($\text{K}^+ + \text{Ca}^{2+} / \text{Na}^+$) bozulmasına yol açar. Buna koşut olarak enzim aktivitesi azalırken, protein sentezi geriler, membran permeabilitesi azalır, kloroplast ve hücredeki öteki yapılar önemli derecede zarar görür. İyonlar arası dengenin bozulması tuzu oluşturan iyonlarla bitki besin elementleri arasında rekabete yol açarak tuz stresindeki bitkilerin bitki besin elementlerini yeterince alamamalarına neden olur. NaCl tuz seviyesinin yüksek olduğu topraklarda, bitkilerde özellikle NO_3^- , K^+ ve Ca^{2+} alımı önemli derecede azalır (Kacar ve ark., 2002; Taban ve Katkat, 2000).

Tuzluluğun bitki gelişiminde önemli zararlara neden olduğu göz önünde tutularak, ülkemizde geniş alanları etkilemekte olan tuzlu arazilerin, tekrar tarıma kazandırılması amacıyla, bu alanlarda çeltik tarımının uygulanmasının etkili ve ekonomik olacağı düşünülmektedir. Bununla birlikte, birçok bitkide olduğu gibi çeltik çeşitleri içinde çimlenme ve fide dönemindeki tuzluluğa toleransları bu genotiplerin tuzluluğa toleransları hakkında tam bir fikir verebildiği birçok uluslar arası çalışmada belirtilmiştir (Babu et al., 2005; Demiral and Türkan, 2005, Lutts et al., 1999). Bu nedenle, mevcut çalışmada, tuzluluğun bazı fizyolojik etkileri dikkate alınarak, ülkemizde yetiştirilmekte olan farklı ticari ve yerli çeşitler ile doğruluğu uluslararası çalışmalarda sınanmış (Asch and Wopereis, 2001; Asch et al., 2000), tuza dayanıklı ve hassas

genotiplerin erken gelişme dönemlerinde tuzluluğa tepkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında, ülkemiz koşullarına uygun tuza dayanıklı çeşitlerin tespit edilmesi ile tuza tolerans mekanizmasında rol aldığı düşünülen bazı fizyolojik parametrelerin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Tuzluluk

En önemli stres etmenlerinden biri olan toprak tuzluluğu, bitkilerde büyüme ve gelişmeyi, ürünün nitelik ve niceliğini olumsuz şekilde etkileyen faktörlerden birisidir. Bu olgu, dünyanın değişik ülkelerinde, özellikle de kurak ve yarı kurak alanlarda yetiştirilen kültür bitkilerinde görülmektedir (Kacar ve ark 2002; Kalaj and Pietkiewich, 1993). Yağışlı bölgelerde tuzlar yıkanarak yeraltı sularına karışır ve oradan akarsularla denizlere kadar ulaşır. Bu nedenle tuzlulaşma (salinizasyon) pratik olarak yağışlı bölgelerde görülmez. Toprakların deniz suyunun etkisinde kaldıkları nehir deltaları, denize yakın alçak araziler ve uygun drenaj sistemine sahip olmayan alanlar bunun dışında kalmaktadır. Kurak ve yarı kurak bölgelerde yağış azlığı nedeni ile tuzların yıkanması yok denecek düzeyde azdır. Evaporasyon nedeniyle su kaybının yüksek olduğu bu bölgelerde, toprakta ve toprak yüzeyinde tuzlar birikim göstermektedir. İyi drenaj sağlanmadan yapılacak sulama, tuzluluğun artmasına neden olan bir diğer etmendir. Sulama suyunda ve taban suyunda bulunan tuzlar da zaman içerisinde toprak yüzeyine çıkarak tuzluluğun artmasına yol açmaktadır. Su geçirgenliğinin az ve taban suyu düzeyinin yüksek olması durumunda da tuz birikimi olur. Taban suyunun yüksekliği ise genellikle topografya ile ilgilidir. Drenaj yolları iyi oluşmamış kapalı havzalarda etraftaki yüksek araziden sızan sular alçak yerlerde toplanarak taban suyu düzeyini yükseltir. Tuzlu taban suyunun yukarı hareketi ve yüzey suyunun buharlaşarak yitmesi tuzlu toprakların oluşumuna zemin hazırlamaktadır (Kacar ve ark, 2002).

Tuzlu topraklarda en fazla bulunan katyonlar Na^+ , Ca^{2+} ve Mg^{2+} katyonlarıdır. Genellikle az miktarda K^+ katyonuna rastlanır. Tuzlu topraklarda en fazla rastlanan anyonlar ise Cl^- ve SO_4^{2-} anyonlarıdır.

Nadiren de olsa HCO_3^- , CO_3^{2-} ve NO_3^- anyonları bulunabilir (Ergene, 1982; Terry, 1997). Bunlar arasında bitki gelişiminde olumsuz etkiye sahip en yaygın toprak tuzluluğu Na^+ ve Cl^- dan kaynaklanmaktadır (Tester and Davenport, 2003).

2.1.1. Tuzluluğun Oluşumu

Tuzlar, yağmur sularında, toprak profilinde, yeraltı sularında ve sulama suyunda bulunabilirler. Yağmur suyu genellikle $10\text{-}30 \text{ mg L}^{-1}$, bazen de 50 mg L^{-1} (yaklaşık 1 mM L^{-1}) üzerinde tuz içeriğine sahiptir. Atmosferik tuzların coğrafi dağılımına bakıldığında ise, kıyı bölgelerinden uzaklaştıkça arttığı görülmektedir. Bu çerçevede yağmur suyunun tuz içeriği 10 mg L^{-1} olarak kabul edilmektedir. Yıllık yağışın 100 mm olduğu kabul edildiğinde, toprağa 10 kg ha^{-1} tuz yağışlar ile eklenmiş olur (Ghassemi et al., 1995).

Toprak ve sudaki toplam çözünebilir maddelerin konsantrasyonuna bağlı olarak oluşan tuzluluk, doğal yollar ile veya insan etkisiyle artabilmektedir. Doğal ve insan etkisi ile oluşan tuzluluk, birincil ve ikincil tuzluluk olarak da adlandırılmaktadır. Topraklarda birincil tuzluluk belli bir bölgede tuzların birikimine neden olan çeşitli doğal olayların uzun süreli etkileri sonucunda oluşurlar. Tuzların birikimi, aşınma sonucu oluşan minerallerin uzun dönemde bir bölgede toplanmaları veya toprakların bir anda deniz suyu altında kalması ile de gerçekleşebilmektedir. Birincil tuzluluk, kıtalar arasında geniş dağılım göstermektedir. Szabolcs (1989) çalışmalarında Avrupa, Asya, Afrika, Amerika ve Avustralya kıtalarındaki birçok ülkedeki bu toprakların dağılımı ve özellikleri ile bilgi vermiştir. Bu çalışmalardan alınan bilgilere göre dünya yüzeyinde birincil tuzluluktan etkilenmiş topraklar yaklaşık 955 milyon ha civarındadır (Ghassemi et al., 1995).

İkincil tuzluluk ise sulama gibi insanlar tarafından gerçekleştirilen, doğal sürecin dışındaki olaylar neticesinde toprak ve/veya yeraltı sularında tuzların birikmesi sonucunda oluşur. Doğal sürecin dışında taşınan bu sular taban suyunun yükselmesine neden olur. Taban suyu toprak yüzeyine yaklaştığında, su buharlaşarak tuzların toprak yüzeyinde birikmesine neden olur. Taşınabilir bu tuzlar su yolları doğrultusunda yatay ve dikey hareketleri ile tuzluluğun artmasına neden olurlar (Ghassemi at al., 1995).

Okyanuslar; daha çok sahil kesimlerindeki ve okyanus kenarlarındaki delta ovalarında tuzluluğun kaynağıdır. Okyanusların tuzlu suyu, gel-git olayları, deniz serpintileri ve tuzlu suyun arazilere nüfuzu yoluyla bu topraklara ulaşır ve buharlaşma sonunda toprak yüzeyinde tuz birikmesine neden olur (Terry, 1997).

Dünya üzerindeki tuzluluğun en önemli kaynağı ise ana materyaldir. Zira yüzey ve taban suyu akışı sırasında ana materyaldeki çözünebilir tuzların yeraltı ve yerüstü sularına karışması tuzluluğun temel kaynağı olarak görülmektedir. Ana materyal ile tuzluluk iki şekilde gerçekleşmektedir. Bunlar, daha önce deniz tabanı olan ancak jeolojik olaylar sonucu suyu çekilen bölgelerdeki yıllarca tuzlu deniz suyuna maruz kalan deniz orijinli kayalar ve ana kayada bulunan tuzların sular ve bazı kimyasal, fiziksel etkiler sonucu mineral ayrışmaları sonucu şeklindedir (Terry, 1997).

Tuzluluğun oluşmasında önemli bir faktör de topografyadır. Kapalı havzalar genellikle tuzlulaşma eğilimindedir. Özellikle taban suyu akışını engelleyen geçirimsiz tabakalar yüksek taban suyunun ve dolayısıyla tuzluluğun başta gelen nedenlerindendir (Ergene,1982; Terry, 1997).

Tuzluluk daha çok kurak ve yarı kurak bölgelerde sorun olmaktadır. Zira yağışlı bölgelerde fazla yağışla yeraltı suyuna iletilen tuzlar akarsularla denizlere ulaştırılır. Ancak kurak ve yarı kurak bölgelerde tuzların yıkanması ve taban suyuna karışması yetersiz yağış nedeniyle mümkün değildir ve çoğu zaman yeraltı suları açık denizlere kadar ulaşamamaktadır. Bunun sonucunda da lokal kapalı havzalar meydana gelmektedir. Ayrıca buharlaşmanın fazla olması, kurak ve yarı kurak bölgelerdeki tuzluluğun en önemli nedenlerindendir (Ergene, 1982).

2.1.2. Tuzlu ve Alkali Toprakların Sınıflandırılması

Amerika Birleşik Devletleri Riverside Bölge Tuzluluk Laboratuvarının yapmış olduğu sınıflandırmada, bu toprakların özellikleri aşağıda belirtildiği gibidir (Açıkgöz ve Gevrek, 1989; Anonim, 1954):

Tuzlu topraklar, fazla miktarda eriyebilir tuz içermektedirler. Saturasyon ekstraktının 25 °C' deki elektrik geçirgenliği 4 mmhos/cm'den büyük, değişebilir Na^+ yüzdesi 15'den azdır. Genellikle pH'ları 8,5'den düşüktür. Yapılarında egemen olan katyon Na^+ dur. Değişik miktarlarda Ca^{2+} , Mg^{2+} ve çok az miktarda da K^+ içerirler. Anyonlardan en çok bulunanlar Cl^- ve SO_4^{2-} dır. Az miktarda HCO_3^- ve NO_3^- içerirler. Genellikle CO_3^{2-} bulunmaz. Tuzlu topraklar yazın kurak dönemlerde, toprak yüzeyinde oluşan beyaz tuz tabakaları ile ayırt edilirler.

Tuzlu-alkali topraklar, saturasyon ekstraktının elektrik geçirgenliği 25 °C' de 4 mmhos/cm'den fazla ve değişebilir Na^+ yüzdesi 15'den büyüktür. Bu tip topraklar tuzlulaşma ve alkalileşme olaylarının birlikte gerçekleşmesi sonucu oluşurlar. Görünüşleri ve özellikleri bakımından tuzlu topraklara benzerler. pH değeri 8,5'in üzerindedir.

Tuzsuz-alkali topraklar, 25 °C' de saturasyon ekstraktının elektrik geçirgenliği 4 mmhos/cm'den küçük, değişebilir Na^+ yüzdesi 15'den büyüktür. pH genellikle 8,5-10 arasındadır.

Tuzlu topraklar içerdikleri tuzların konsantrasyonu ve saturasyon ekstraktının elektrik geçirgenliği değerine göre dört sınıfa ayrılırlar (Çizelge 2) (Kafalıoğlu, 1985; Anonim, 1951).

Çizelge 2. İçerdikleri tuzların konsantrasyonu ve saturasyon ekstraktının elektrik geçirgenliği değerine göre toprakların sınıflandırılması.

Tuzluluk Derecesi	Tuz Oranı (%)	Saturasyon Ekstraktının E.C. değeri (mmhos/cm)
Tuzluluk yok	0-0,15	0-4
Hafif tuzluluk	0,15-0,35	4-8
Orta derecede tuzluluk	0,35-0,65	8-15
Kuvvetli tuzluluk	0,65'den büyük	15'den büyük

2.1.3. Tuzlu Toprakların Dağılımı

Daha fazla yiyecek talep eden ve sürekli artan bir nüfus ile verimli arazilerin bozulmasının aynı zamanda ortaya çıkması, çorak toprakların oluşumunda insan faktörünün önemini ortaya koymaktadır. Kurak ve yarı kurak bölgeler dünyadaki toplam alanın yaklaşık %46' sını kaplamaktadır. Bu bölgelerde sulanan alanların yaklaşık % 50' sinde ise değişik düzeylerde tuzluluk sorunu bulunmaktadır. FAO/UNESCO tarafından hazırlanan raporlara göre, dünya toprak haritası verilerine dayanarak, dünya genelinde 954 milyon hektar tuzdan etkilenmiş ve üretkenliği kısıtlanmış toprak bulunduğu bildirilmektedir. Bu tip sorunlu topraklar, Afrika' da 80.5 milyon, Avrupa' da 50.8 milyon, Avustralya' da

357.3 milyon, Amerika' da 146.9 milyon ve Asya kıtasında 319.3 milyon hektar alan kaplamaktadır (Sönmez, 2003).

Çizelge 3. Dünyada farklı bölgelere göre tuzdan etkilenmiş alanların dağılımı

Bölge	Alan (milyon ha.)
Kuzey Amerika	15,7
Meksika ve Orta Amerika	2,0
Güney Amerika	129,2
Afrika	80,5
Güney Asya	87,6
Kuzey ve Orta Asya	211,7
Güneydoğu Asya	20,0
Avustralya	357,3
Avrupa	50,8
Toplam	954,8

Kaynak: Pessarakli and Szabolcs (1997).

Ülkemiz yüzölçümünün % 2'sine, toplam işlenen arazilerinin (27 699 003 ha) % 5.48' ine, 8.5 milyon hektarlık ekonomik sulanabilir arazinin % 17'sine eşdeğer büyüklükte çorak alan bulunurken, toplam çorak alanların % 74'ü tuzlu, % 25.5'i tuzlu-alkali ve % 0.5'i alkali topraklardan oluşmaktadır. Çorak toprakların büyük bir kısmını tuzlu

Çizelge 4. Türkiye Topraklarının Tuzluluk Derecesi ve Alanları

Tuzluluk derecesi	Alan (ha)	Toplamdaki %'si
Hafif Tuzlu	614.617	41
Tuzlu	504.603	33
Alkali	8.641	0,5
Hafif Tuzlu Alkali	125.863	8
Tuzlu Alkali	264.958	17,5
Toplam	1.518.722	100

topraklar oluşturduğu görülmektedir. Türkiye Arazi Varlığı Envanterine göre Türkiye’de 2.775.115 ha alanda yaşlık (drenaj) sorunu bulunmaktadır. Toplam miktara göre 1.689.358 ha. alan yetersiz drenajlı, 776.312 ha alan fena drenajlı, 283.381 ha alan bozuk drenajlı, 26.064 ha alan aşırı drenajlıdır (Sönmez, 2003).

2.1.4. Tuzlu Toprakların Islahı

Hızlı nüfus artışı ve gıda maddelerine talebin artması ile tarımsal üretim için tuzlu topraklar gibi marjinal alanların kullanımına gereksinim duyulmaya başlanmıştır. Bu toprakların tarım alanlarına katılması ile birlikte bu alanların ıslahı da gündeme gelmiştir.

Tuzlu toprakların ıslahı için farklı teknikler uygulanmaktadır. Tuzlu topraklar genellikle sulama ve drenaj sistemleri ile tuzun uzaklaştırılması ile ıslah edilmektedir. Bunun yanında alkali toprakların ıslahı yıkama sürecinden sonra çeşitli kimyasal iyileştiricilerin kullanılmasını gerektirmektedir (Per ssarakali and Szabolc, 1997). Tuzluluğu engellenmesi, sulu ve kuru alanlar için birbirinden farklı yöntemleri gerektirmektedir. Bunun yanında uygulanacak yöntemler olanaklara göre de çeşitlilik göstermektedir (Ghassemi et al., 1995).

Millette ve ark. (1993)’nın yaptıkları araştırma sonuçlarına göre, tuzlu toprakların ıslahında sulama ve drenaj sistemlerinin kullanılması en yaygın yöntem olarak saptanmıştır. Bunun yanında ıslah amacı ile gerçekleştirilen farklı drenaj sistemleri de söz konusudur. Bunlardan yüzey drenajı; suyun toprak yüzeyinden arklara ve su yollarına akışını sağlamak için toprağa şekil vererek fazla suyun taşınması şeklinde gerçekleştirilir. Tarım alanlarında oluşan fazla su, aşırı sulamadan, yağışlardan ve toprağın ge irimsizliğinden kaynaklanabilmektedir. Yüzey drenajı bu koşulların tümünde kullanılabilmektedir

(Ghassemi et al., 1995). Fazla suyun drenaj kanalları ile uzaklaştırılması sadece sürekli yemlik alanları, çayır ve otlaklar için söz konusudur. Çünkü bu sistem yalnız toprak kaybına değil, aynı zamanda tarlada yapılacak işlerinde güçleşmesine neden olmaktadır. Ancak fazla suların yeteri kadar uzaklaştırılamadığı durumlar bu sistemin uygulanmasını zorunlu kılar. Bunun yanında yeraltından künklerle fazla suyun drene edilmesi mümkündür. Bu sistemde toprağın türü, yağışların sayısı ve yoğunluğu, uzaklaştırılacak suyun miktarı, yetiştirilecek bitkiler ve istenen taban suyunun derinliği hesaba katılmalıdır (Ceylan, 1994).

2.1.5. Tuzlu ve Alkali Topraklarda Çeltik Tarımı

Tuzlu ve alkali toprakların ıslahında, jips uygulaması ve bölge koşullarına uygun tuza toleranslı bitkilerin rotasyonu uygulanabilecek yöntemler arasında yer almaktadır. Tuzlu koşullarda çeltik tarımı yapmak için de bu koşullara dayanıklı çeltik çeşitlerinin ıslah edilmesi ile uygun yetiştirme tekniği kullanımı ve bu özelliklerdeki topraklarda iyileştirici uygulamaların gerçekleştirilmesi de gerekmektedir. Bunların yanında verim arttırıcı uygulamaların ekonomik sınırlılığı da göz önünde tutulmalıdır.

Beşer (2006)'nın tuzlu ve alkali topraklarda çeltik tarımındaki önerileri doğrultusunda, tuzlu ve alkali topraklarda çeltik tarımı için aşağıdaki konular önerilmektedir.

1. Ekimden önce tuzları uzaklaştırmak için temiz su ile yıkama yapılması.
2. Toprak tesviyesi yapılması.
3. Toprak yapısı, geçirgenliği ve pH değerini iyileştirmek için kavuz, sap, kompost ve yeşil gübre gibi organik maddelerin ilave edilmesi.

4. Jips gibi toprak ıslah edici maddelerin kullanılması.
5. Uygun gübreleme tekniği uygulanması (Azotlu gübrelemenin birkaç defe da verilmesi, alkali topraklarda % 25 daha fazla oranda azot kullanımı, çinko, demir eksikliğinin giderilmesi vb).
6. Tuzluluğa ve alkaliliğe toleranslı çeşitlerin kullanılması.
7. Tuzluluk, alkalilik etkisinin çok yüksek olmadığı alanlarda fazla miktarda tohumluk kullanılması, etkinin daha fazla olduğu yerlerde tohum ekimi yerine fide dikimi ile üretim yapılması.
8. Tuzlu veya alkali nitelikteki sulama suyunu çeltiğin hassas dönemlerinde kullanılmasından kaçınılması. Belirtilen uygulamaların ekonomiklik sınırlarına göre, tuzlu ve alkali koşullarında çeltik tarımı yapılabilmektedir.

2.2. Tuzluluğun Fizyolojik Etkileri

Toprakta veya suda meydana gelen tuzluluk en yaygın stres faktörüdür. Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde bitkisel üretim miktarını önemli düzeyde düşürmektedir (Shannon, 1998). Tuzluluğun bitki gelişimine olumsuz etkisi; kök çevresindeki toprak çözeltisinin düşük osmotik potansiyeli (su stresi), besin alımında oluşan dengesizlikler, spesifik iyon etkisi (tuz stresi), yada bu faktörlerin kombinasyonu ile ilişkilidir (Ashraf, 1994a; Marschner 1995).

Doğadaki tuzluluk stresinin kaynağı genellikle Na^+ iyonu ve özellikle NaCl olarak bilinmektedir. Halofit (*halophyte*), kelime olarak tuz bitkisi anlamına gelmekte ise de yüksek Na^+ konsantrasyona sahip tuzlu koşullarda gelişimini devam ettirebilen bitki anlamında kullanılmaktadır. Tuzlu koşullarda normal gelişimini devam ettiremeyen bitkilere ise Glikofit (*glycophyte*) adı verilmektedir. Bunun yanında tuza toleranslılıkları açısından geniş çeşitlilik gösteren Halofitler, aşırı

tuzluluk koşullarında yetişebilen Öhalofitler (*euhalophytes*) ve orta derecede tuzlulukta yetişebilen Oligohalofitler (*oligohalophytes*) olarak ikiye ayrılmaktadır. Düşük tuzlu ve tuzluluğun olmadığı koşullarda normal gelişimi sürdürenlere Fakültatif Halofitler (*facultative halophytes*), sadece tuzlu koşullarda yaşamını sürdürebilenler ise Obligatif Halofitler (*obligate halophytes*) olarak da adlandırılmaktadır (Levitt, 1972).

Tuzluluk stresine karşı dayanıklılık seviyesinde türler ve çeşitler arasında büyük ölçüde farklılıklar gözlemlenirken, bitkinin farklı büyüme ve gelişme dönemlerinde de farklılıkların olduğu belirtilmektedir. Çeltik bitkisi genç fide ve çiçeklenme döneminde tuza en yüksek oranda hassas iken, kardeşlenme döneminde daha yüksek dayanıklılık göstermektedir (Lutts et al., 1996).

2.2.1. Tuzluluğun Büyüme Üzerine Etkisi

Yapraklar tuzluluktan ilk etkilenen bitki organlarıdır. Tuzluluğun etkisi ile birlikte saatler hatta dakikalar ile tanımlanan süre içerisinde yaprak gelişmesinde ani bir düşüş gözlemlenmektedir. Bunun yanında yüksek tuzluluk koşullarında kök gelişmesinde de hızlı ve önemli bir gerileme görülmekle beraber yapraklara göre, farklı osmotik düzenleyicilerin birikimi ile daha yüksek uyum gösterebilmektedirler. Bitkilerin tuzluluğa karşı göstermiş oldukları bu ilk reaksiyon sadece tuzluluk stresine ait özel bir tepkime olmayıp, kök çevresindeki osmotik potansiyel ve hücre su ilişkilerinden kaynaklanan su stresinde de görülmektedir (Munns, 2002). Tuzluluğun özel etkisi yetiştirme ortamında yeterli Ca^{+} olmaması durumunda kök gelişiminde önemli gerilemeye neden olarak ortaya çıkmaktadır (Cramer ve Lauchli, 1986).

Çizelge 5. Farklı zaman dilimlerinde bitkilerin tuzluluğa karşı tepkileri (Munns, 2002).

Zaman	Su Stresi Etkileri	Özel Tuz Etkisi
	(Tuzluluğa toleranslı bitki gelişiminde gözlemlenen etkiler)	(Tuzluluğa hassas bitki gelişiminde gözlemlenen etkiler)
Dakikalar	Yaprak ve kök gelişim oranında ani düşüş ve sonrasında kısmi adaptasyon	
Saatler	Yaprak ve kök gelişiminde devamlı düşüş	
Günler	Yaprak gelişiminde kök gelişime oranla daha fazla etkilenmesi	Yaşlı yapraklarda görünür etkiler
Haftalar	Yaprakların ve/veya yan sürgünlerin son halini alması	Yaşlı yaprakların ölür
Aylar	Çiçeklenme zamanının etkilenmesi, tohum üretimindeki düşüş	Genç yaprakların ölür. Bitki ölümü gelişim tamamlanmadan gerçekleşebilir.

2.2.2. Tuzluluğun Osmotik Potansiyel ve Su İlişkileri Üzerine Etkisi

Toprak çözeltisindeki yüksek iyon içeriğinden kaynaklanan ve kökler tarafından su alınımının engellenmesine neden olan tuzluluğun ilk etkilerine karşı, bitkiler tarafından osmotik potansiyelin dengelenmesi amacıyla, bazı inorganik iyonların veya düşük moleküler ağırlığa sahip organik bileşiklerin birikimi gözlenmektedir. Tuzlu koşullar altında gelişen yüksek bitkilerde bu aktivitelerin büyük önem taşımasının yanında, bitkiye sağladıkları göreceli katkıları türler, çeşitler, hatta aynı bitkinin farklı bölgelerine göre değişiklik göstermektedir (Greenway and Munns, 1980). Genellikle yüksek bitkilerde bulunan uygun osmotik düzenleyiciler düşük moleküler ağırlığa sahip şekerler, organik asitler, filoller, aminoasit ve amid gibi azot içeren bileşikler ve proteinlerdir (Ashraf and Haris, 2005).

Cram (1976), araştırmalarında şekerlerin, tuzluluk stresi etkisi altında kalan glikofitlerde farklı osmotik düzenleyiciler arasında, toplam osmotik potansiyelin %50'sinden fazlasına katkıda bulunduğunu saptanmıştır. Birçok araştırmada çözünebilir karbonhidratların

akümülayonun CO₂ asimilasyon oranını düşürmesine rağmen, tuzluluk ve kuraklık stresine karşı bitkilerin bir tepkimesi olduğu belirtilmiştir.

Garcia ve ark.(1997), iki farklı çeltik çeşidinin, değişik tuzluluk seviyesine sahip su kültürü koşullarında yetiştirilmesiyle elde ettikleri, 4 haftalık fideler üzerinde osmotik düzenleyici olarak görev yaptığı düşündükleri çeşitli karbonhidrat, filol ve aminoasit miktarlarını incelemiştir. Elde ettikleri sonuçlara göre trehaloz başta olmak üzere çeşitli karbonhidratların osmotik düzenleyici olarak görev yaptıklarını tespit etmişlerdir.

Maiale ve ark.(2004), farklı tuzluluk toleransına sahip iki çeltik çeşidini (Giza 181 A, El Paso 144), 40 gün süresince kum-perlit (1:1) karışımı içerisinde, besin solüsyonu ile sulayarak yetiştirmişler, daha sonra 3 hafta boyunca besin çözeltisine 100 mM/L NaCl eklemiştir. Elde edilen bitkiler üzerinde yapılan çeşitli analizler sonucunda putresin akümülayonun tuzluluk stresinin başlaması ile birlikte, ilk saatler içerisinde hızla arttığını kaydetmişlerdir.

Bunun yanında çeşitli aminoasitlerin de tuzlu koşullar altında akümülayonlarının arttığı tespit edilmiştir (Mansour, 2000; Jones, 1981, Ashraf, 1994b). Tuzluluğa karşı reaksiyon olarak akümüle edilen bu aminoasitler arasında, alanin, arginin, glisin, serin, lösin ve valin, prolin, sitrulin, ornitin yer aldığı belirtilmiştir (Mansour, 2000; Rabe, 1990). Aynı zamanda glutamin ve aspargin gibi amidlerin de tuzluluk stresinde birikiminin arttığı gözlemlenmiştir. Ayçiçeği ve mercimek ile yapılan çalışmalarda, yapraklardaki toplam serbest aminoasit miktarının tuza toleranslı çeşitlerde hassas çeşitlere göre daha yüksek olduğu saptanmıştır (Ashraf and Tufail, 1995; Hurkman et al,1991).

Bunlar arasında proline, tuzluluk stresindeki bitkilerde diğer aminoasitlere göre daha yüksek oranda akümüle edildiği belirlenmiştir. Prolin akümülyasyonun tuzluluk stresi altında birçok monokotilidon bitki için yaygın bir karakteristik özellik olduğu belirtilirken, arpa fidelerinde NaCl'den kaynaklanan stres koşullarının prolin akümülyasyonun da önemli bir değişiklik olmadığı saptanmıştır (Ashraf and Haris, 2005). Prolin akümülyasyonun tuzluluğa tolerans mekanizmasında rolü olduğuna dair çeşitli bitkiler üzerinde yapılmış çalışmalara ait sonuçlar bulunmasının yanında, sadece tuzluluğa karşı bir reaksiyon olarak akümüle edildiğine dair sonuçlar da elde edilmiştir. Bu çerçevede tuzluluk stresinde bitkiler tarafından akümüle edilen prolinin, sadece tuzluluğa karşı bir reaksiyon mu yoksa bitkilerin stres koşullarına dayanıklılığını arttırılmasında rol alan bir düzenleyici olarak mı görev yaptığı tartışılmaktadır.

Hien ve ark.(2003), tuzluluğa karşı toleransları farklı üç çeltik çeşidi ile tarla koşullarında gerçekleştirmiş oldukları çalışmada, tuz uygulamasından 7 gün sonra bitki köklerinde prolin akümülyasyonun arttığını, bu artışın tuza dayanıklı çeşitlerde daha önce başladığını ve daha yüksek seviyelere ulaştığını kaydetmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlar çerçevesinde prolin birikiminin, çeltik çeşitlerinde, osmotik düzenleyici olarak, tuzluluğa toleransın bir göstergesi olabileceğini belirtmişlerdir.

Bhattacharjee ve Mukherjee (2002), tuza dayanıklı 'Hamilton', 'SR26B' ve tuza hassas 'Ratna' çeltik çeşitleri ile yapmış oldukları çalışmada, 100 mM L⁻ NaCl uygulamasına karşı bitkilerin reaksiyonunu farklı antioksidant ve prolin akümülyasyonu açısından incelemişlerdir. Ele alınan çeşitlerde tuzluluk koşullarında prolin akümülyasyonu artarken, tuza toleransı yüksek olan 'Hamilton' ve 'SR26B' çeşitlerinde daha yüksek seviyelere ulaştığı belirtilmiştir.

Özcan ve ark.(2000), Türkiye’de yaygın olarak yetiştirilen üç nohut çeşidinin (Canitez-87, ILC-195/2 ve Damla) tuz stresine karşı reaksiyonlarını incelemiş; çeşitli iyonların konsantrasyonundaki ve prolin akümülyasyonundaki değişimi ele almışlardır. Elde edilen sonuçlar ışığında prolin miktarının yüksek tuzluluk ile beraber arttığını tespit etmişlerdir.

Gadallah (1999), bakla bitkisi ile yaptığı çalışmada, tuzluluk kaynağı olarak NaCl ve CaCl₂ kullanmış, bitkilere tuzluluk esnasında dışarıdan sprey şeklinde prolin (8,7 µM) ve glisinbetain (8,7 µM) uygulamıştır. Çalışma sonuçlarına göre prolin ve glisinbetain uygulanan bitkilerde, tuzluluktan kaynaklanan membran deformasyonunun daha az olduğu, K⁺ alımının arttığı, bunun yanında klorofil içeriğinde de artış olduğu gözlemlenmiştir.

Wang ve ark. (2004), kserofit; *Haloxylon ammodendron*, *Zygophyllum xanthoxylum*, *Artemisia sphaerocephala*, *Caragana korshinskii*, mezofit; *Agriophyllum squarrosum* ve *Corrispermum monoglicum* bitkilerinde, Na⁺, K⁺ ve prolin akümülyasyonu ve dağılımını incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre kserofit bitkilerin, mezofitlere göre K⁺ ve prolin birikiminin daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Kserofit bitkilerde yaklaşık 6,0-16,0 kez daha yüksek akümüle edilen prolinin bu bitkilerde kuraklığa adaptasyonda rol aldığını ileri sürmüşlerdir.

Sohn ve ark. (2005), iki farklı çeltik çeşidi; tuza dayanıklı ‘Dongjin’ ve tuza hassas ‘Kumnam’ ile tuzlu besin çözeltisinde yetiştirerek yapmış oldukları çalışmada, bitkilerin çimlenme ve fide döneminde NaCl’e karşı fizyolojik reaksiyonları üzerinde çalışmışlardır.

Tuzlu koşullar altında, tuza hassas çeşidin yapraklarında prolin akümülyasyonun tuza dayanıklı çeşitten daha yüksek düzeye ulaştığı saptanmıştır, ‘Dongjin’ çeşidinin çimlenme esnasındaki tuza dayanıklılığının, tohumunun prolin içeriğinin yüksek olmasından kaynaklanabileceğini ifade etmişlerdir.

Santiago ve ark. (2004), tuzluluğa dayanıklılıkları farklı iki çeltik çeşidine (tuza dayanıklı: ‘Giza’ ve tuza hassas: ‘El Paso’), 7,14 ve 21 gün farklı oranlarda tuz uygulamışlar, elde edilen bitkilerde bazı enzim aktiviteleri ile poliamin ve prolin miktarlarını tespit etmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre tuzluluk koşullarında iki çeşitte de prolin akümülyasyonun önemli düzeyde arttığı, artışın tuza hassas çeşitte daha yüksek seviyelere ulaştığı tespit edilmiştir.

Hoai ve ark. (2003), 6 gün boyunca 100 mM L⁻ NaCl uyguladıkları tuzluluğa dayanıklılıkları farklı 8 çeltik çeşidinden elde ettikleri verilere göre, prolin birikiminin tuza hassas çeşitlerde daha yüksek olduğunu tespit etmişler ve prolin akümülyasyonu ile bitkilerin tuza tolerans mekanizması arasında bir ilişki bulunmadığını ileri sürmüşlerdir.

Nakamura ve ark. (2002), iki farklı yabani çeltik çeşidi (*Oryza latifolia* Desv., *Oryza rufipogon* Griff.) ile tuza dayanıklı ‘SR26B’ ve tuza hassas ‘IR28’ çeşitlerinde tuz stresine karşı bitkilerin fizyolojik reaksiyonları incelenmiştir. 113 mM L⁻ NaCl seviyesinde prolin birikimi ile osmotik potansiyel arasında negatif bir korelasyon bulunmuştur.

Chuan ve Ching (1999), NaCl etkisindeki çeltik fidelerinin, köklerindeki, hücre duvarı peroksidaz aktivitesi ve H₂O₂ seviyesindeki değişiklikleri ve bitkilere uygulanan prolinin meydana getirdiği değişiklikleri incelemişlerdir. 50 ile 150 mM L⁻ arasındaki NaCl

uygulamalarında, artan konsantrasyonlarında kök gelişiminin yavaşladığı, peroksidaz aktivitesinin ve H_2O_2 seviyesinin arttığını belirlemişlerdir. Dışarıdan uygulanan prolinin, azalan NaCl miktarlarında kök gelişimini yavaşlattığı, peroksidaz aktivitesi ve H_2O_2 seviyesini arttırdığını saptamışlardır.

Lutts ve ark. (1999), tuz stresinin osmotik düzenlemeye, iyon ve prolin konsantrasyonu üzerine etkilerini iki çeltik çeşidi (I Kong Pao: tuza hassas, Nona Bokra: tuza dayanıklı) üzerinde incelemişlerdir. 3 ve 10 günlük dönemlerle çeltik fidelerine uygulanan, 50 ve 100 mM L^- NaCl'ün, tuza hassas çeşidin daha yüksek oranda Na^+ ve prolin akümüle ettiğini tespit etmişler ve prolin akümülesyonunun tolerans mekanizmasında rol almadığını, tuzluluk stresinin bir göstergesi olabileceğini belirtmişlerdir.

Lutts ve ark. (1996), bitki gelişimine, mineral beslenmeye ve prolin akümülesyonuna NaCl etkisini ve osmotik düzenleme ile ilgili olarak tuzluluğa reaksiyonu farklı 4 çeltik çeşidi (Nona Bokra, IR4630: tuza dayanıklı, I Kong Pao, IR31785: tuza hassas) ile çalışmışlardır. 0, 30, 40 ve 50 mM L^- NaCl seviyelerinde tuza dayanıklı çeşitlerin, tuza hassas çeşitlere göre, Na^+ , Cl^- , Zn^{2+} ve prolini düşük oranda K^+ 'u yüksek oranda biriktirdiklerini tespit etmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlar ışığında prolinin osmotik düzenlemede rol oynamadığını ileri sürmüşlerdir.

Mali ve ark. (1980), farklı su stresi koşullarında, kuraklığa dayanıklı çeltik çeşidi 'Lalnakanda-41' ile kuraklığa hassas 'Co. 13' çeşidi ile yaptıkları çalışmada yapraklardaki prolin içeriğinin stres koşullarında dayanıklılığı yüksek çeşitte hassas çeşide göre daha yüksek seviyelere ulaştığını tespit etmişlerdir.

2.2.3. Tuzluluğun Fotosentez ve Fotosentetik Pigmentler Üzerine Etkisi

Yapraklardaki klorofil ve karotenoid miktarı tuzluluk stresinde genellikle düşüş göstermektedir. Klorozis ilk olarak yaşlı yapraklarda başlar ve tuzluluğun ilerleyen safhalarında dökülmeler görülür (Parida and Das, 2005). Bunun yanında çeşitli çalışmalarda farklı bitkilerde, tuzluluk koşullarında klorofil miktarının değişmediğine ve hatta arttığına dair sonuçlar da alınmıştır (Mitsuya ve ark., 2003(b)).

Alamgir ve Ali (1999), dokuz çeltik çeşidinin tuzluluk koşullarında fotosentetik pigment miktarları üzerine çalışmalarda bulunmuşlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre genel olarak pigment miktarı tuzluluk ile birlikte düşerken, altı çeşidin oransal olarak yüksek pigment içerdiğini saptamışlardır.

Mitsuya ve ark. (2003a), tuzluluğun, ele aldıkları çeltik çeşidine (Nipponbare) ait yapraklardaki klorofil içeriğine etkisi üzerine yaptıkları çalışmada, klorofil içeriğinin artan tuzluluk ile beraber düşüş gösterdiği ve düşüşün yaşlı yapraklarda genç yapraklara göre daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Yine Mitsuya ve ark. (2003b), yaptıkları diğer bir çalışmada, aynı çeltik çeşidinin (Nipponbare) tuza karşı reaksiyonlarını ışıқта ve karanlık koşullarda tespit etmişlerdir. Tuzluluk stresindeki çeltik bitkisine ait yapraklarda klorofil içeriğinde, Na^+ ve Cl^- miktarının artış olmasına karşın, karanlık koşullarda düşüş gözlenmemiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında klorofil miktarındaki düşüşün dokulardaki tuz miktarının artışından kaynaklanmadığı ileri sürülmüştür.

Singh ve Dubey (1995), tuzluluk stresinin, toleransları farklı 4 çeltik çeşidi (CSR-1 ve CSR-3: tuza toleranslı, Ranta ve Jaya: tuza hassas) üzerinde klorofil içeriklerine ve fotosistem 1 ve 2 üzerine gerçekleştirdikleri çalışmada, tuzluluk ile birlikte klorofil *a* ve *b* içeriğinin tüm çeşitlerde düştüğünü ancak düşüşün tuzluluğa hassas çeşitlerde daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Bunun yanında klorofil *a* içeriğinin klorofil *b* içeriğine göre tuzluluktan daha çok etkilendiğini belirtmişlerdir.

Garcia ve ark.(1997), osmotik koruyucuların, NaCl stresindeki çeltik bitkisi üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında, 4 haftalık fidelere 3 gün boyunca %1 oranında NaCl uygulamışlar, toplam klorofil miktarının %48 oranında düştüğünü tespit etmişlerdir. Bitki besin ortamına eklenen çeşitli osmotik koruyuculardan trehaloz'un klorofil miktarındaki düşüşü engellediğini saptamışlardır.

Tuzluluğun etkilerinin ilerleyen safhalarında Na^+ ve Cl^- iyonlarının bitki hücrelerinde birikmesiyle beraber kloroplast yapısında dejenerasyon ve fotosentez süreci üzerinde olumsuz etkiler gözlenmektedir. Bu etkinin fotosentetik elektron taşınımından çok karbon mekanizması ve fotofosforilizasyon üzerine etkili olduğu düşünülmektedir (Akman ve ark., 2001). Tuzluluk stresi ile birlikte su kaybının minimuma indirmek amacıyla stomalar daha uzun süre kapalı kalmakta, stoma geçirgenliğinin azalmasıyla birlikte, karbon mekanizması için gerekli CO_2 alımı olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu da fotosentetik etkinliğin düşmesine neden olmaktadır (Brugnoli ve Bjorkman, 1992; Parida ve Das, 2005).

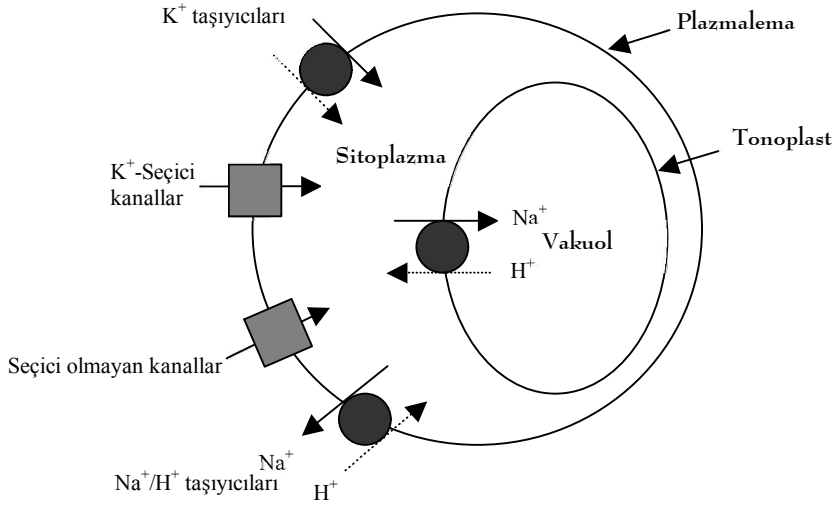
2.2.4. *Tuzluluğun Mineral Madde Alınımına Etkisi*

Tuzluluk stresi Na^+ ve Cl^- iyonlarının, bitkilerin gelişimi için gerekli K^+ , Ca^{2+} ve NO_3^- gibi besin elementlerinin alınımını engellemelerinden dolayı, besin noksanlığına veya dengesizliklerine yol açabilmektedir. Bununla birlikte farklı çalışma sonuçları olmasına karşın tuzluk koşullarında fazla besin maddesi uygulamasının, eğer ortamdaki besin maddesi miktarı yeterli seviyelerde ise bitki gelişimine olumlu bir etkisi bulunmadığı bildirilmekte (Hu ve Schmidhalter, 2005).

Bitki gelişiminde gerekli en önemli element olarak kabul edilen ve birçok hücre elemanı ile aminoasitler ve nükleik asitlerin de yapısında yer alan azotun, alınımı ile su miktarı arasında yakın bir ilişki olduğu bilinmektedir (Smika et al., 1965). Bu bakımdan su alınımının osmatik olarak sınırlandığı tuzluluk koşullarında, yeterli seviyeye kadar artan azot miktarlarının bitki gelişimine olumlu katkısı olacağı açıktır. Birçok çalışmada bitkideki toplam azot miktarının aksine, tuzluluk, toplam azot miktarında değişiklik yapmaz iken, yapraklardaki NO_3^- miktarının düşmesine neden olmuş ve artan NO_3^- uygulamalarının Cl^- alımını azalttığı tespit edilmiştir (Hu and Schmidhalter, 2005; Bernstein et al., 1974).

Potasyumun, stomaların fonksiyonlarını düzenleme, osmatik potansiyelin dengelenmesi ve protein sentezi gibi önemli fonksiyonlarda görev alarak bitkilerin tuzluluğa toleransını arttırdığı tespit edilmiştir (Marschner, 1995). Bitkilerin su stresine karşı gösterdikleri osmatik potansiyelin dengelenmesinde potasyum birikiminin diğer organik bileşiklerden daha fazla öneme sahip olduğu saptanmıştır. Bunun nedeni potasyum alınımının, osmotik düzenleyici olarak akümüle edilen organik

bileşiklerden daha az enerjiye gereksinim göstermesinden kaynaklanmaktadır (Hsiao, 1973).



Şekil 1. Yüksek bitkilerde Na^+ taşınma mekanizması (Amtmann and Sanders, 1999).

Tuzların hücre membranlarından geçişini düzenleyen iyon kanalları ve taşıyıcıları üzerindeki araştırmalar yakın zamanda yoğunlaşmıştır. Na^+ iyonunun taşınma mekanizması şekil 1’de özetlenmektedir. Hücre membranlarında Na^+ iyonuna özel bir taşıyıcı bulunmamakta, Na^+ ’un hücreye girişi genelde başta K^+ olmak üzere diğer katyonlar ile rekabeti sonucu gerçekleşmektedir. Na^+ ’un membranlardan içeri girişi yüksek seçici K^+ kanallarından ya da seçici olmayan kanallar olarak da adlandırılan, genelde Ca^{2+} alımının gerçekleştiği düşük seçici kanallardan gerçekleşebilmektedir. Bu katyon kanallarından tuzlu toprak çözeltisinden çok fazla miktarda tuzun hücreye girmesi mümkündür. Aynı zamanda Na^+ ’un pH gradyanı doğrultusunda Na^+/H^+ taşıyıcıları tarafından sitoplazmadan hücre dışına veya vakuol içerisine taşınır. Bu taşıma mekanizmaları normal koşullarda

birlikte hareket ederek hücre içerisindeki Na^+ miktarı dengelenmektedir (Munns et al., 2003).

Diğer elementlerde olduğu gibi tuzluluk koşullarında kalsiyum alımında bir düşüş görülse de, bu düşüş potasyum ile karşılaştırıldığında küçük bir miktar olarak belirtilmektedir. Belirli bir seviyeye kadar arttırılan kalsiyum uygulamasının tuzluluk koşullarında bitki gelişimine olumlu etkisi olduğu tespit edilmiştir (Hu and Schmidhalter, 2005).

Abdelgadir ve ark. (2005), iki çeltik çeşidi (Koshihikari ve Pakkoli), üç farklı tuz konsantrasyonu (0,50 ve 100 mM L^{-1} NaCl) ve üç azot (N) seviyesi (0,7, 7 ve 14 mM L^{-1}) kullanarak yaptıkları çalışmada, 0 ve 50 mM L^{-1} tuz seviyelerinde, 7 mM L^{-1} ye kadar artan Na miktarının bitki gövde gelişimine önemli düzeyde olumlu katkısı olduğu, kök gelişiminin ise her iki tuz seviyesinde de artan N uygulamasıyla beraber gerilediğini saptamışlardır. Bunun yanında her iki çeşit içinde, kök ve gövdedeki NO_3^- ve Cl^- miktarları arasında negatif korelasyon tespit edilmiştir.

Zeng (2005), 31 çeltik çeşidi kullanarak, iki farklı tuzluluk seviyesinde (0, 60 mM L^{-1} NaCl), fizyolojik parametreler ile büyüme performanslarını değerlendirdiği çalışmada, 34 günlük fidelerde, tuzluluk koşullarında kontrole göre K-Na seçiciliğinin arttığı, Ca-Na seçiciliğinin azaldığını gözlemlemiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında iyon seçiciliğinin çeltik çeşitleri arasında tuzluluk toleransının kontrol edildiği en önemli mekanizma olabileceği önerilmiştir.

Zeng ve ark. (2003), 12 çeltik çeşidi ve iki tuz seviyesi (50, 90 mM L^{-1} NaCl ve CaCl) kullandıkları çalışmada, çeşitlerin tuzluluğa toleranslarını fizyolojik parametreler ve dane verimi çerçevesinde

değerlendirmişlerdir. Eldi edilen sonuçlara göre, artan tuzluluk ile birlikte K-Na seçiciliğinin arttığı ve Na-Ca seçiciliğinin azaldığını tespit etmişler, Na-Ca seçiciliği ile çeşitlerin dane verimleri arasında önemli düzeyde ilişki olduğunu vurgulamışlardır.

Shannon ve ark. (1998), 11 çeltik çeşidi ve 6 farklı tuz seviyesi kullanarak gerçekleştirdikleri sera denemesinde, 16 mmhos/cm (yaklaşık 180 mM L⁻¹) NaCl seviyesinde yapraklardaki K⁺ miktarının kontrol bitkilerine oranla %40 daha düşük olduğu, Ca⁺² ve Mg⁺² miktarlarında ise önemli bir değişiklik olmadığını tespit etmişlerdir. Aynı tuzluluk seviyesinde yaprak dokularında Na⁺ miktarında kontrole göre beş kat, Cl⁻ miktarının ise üç kat daha fazla olduğunu belirlemişlerdir.

Asch ve ark. (2000), danelerde Na⁺ ve K⁺ içerikleri ile ilgili 8 çeltik çeşidi ile tarla koşullarında gerçekleştirdikleri çalışmada tuzluluk koşullarını sulama suyu tuzlandırarak gerçekleştirmiş ve çalışmalarını nemli ve kuru olmak üzere iki yetiştirme sezonunda yürütmüşlerdir. Verim komponentlerinin, tuzluluktan kuru sezonda daha fazla etkilendiğini ve toleranslı çeşitlerin dane Na⁺ içeriklerinin hassas olan çeşitlere göre daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. K⁺ içeriğinin ise tüm çeşit ve uygulamalarda salkımların ilerleyen gelişme dönemlerinde düştüğünü ancak bu sürecin hassas çeşitlerde daha hızlı gerçekleştiğini tespit etmişlerdir.

Verma ve Neue (1984) iki çeltik çeşidine (Tuzluluğa toleranslı hat IR 10198-66-2 ve hassas çeşit IR 28) üç tuzluluk seviyesi (E.C. 2.5, 5.6 ve 8.7 mmhos/cm) ve üç çinko seviyesinin (0,10 ve 20 mg Zn/kg toprak) etkisini araştırmışlar; IR 28' de Zn uygulaması bitki ve kök boyunu ile sap ve tane verimini arttırmıştır. Fakat IR 10198-66-2 hattına etkili olmamıştır. 10 mg Zn/kg toprak çinko uygulaması IR 28' de Na⁺

konsantrasyonunu düşürmüş ve K^+ konsantrasyonunu yükseltmiştir. Fakat IR 10198-66-2' de Na^+ ve K^+ konsantrasyonlarında bir değişikliğe neden olmamıştır. İki çeşitte de çinko uygulaması fosfor, kalsiyum, magnezyum ve demir konsantrasyonlarını düşürmüş, Zn^{2+} ve Mn^{2+} konsantrasyonlarını yükseltmiştir. IR 10198-66-2 çeşidi IR 28' den daha düşük Na^+ , Ca^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Zn^{2+} ve Cu^{2+} konsantrasyonuna ve daha yüksek K^+ ve Mg^{2+} konsantrasyonuna sahip olmuştur.

2.2.5. Tuzluluğun Antioksidatif Enzim Aktivitesi ve Antioksidantlar Üzerine Etkisi

Tuzluluk stresinin osmotik etkisinden kaynaklanan su noksanlığı nedeni ile birçok metabolik aktivite üzerinde de etkili karmaşık sonuçlara neden olmaktadır. Su noksanlığı sonucunda süperoksit ($O_2^{\cdot-}$), hidrojen peroksit (H_2O_2), hidroksil radikal ($\cdot HO$) ve singlet oksijen (1O_2) gibi reaktif oksijen türlerinin (ROS= *reactive oxygen species*) oluşumuna neden olur. Bu oksijen türleri yağlar, proteinler ve nükleik asitler üzerinde oksidatif zarar yolu ile metabolizmanın normal işleyişine ciddi zararlar verebilmektedir. Başlangıçta oluşan $O_2^{\cdot-}$ enzimler yolu ile veya enzimler devreye girmeden hızla H_2O_2 'e ve O_2 'ne dönüşür. Oluşan H_2O_2 , belirli metal iyonları ile etkileşime girerek çok yüksek seviyede reaktif $\cdot HO$ 'ni oluştururlar (Parida ve Das, 2005).

Reaktif oksijen türlerinin zararlarından bitkiler hücrelerinde sahip oldukları antioksidan koruma sistemleri ile karşı koyar ve korunmaya çalışırlar. Anılan koruma sistemi çalışmadığı ya da yeterli olmadığı zaman bitki hücrelerinde ölüm hemen gerçekleşir. Antioksidan koruma sistemi, oksidant ve oksidant olmayan enzimlerden oluşur. Bitkilerde temel antioksidanların askorbat (vitamin C), indirgenmiş glutation (GSH), α -tokoferol (vitamin E) ve karotenoidler oluşturur. Benzer

görevler poliaminler ve flavonoidler tarafından gerçekleştirilir. Bitkiler oksidatif etkilerden korunmak için antioksidant metabolitlerin sentezlerini hızlandırmanın yanında aniyonik peroksidaz, askorbat peroksidaz, katalaz, glutation redüktaz, süperoksit dismutaz gibi antioksidant enzimlerin aktivitelerini de arttırmırlar. Bitkiler bu yolla reaktif oksijen türlerinin (ROS) zararlarına karşı dayanıklılık kazanırlar (Kacar ve ark., 2002).

Lin ve Kao (2001), çalışmalarında NaCl stresindeki çeltik fidelerinin köklerindeki hücre duvarı peroksidaz (POD) aktivitesi ve H_2O_2 seviyelerindeki değişim ile kök gelişimi arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Artan NaCl konsantrasyonu ile birlikte (50-150 mM L^{-1}) kök gelişimi azalırken POD aktivitesinin arttığını, NaCl etkisi ile kök gelişimindeki düşüşün H_2O_2 seviyesindeki artış ile yakın ilişkili olduğunu belirtmişlerdir.

Lee ve ark. (2001), tuzluluk stresinin (150 mM L^{-1} NaCl) ve çeltik bitkisinde (*Dongjin*) reaktif oksijen türleri ve antioksidant enzimler üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada, tuzluluğun H_2O_2 , süperoksit dismutaz (SOD) ve askorbat peroksidaz (APOX) seviyesinin yapraklarda önemli derecede artarken, köklerde artışın çok düşük seviyede olduğunu tespit etmişlerdir. Elde ettikleri veriler ışığında tuzluluk stresinin köklerden çok yapraklar üzerinde oksidatif strese neden olabileceğini belirtmişlerdir.

Demiral ve Türkan (2005), tuzluluğa farklı toleransa sahip iki çeltik çeşidinde (*Pakkolı*: tuza dayanıklı, *IR28*: tuza hassas), fide döneminde, tuzluluğun (0, 60, 120 mM L^{-1} NaCl) kök bölgesinde antioksidatif enzim aktivitelerine etkilerini incelemişlerdir. Stres koşullarında tuza toleranslı çeşitte katalaz (CAT) ve askorbat peroksidaz (APOX) aktiviteleri

artarken, tuza hassas çeşitte düştüğü veya değişmediği gözlemlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre çeltik bitkisinde tuzluluğa toleransın kök bölgesinde antioksidatif sistem kapasitesi ile ilişkili olduğunu vurgulamışlardır.

Vaidyanathan ve ark. (2003), NaCl'den kaynaklanan oksidatif stresin etkilerini, tuzluluğa toleransları farklı iki çeltik çeşidinde (*Pakkoli*: tuza toleranslı, *Pusa Basmati 1*: tuza hassas) ve iki farklı tuz seviyesinde (100 ve 300 mM L⁻¹ NaCl) incelemişlerdir. Tuzluluk stresinde tuza toleranslı çeşitte katalaz (CAT), askorbat (ASC) ve glutathione (GSH) seviyesinin tuza hassas çeşide göre daha yüksek olduğunun tespit etmişlerdir. Tuza toleranslı çeşitte bulunan daha düşük süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesinin membranlardaki zararın (*lipid peroxidation*) az olmasına ve tuza hassas çeşitten daha düşük seviyedeki H₂O₂ seviyesine bağlamışlardır.

Sese ve Tobita (1998), tuzluluğa tolerans seviyeleri farklı 4 çeltik çeşidinin yapraklarında, fide dönemindeki bitkilerin, NaCl'den kaynaklanan zararda aktif oksijen çeşitlerinin rolünü araştırmışlardır. Üç farklı tuz seviyesi (0, 70, 140 mM L⁻¹ NaCl) kullandıkları çalışmalarında, tuza hassas çeşitlerin tuzluluk stresinde süperoksit dismutaz (SOD) aktivitelerinde düşme gözlemlenirken, peroksidaz (POX) aktivitesinde artış tespit etmişlerdir. Tuza toleranslı çeşitte ise SOD aktivitesinde az bir artış ile POX aktivitesinde az bir düşüş saptamışlardır.

2.2.6. Tuzluluğun Hormonlar Üzerine Etkisi

Yüksek tuzluluk konsantrasyonları absisik asit (ABA), sitokinin gibi bitki hormonlarını tetiklemektedir (Parida ve Das, 2005). Tuz stresi *Osmotin* olarak da adlandırılan yeni bazı proteinlerin oluşumuna neden

olmaktadır. Yüksek miktarlarda biriktirilen osmotinler dış ortamdaki yüksek iyon konsantrasyonuna karşı osmotik düzenlemede görev almaktadırlar. ABA'nın bitki gelişimini geriletici özelliğinin yanında tuzluluk ve kuraklık stresinde osmotinlerin oluşumunda uyarıcı role sahip olduğu düşünülmektedir (Kacar ve ark., 2002). Bununla birlikte ABA stres koşullarında bekçi hücrelere iyon akışını ayarlayarak stomaların kapanmasını ve su kaybının azalmasına neden olmaktadır (Parida ve Das, 2005).

Tuzluluk stresinin ilk etkilerinden olan ve köklerin su alımının engellenmesi sonucu oluşan su stresi, kısmen köklerde sentezlenen ve yapraklara taşınan, yaprak metabolizmasını düzenleyen sitokinlerin az miktarda sentezlenmesine ve yaprak yaşlanmasına neden olmaktadır (Kacar ve ark., 2002).

Bohra ve ark. (1995), tuzluluğa toleransları farklı üç çeltik çeşidi (IR20: orta toleranslı, Pakkoli: toleranslı, IR28: hassas) ile yaptıkları çalışmada, tuzluluk stresinde bitkilerin ABA içerikleri ve dışarıdan uygulana ABA'nın etkilerini incelemişlerdir. Artan NaCl miktarlarında (EC: 10 ve 15 dSm⁻¹) tüm çeşitlerde ABA miktarı artarken, hassas ve toleranslı çeşitlerde artış daha düşük seviyelerde gerçekleşmiştir. Tuzluluk stresindeki bitkilere dışarıdan uygulanan ABA, toprak üstü organlarda Na⁺ ve K⁺ miktarının sırasıyla %3,3 ve %29,5 azalmasına neden olurken, Na⁺/K⁺ oranının artmasına neden olmuştur.

2.3. Bitkilerde Tuzluluğa Dayanıklılık Mekanizması

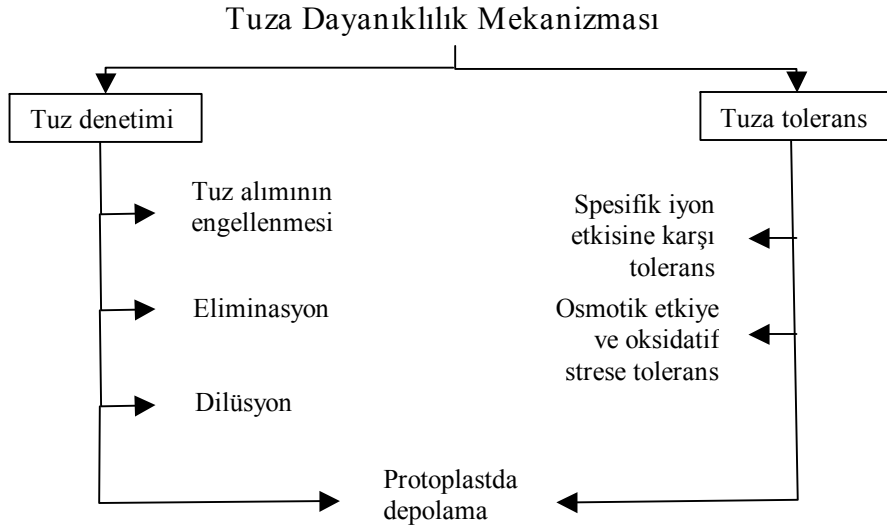
Tuzlu habitatlarda gelişen bitkilerin tuz etkisine karşı farklı seviyelerde dayanıklılık mekanizmaları geliştirmeleri gerekmektedir. Tuza dayanıklılık, tuz alımının engellenmesi, yani protoplazmaya

ulaşmadan tuz denetimi veya toksik ve osmotik etkilere karşı tolerans gösterebilme yeteneği olarak adlandırılmaktadır (Larcher, 2001).

2.3.1. Tuz Miktarının Denetlenmesi

Tuz miktarının denetlenmesi, tuz alımının engellenmesi, eliminasyon ve dilüsyon olmak üzere üç farklı şekilde gerçekleşmektedir.

Tuz alımının engellenmesinin farklı bitkiler üzerinde yapılan birçok çalışmada, tuza dayanıklılık mekanizmasında aldığı rol incelenmiştir.



Şekil 2. Bitkilerde Tuza Dayanıklılık Mekanizması (Larcher, 2001).

Çeltik (Zeng 2005, Shannon et al., 1998, Asch et al., 2000), arpa, soya, yonca (Levitt, 1972) bitkilerinde tuzluluk koşullarında tuza toleransı yüksek olan çeşitlerin hassas olan çeşitlere oranla daha az Na^+ ve Cl^- aldıkları tespit edilmiştir. Halofit *Agropyron elongarum* bitkisinin de tuzlu koşullarda daha az Na^+ ve Cl^- alımı yaparak adaptasyon gösterdiği

belirtilmiştir (Greenway and Rogers, 1963). Bazı bitkiler ise tuz alımının kontrolünü gövde seviyesinde gerçekleştirirler. Kökler tarafından alınan tuzların büyük bir kısmı kökte kalarak, vakuolde toplanır (Levitt, 1972). Elde edilen sonuçlar ışığında tuz alımının engellenme mekanizmasının K^+ alımıyla birlikte tuzluluğa toleransın belirlenmesinde önemli bir ölçüt olduğu düşünülmektedir. Bunun yanında eliminasyon yolu ile bitkiler yüksek tuz koşullarında belirli miktardaki tuzu gövde ve yaşlı yapraklar üzerinde tabaka oluşturacak



Şekil 3. Çeltik bikisinde tuzun bitki gövdesinden eliminasyon yolu ile atılması.

şekilde dışarıya atarken (Şekil 3) özellikle halofit bitkilerde görülen hücre su içeriğinin arttırılarak hücre öz suyundaki tuz konsantrasyonu dilüsyon yolu ile düşürülmüştür (Levitt, 1972).

2.3.2. Tuza Tolerans

Tuza tolerans bitkilerin protoplazma bileşenleri düzeyinde tuza karşı gösterdikleri toleranstır. Protoplazma bileşenlerinin (proteinler, biyomembranlar vb.) tuza toleransı stres proteinleri ve stoplazmik osmotik düzenleyicilerin vasıtasıyla sağlanır. Tuz konsantrasyonunun artması ile beraber stres proteinlerinin sentezi 3-6 saat içerisinde belirli DNA serileri tarafından aktive edilir. Toksik özelliği olmayan prolin, alanin, glutamin, betain, mannitol, sorbitol gibi organik bileşikler, hücre içi ile dış ortam arasındaki osmotik potansiyelin düzenlenmesinde görev alırlar (Larcher, 2001). Osmotik düzenleyicilerin tuzluluk toleransındaki rolü ile ilgili çeltik bitkisi ile yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır (Cram, 1976, Garcia et al., 1997, Maile et al., 2004, Hien et al., 2003).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Deneme Yeri ve Özellikleri

Deneme, 2005 yılında Almanya-Kiel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Besleme Enstitüsü serasında ve Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Stres Fizyolojisi ve İklimlendirme Laboratuvarındaki kontrollü koşullarda yürütülmüştür. Yürütülen çalışma çimlenme ve fide döneminde olmak üzere iki denemeden oluşmaktadır. Fide dönemine ait denemede 40 litrelik besin tankları kullanılmıştır. Tohumların çimlendirilmesi 28 °C’de, karanlık koşullarda iklim odasında gerçekleştirilmiş, uygulamalar aynı sıcaklıkta, 12 saat karanlık, 12 saat aydınlık (300 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık yoğunluğunda) olmak üzere, %40-50 nisbi nem altında serada devam ettirilmiştir.



Şekil 4. Deneme yeri ve yetiştirme ortamları (Almanya-Kiel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Besleme Enstitüsü)

Çimlenme denemesi petri kaplarının içerisinde, 28 °C’de, karanlık koşullarda ve %50 nisbi nem altında, kontrollü koşullarda gerçekleştirilmiştir.

3.1.2. Bitki Materyali

Denemede kullanılan bitki materyali olarak, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümünden sağlanan, Baldo, Toag-92, Osmancık, Kral ve Yavuz çeşitleri ile Almanya-Bonn Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Besleme Enstitüsünden temin edilen, IRRI (International Rice Research Institute) kaynaklı IR31785 (Tuzluluğa hassas) ve IR4630 (Tuzluluğa toleranslı) hat olmak üzere toplam 7 farklı genotip kullanılmıştır.

Çizelge 6. Denemede kullanılan yerli ve Türkiye’de ticari değere sahip çeşitler ve özellikleri.

Çeşit	BDA (gr)	Verim (da/kg)	Çiçeklenme Süresi	Kaynak
Demir	33-35	700-900	125-130	T.T.A.E. Türkiye
Osmancık	34-35	800-1000	130-135	T.T.A.E. Türkiye
Kral	36-37	800-1000	125-130	T.T.A.E. Türkiye
Yavuz	30-31	700-900	125-130	T.T.A.E. Türkiye
Baldo	38-39	650-800	125-130	İtalya

T.T.A.E.: Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü .

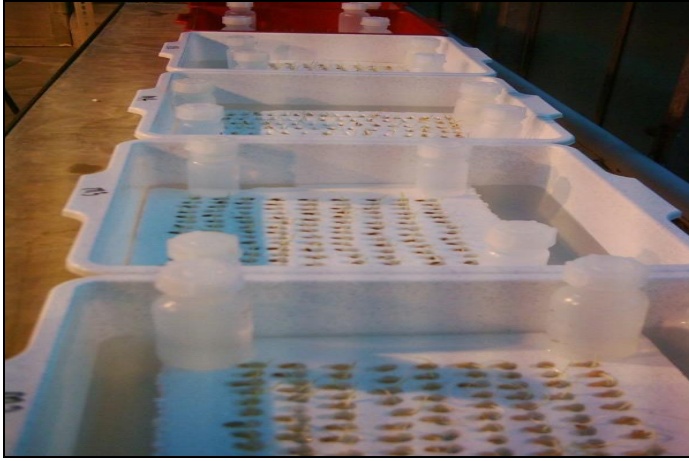
3.2. Yöntem

3.2.1. Deneme Deseni

Her iki denemede, tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre 4 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Sıvı besin tanklarının kullanıldığı fide dönemine ait denemede, 3 farklı tuz konsantrasyonu ve 7 farklı çeltik genotipi kullanılmıştır. Her uygulamaya ait tekerrür başına 6 adet bitki değerlendirmeye alınmıştır. Çimlenme denemesi ise 7 çeşit, 3 tuz konsantrasyonu ve 4 tekerrürlü olarak petri kaplarında yürütülmüştür.

3.2.2.Kültürel İşlemler

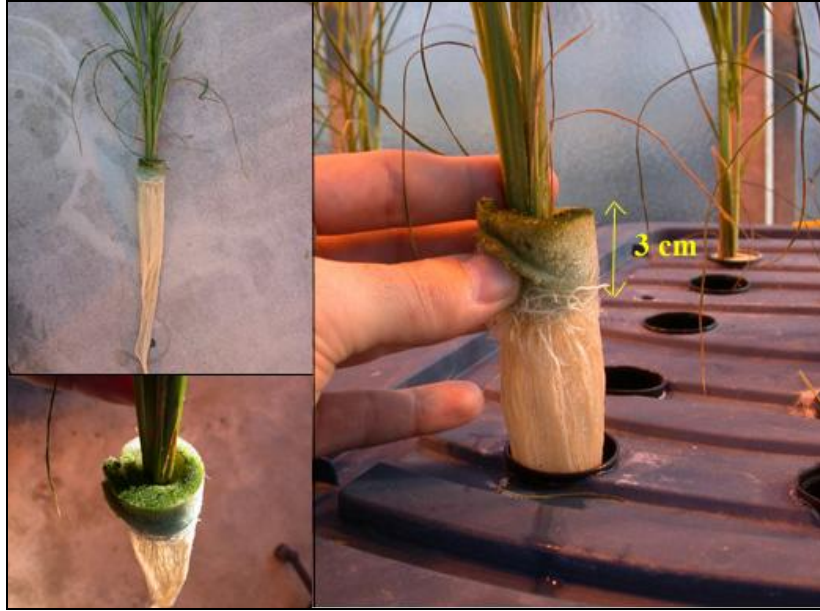
Fide dönemine ait denemede, ele alınan çeltik çeşitlerine ait tohumlar, iklim odasında 28 °C'de, saf su ile nemlendirilmiş filtre kâğıdında ve karanlık koşullarda 3 gün boyunca çimlenmeye bırakılmıştır. Homojen olarak çimlenen tohumlar seçilerek, 5 litrelik saf su içeren kaplara, sera içerisine aktarılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Homojen olarak çimlenmiş tohumların aktarıldığı 5 L. kapasiteli saf su kapları

Sera koşullarında, ışıklandırma süresi 12 saat gündüz, 12 saat gece olmak üzere, $300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık yoğunluğunda, sıcaklık gündüz periyodunda 28, gece koşullarında 22 °C ve nispi nem %40-50 olarak belirlenmiştir.

Beş gün saf suda bekletilen genç fideler, 40 litrelik sıvı besin tanklarına aktarılmışlardır. Her genotipe ait 6 fide, sap başlangıcından süngere sarılarak, tankların üstünde bulunan 4 cm çaplı deliklere, kök besin ortamında, sap ise dışarıda kalacak şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 6). Fideler ilk 7 gün yarım konsantrasyona sahip besin ortamında bekletildikten sonra, 8. gün tam konsantrasyon kullanılmaya başlanmıştır. Tam konsantrasyonlu besin ortamının kullanılmaya başlanması ile beraber, 0, 30 ve 60 mMol L⁻¹ olmak üzere 3 farklı tuz seviyesi de uygulanmaya başlatılmıştır.



Şekil 6. Çeltik fidelerinin 40 litre kapaiteli sıvı besin tanklarına yerleştirilmesi.

Kullanılan sıvı besin ortamı, birçok çalışmada referans olarak alınan Yoshida (1976)'nın kompozisyonu temel alınarak hazırlanmıştır (Çizelge 7). Sıvı besin ortamı deneme boyunca üç günde bir değiştirilerek, ortamın pH'ı her gün 5-5,5 arasında olacak şekilde, NaOH, HCl kullanılarak ayarlanmıştır.

Bitkiler tuz uygulamasının 12. gününde hasat edilmiş, kök, yaprak ve sap ayrılarak sıvı azot ile uygulanarak fiziksel ve kimyasal analizlere kadar -20 °C'de muhafaza edilmiştir.

Çimlenme dönemine ait denemede ise, her çeşide ait homojen olarak seçilmiş 20 adet tohum, petri kaplar içerisinde, 0, 30 ve 60 mmol NaCl L⁻¹ seviyelerinde tuzlandırılmış saf su ile nemlendirilen filitre kağıtları arasında 5 gün süre ile çimlendirilmeye bırakılmıştır.

Çizelge 7. Denemede kullanılan sıvı besin ortamının kompozisyonu (Yoshida, 1976).

Element	Konsantrasyon (mmol L ⁻¹)	Form
N	2,86	NH ₄ NO ₃
P	0,32	KH ₂ PO ₄
K	1,02	K ₂ SO ₄
Mg	1,67	MgSO ₄
Ca	1,00	CaCl ₂
Fe	0,1	FeEDTA
Si	2,00	Na ₂ SiO ₃
	(μmol L ⁻¹)	
Mn	9,10	MnCl ₂
B	18,00	H ₃ BO ₃
Mo	0,52	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄
Zn	0,15	ZnSO ₄
Cu	0,16	CuSO ₄

3.2.3. Araştırmada İncelenen Özellikler

3.2.3.1 Kuru Madde Miktarı (gr): Hasat edilen her parselde ait 6 bitkinin kök, sap ve yaprakları ayrılarak, 105 °C’de 24 saat süreyle kurutulmuş ve ayrı ayrı tartılarak örneklere ait kuru madde miktarları saptanmıştır.

3.2.3.2 Bitki Boyu (cm): Elde edilen bitkilerin kök başlangıcından, sap üzerinde en üst boğuma kadar olan uzunluk ölçülerek bitki boyları belirlenmiştir.

3.2.3.3 Kök Uzunluğu (cm): Bitkilerin kök başlangıcından, en uzun kökün ucuna kadar uzunluk ölçülerek, örneklere ait kök uzunluğu saptanmıştır.

3.2.3.4 Kardeş ve Yaprak Sayısı (adet/bitki): Hasat zamanı bitkiler gözlemlenerek kardeş ve yaprak sayıları tespit edilmiştir.

3.2.3.5 Klorofil a,b Miktarı: Hasat edilen her parselde ait 6 bitkinin öğütülmüş yaprak örneklerinde kuru madde üzerinden klorofil a

ve klorofil b miktarları Arnon(1949) ve Jayarman (1992)'a göre tespit edilmiştir.

3.2.3.6 Na^+ ve K^+ Miktarı: Hasat edilen her parsele ait 6 bitkinin yaprak ve köklerinde, kuru madde üzerinden, Yeo ve Flowers (1983)'a göre tespit edilmiştir.

3.2.3.7 Çimlenme Oranı: Petri kaplarında çimlendirilmeye bırakılan 20 adet tohumdan, 5 gün sonra hem plumula hem de radikulaları gözle görülen tohumların yüzde oranı tespit edilerek hesaplanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

2005 yılında sera koşullarında yürütülen bu çalışmada, incelenen karakterlerin varyans analiz sonuçları Çizelge 8’de verilmiştir. Buradan da anlaşılacağı üzere doz (NaCl) faktöründe, ele alınan tüm karakterlere ait veriler %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Çeşit faktöründe ise kardeş sayısı, kökte Na^+ miktarı ve klorofil a/b oranı önemsiz bulunurken, diğer tüm karakterlere ait veriler %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Doz x çeşit interaksiyonunda ise kardeş sayısı, kökte Na^+ miktarı, klorofil b ve klorofil a/b oranı karakterleri önemsiz bulunurken, bitki boyu, kökte K^+ miktarı %5 düzeyinde, diğer karakterler %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

	Yaprak Kuru Mad.Mik	Sap Kuru Mad.Mik	Kök Kuru Mad.Mik	Toplam Kuru Mad.Mik	Bitki Boyu	Kök Boyu	Kardeş Sayısı	Yaprak Sayısı
Doz	5935,3**	129,4**	38,5**	445,2**	105,0**	7,3**	15,9**	16,6**
Çeşit	303,2**	295,5**	206,0**	575,7**	232,8**	51,0**	0,6 ^{ns}	4,8**
Doz x Çeşit	23,4**	6,8**	4,8**	18,5**	2,4*	4,9**	1,9 ^{ns}	4,8**
	Yaprak Na^+ Miktarı	Kök Na^+ Miktarı	Yaprak K^+ Miktarı	Kök K^+ Miktarı	Çimlen. Oranı	Klorofil a Miktarı	Klorofil b Miktarı	Klorofil a/b Oranı
Doz	164,7**	333,6**	385,9**	287,8**	3496,2**	3275,4**	311,4**	71,1**
Çeşit	4,1**	1,9 ^{ns}	6,2**	17,3**	263,2**	111,6**	23,4**	0,6 ^{ns}
Doz x Çeşit	2,5**	1,4 ^{ns}	3,5**	2,4*	58,0**	9,0**	2,2 ^{ns}	0,2 ^{ns}

Çizelge 8. Karakterlere ait varyans analiz tablosu F değerleri ve önem düzeyleri

*: %5 **: %1 ns: önemsiz

4.1. Yaprak Kuru Madde Miktarı

Artan tuzlulukla beraber yaprak kuru madde miktarları Çizelge 9’da verilmiştir. Yükselen tuzluluk koşullarında yaprak KM miktarındaki azalma ve çeşitler arasındaki fark ile çeşitx tuz etkisi önemli bulunmuş, çeşitlere ait ortalama değer kontrol koşullarından yüksek tuzluluk koşullarına 0,28 gr’dan 0,18 gr’a düşmüştür. Kontrol ve orta düzeydeki tuzluluk koşullarında en yüksek değer Demir çeşidinden elde edilirken, yüksek tuzlulukta Yavuz ve Demir çeşitleri olmuştur.

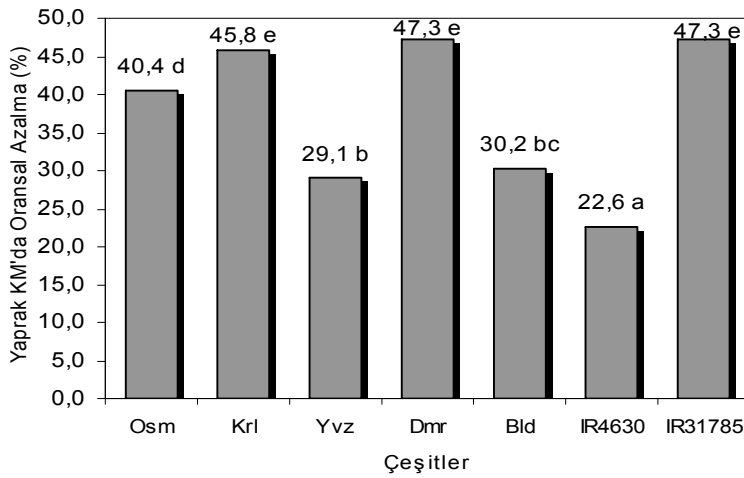
Çizelge 9. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde, farklı tuz konsantrasyonlarındaki yaprak kuru madde miktarı (gr)(LSD 0,05)

Çeşit	NaCl mmol L ⁻¹			
	0	30	60	Ort.
<i>Osmancık</i>	0,31 C	0,22 B	0,18 B	0,24
<i>Kral</i>	0,34 B	0,22 B	0,18 B	0,25
<i>Yavuz</i>	0,30 C	0,22 B	0,22 A	0,25
<i>Demir</i>	0,43 A	0,27 A	0,23 A	0,31
<i>Baldo</i>	0,25 D	0,18 C	0,18 B	0,20
<i>IR4630</i>	0,15 F	0,11 E	0,11 D	0,12
<i>IR31785</i>	0,20 E	0,15 D	0,13 C	0,16
<i>Ort.</i>	0,28	0,20	0,18	
(LSD) NaCl: 0,007 Çeşit: 0,010 NaClxÇeşit: 0,017				

Şekil 7’de artan tuzlulukla meydana gelen yaprak kuru madde miktarındaki oransal azalma verilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre çeşitler arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Yaprak KM miktarındaki en yüksek düşüş sırası ile % 47,3 ve % 45,8 ile IR31785 (Hassas) ile Demir ve Kral çeşitlerinde gözlemlenirken, en az düşüş ise IR4630 (toleranslı) ve daha sonra Yavuz çeşidinde

gözlemlenmiştir. Benzer sonuçlar Lutts ve ark. (1996) tarafından da tespit edilmiştir.

Kuru madde miktarlarındaki ve özellikle yaprakta tespit edilen düşüşler, tuza dayanıklılığının temel göstergesi olarak kabul edilmekte, diğer parametrelerde bu çerçevede değerlendirilmektedir (Parida and Das, 2005). Yaprak KM miktarındaki düşüşler ile tuza hassas ve dayanıklı çeşitler de (IR31785 ve IR4630) dikkate alındığında, yerli çeşitler arasında Yavuz'un tuza daha dayanıklı, Kral ve Demir'in ise daha hassas olduğunu söylemek mümkündür.



Şekil 7. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde 60 mmol L⁻¹ tuzlulukta, kontrol koşullarına göre, yaprak kuru madde miktarında oransal azalma (%), (LSD 0,05).



Şekil 8. Çeltik bitkisinde 60 mmol L⁻¹ tuz seviyesinin yapraklar üzerine etkisi.

Tuzluluk stresinde yapraklar, bitkide olumsuz etkilerin gözlemlendiği ilk organlardır. Tuzluluğa maruz kalan bitkide saatler hatta dakikalar içerisinde, yaprak alanı genişleme oranında bir düşüş ile beraber ileriki safhalarda, rulo şeklinde kıvrılma, kuruma ve uçlardan başlayan sararmaya rastlanmaktadır (Munns, 2002). Yapmış olduğumuz çalışmada aynı belirtiler, özellikle yüksek tuz seviyelerinde açık şekilde gözlemlenmiştir (Şekil 8).

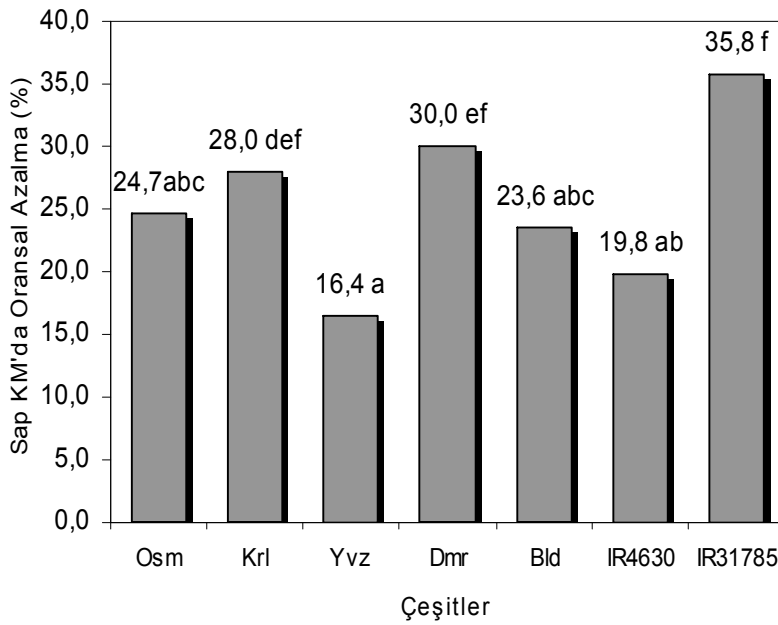
4.2. Sap Kuru Madde Miktarı

Çizelge 10'da, fidelerin farklı tuz konsantrasyonlarındaki sap kuru madde miktarları verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, çeşit ve tuz seviyeleri arasındaki fark ile çeşitx tuz etkileşimini istatistikî açıdan önemli bulunmuştur. Çeşitlere ait ortalama sap KM değeri, kontrol bitkilerinde 0,25 g iken, 60 mmol L⁻¹ tuz seviyesinde 0,19 gr'a düşmüştür. Tüm koşullar en yüksek sap KM miktarı Demir çeşidinde tespit edilmiştir.

Çizelge 10. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde, farklı tuz konsantrasyonlarındaki sap kuru madde miktarı (gr)(LSD 0,05)

Çeşit	NaCl mmol L ⁻¹			
	0	30	60	Ort.
<i>Osmancık</i>	0,26 C	0,24 C	0,20 BC	0,24
<i>Kral</i>	0,29 B	0,24 C	0,21 BC	0,25
<i>Yavuz</i>	0,26 C	0,27 B	0,22 B	0,25
<i>Demir</i>	0,40 A	0,30 A	0,28 A	0,33
<i>Baldo</i>	0,25 C	0,22 C	0,19 C	0,22
<i>IR4630</i>	0,12 E	0,11 D	0,10 D	0,11
<i>IR31785</i>	0,16 D	0,12 D	0,10 D	0,13
<i>Ort.</i>	0,25	0,21	0,19	
(LSD) NaCl: 0,008 Çeşit: 0,012 NaClxÇeşit: 0,021				

Şekil 9’da artan tuzluluk ile meydana gelen sap KM miktarlarındaki oransal düşüş verilmiştir. Çeşitler arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur. En yüksek düşüş oranı %35,8 ile tuza hassas çeşitte (IR31785) gözlemlenirken, en az düşüş ise %16,4 ile Yavuz çeşidinde tespit edilmiştir. Sap KM miktarındaki düşüşler dikkate alındığında yaprak KM düşüşü ile paralel olarak yerli çeşitlerden Yavuz’un tuzluluğa daha yüksek dayanıklılık gösterdiği, Demir ve Kral çeşitlerinin ise en düşük düzeyde dayanıklılık gösterdiğini söylem mümkündür.



Şekil 9. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde 60 mmol L⁻¹ tuzlulukda, kontrol koşullarına göre, sap kuru madde miktarında oransal azalma (%), (LSD 0,05).

Çeltik bitkisinde tuzluluğun sap gelişimine etkileri üzerine benzer sonuçlar Zeng (2005), Sese ve Tobita (1998) ile Demiral ve Türkan (2005) tarafından da elde edilmiştir.

4.3. Kök Kuru Madde Miktarı

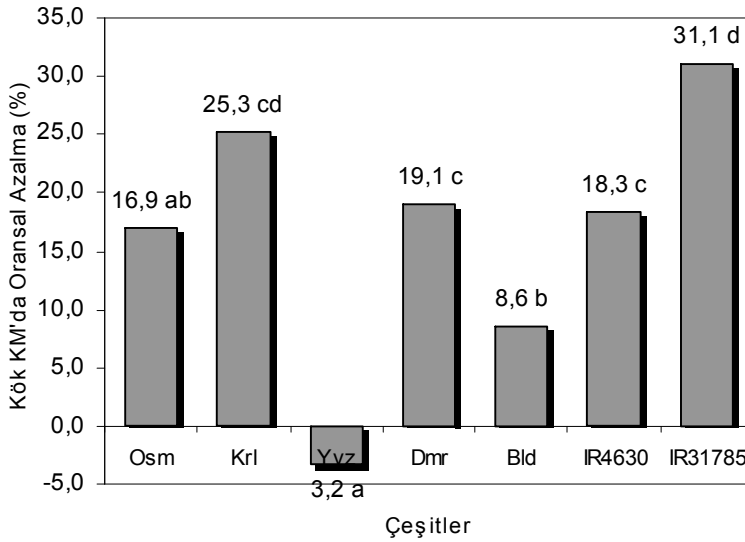
Çizelge 11’de çeltik fidelerinin farklı tuz konsantrasyonlarındaki kök KM miktarları verilmiştir. Tuz seviyeleri ve çeşitler arasındaki farklar ile çeşitx tuz etkileşimi istatistikî açıdan önemli bulunmuştur.

Ortalama Kök KM miktarının artan tuzluluk ile beraber 0,11 g'dan 0,09 g seviyesine gerilediği görülmektedir. Tuzsuz ortamda en yüksek kök KM miktarı 0,16 g ile Demir çeşidinde gözlemlenirken, orta seviyeli tuzlulukta (30 mmol), Demir ve Kral 0,13 g ile Yavuz ve Osmancık 0,12g ile en yüksek seviyeye ulaşmıştır. 60 mmol L⁻ tuz seviyesinde ise 0,13 g ile Demir çeşidinin en yüksek kök KM miktarına sahip olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 11. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde, farklı tuz konsantrasyonlarındaki kök kuru madde miktarı (gr)(LSD 0,05)

Çeşit	NaCl mmol L ⁻			
	0	30	60	Ort.
<i>Osmancık</i>	0,12 C	0,12 A	0,11 B	0,12
<i>Kral</i>	0,14 B	0,13 A	0,12 AB	0,13
<i>Yavuz</i>	0,12 C	0,12 A	0,12 AB	0,12
<i>Demir</i>	0,16 A	0,13 A	0,13 A	0,14
<i>Baldo</i>	0,09 D	0,09 B	0,08 C	0,09
<i>IR4630</i>	0,05 E	0,05 D	0,04 E	0,05
<i>IR31785</i>	0,09 D	0,07 C	0,06 D	0,07
<i>Ort.</i>	0,11	0,10	0,09	
(LSD) NaCl: 0,005 Çeşit:0,008 NaClxÇeşit:0,012				

Şekil 10'da kök KM miktarlarına ait oransal azalmalar verilmektedir. Elde edilen verilere göre çeşitlerin kök KM miktarlarındaki oransal azalma değerleri arasındaki farklar istatistikî açıdan önemli bulunmuştur. Yüksek tuzluluk koşullarında en yüksek düşüş %31,1 ile tuza hassas IR31785 çeşidinde gözlemlenirken, Yavuz



Şekil 10. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde 60 mmol L⁻¹ tuzlulukda, kontrol koşullarına göre, kök kuru madde miktarında oransal azalma (%), (LSD 0,05).

çeşidinde %3,2 bir artış gözlemlenmiştir. Yavuz çeşidinde tespit edilen 60 mmol tuz seviyesindeki benzeri artış, Demiral ve Türkan (2005) tarafından tuza dayanıklı Pakkoli çeşidinde de tespit edilmiştir. Yüksek tuzluluk koşullarında kökler tarafından su alınınının devamını sağlayabilmek için bazı ozmotik düzenleyicilerin akümüle edildiği bilinmektedir (Munns, 2002). Artışın, tuza dayanıklılık mekanizmasında önemli rolü olan ve köklerde akümüle edilen ozmotik düzenleyicilerin miktarının yüksek olmasından kaynaklandığını söylemek olasıdır.

Kök KM miktarındaki oransal azalma miktarı, tuza hassas ve dayanıklı çeşitler de (IR31785 ve IR4630) referans alındığında, yerli çeşitler arasında Yavuz çeşidi yüksek tolerans gösterirken, Kral çeşidinin ise hassas olduğu gözlemlenmektedir. Chuan ve Ching (1999) ile Lin ve Kao (2001) de farklı çeltik çeşitlerinde yaptıkları tuzluluk çalışmalarında, tuzluluğun kök KM miktarında meydana getirdiği değişiklik ile ilgili benzer sonuçları elde etmişlerdir.

4.4. Toplam Kuru Madde Miktarı

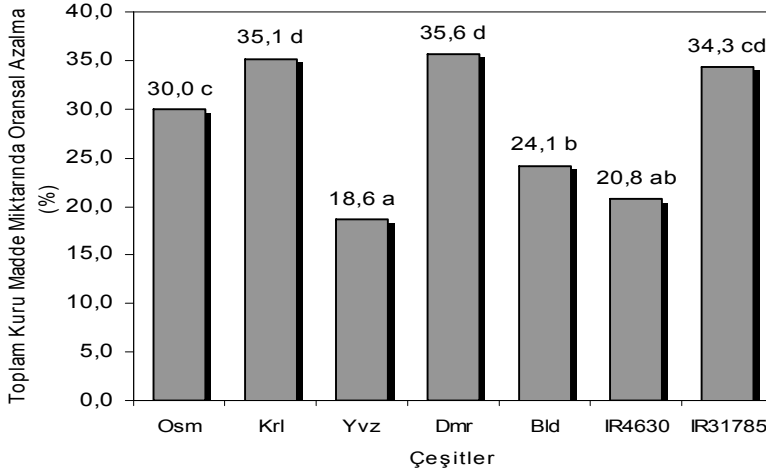
Çizelge 12’de çeltik fidelerine ait, farklı tuz seviyelerindeki toplam KM miktarları verilmektedir. Tuzluluk seviyeleri ve çeşitler arasındaki fark ile tuzxçeşit interaksyonu istatistikî olarak önemli bulunmuştur. Artan tuzluluk ile beraber ortalama toplam KM miktarı 0,64 g’ dan 0,46 g’a kadar düşmüştür. Tüm tuz seviyelerinde en yüksek KM miktarı sırası ile 0,99, 0,70 ve 0,64 g değerleri ile Demir çeşidinde tespit edilmiştir.

Çizelge 12. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde, farklı tuz konsantrasyonlarındaki toplam kuru madde miktarı (gr)(LSD 0,05)

Çeşit	NaCl mmol L ⁻¹			
	0	30	60	Ort.
<i>Osmancık</i>	0,70 C	0,58 B	0,49 C	0,59
<i>Kral</i>	0,78 B	0,59 B	0,51 C	0,63
<i>Yavuz</i>	0,68 C	0,61 B	0,56 B	0,62
<i>Demir</i>	0,99 A	0,70 A	0,64 A	0,78
<i>Baldo</i>	0,59 D	0,49 C	0,45 D	0,51
<i>IR4630</i>	0,32 F	0,27 E	0,25 F	0,28
<i>IR31785</i>	0,45 E	0,34 D	0,29 E	0,36
<i>Ort.</i>	0,64	0,51	0,46	
(LSD) NaCl: 0,013 Çeşit: 0,020 NaClxÇeşit: 0,035				

Şekil 11’de toplam KM miktarındaki azalmalar oransal olarak verilmektedir. Artan tuzluluk ile beraber en yüksek toplam KM düşüşü sırası ile %35,6 ve %35,1 değerleri ile Demir ve Kral çeşitlerinde gözlemlenirken, en az toplam KM kaybı %18,6 ile Yavuz çeşidinde tespit edilmiştir. Alpaslan ve ark. (1999), Lutts ve ark.(1996) ve Zeng (2005) tarafından çeltik bitkisi ile yapılan çalışmalarda, tuzluluk ve toplam KM miktarı arasında benzer ilişkiler tespit edilmiştir. Toplam KM miktarındaki oransal azalma çerçevesinde yerli çeşitler

değerlendirildiğinde, yaprak, kök ve sap KM değerlerinde olduğu gibi Yavuz çeşidi tuza en yüksek düzeyde tolerans göstermektedir. Demir ve Kral çeşitlerinin ise tuza oldukça hassas olduğu düşünülmektedir.



Şekil 11. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde 60 mmol L⁻¹ tuzlulukda, kontrol koşullarına göre, toplam kuru madde miktarında oransal azalma (%), (LSD 0,05).

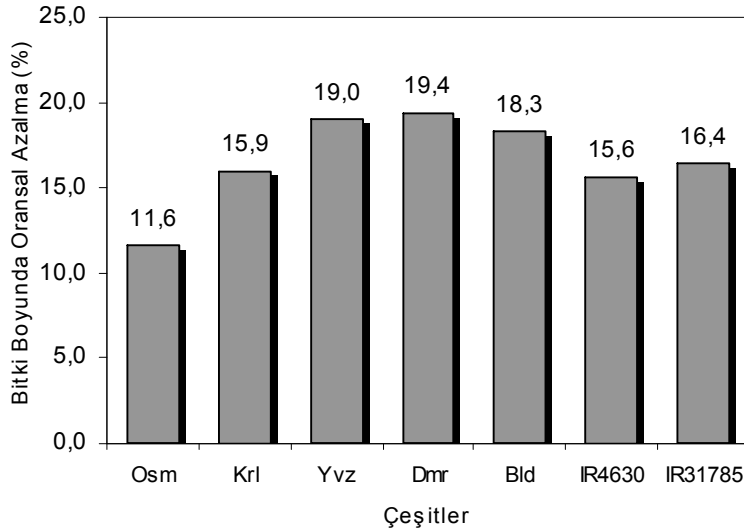
4.5. Bitki Boyu

Değişik tuz yoğunluklarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin, fide dönemine ait bitki boyları Çizelge 13’de verilmiştir. İstatistik analiz sonuçlarına göre, artan tuzluluk ile beraber bitki boyundaki azalma ile çeşitler arasındaki fark ve çeşit x tuz interaksyonu önemli bulunmuştur. Çizelge 13’de de görüldüğü gibi artan tuzluluk ile birlikte, bitki boyu ortalama 26,6 cm (0 mmol L⁻¹ NaCl)’den 22,2 cm (60 mmol L⁻¹ NaCl)’ye düşmüştür. Tüm tuz seviyelerinde Yavuz ve Demir’in en yüksek bitki boyu değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Şekil 12’de, 60 mmol L⁻¹ tuz seviyesinde, çeşitlerin, kontrol bitkilerine göre, bitki boylarındaki oransal azalmalar verilmiştir. Çeşitlerin, bitki boylarındaki oransal azalma değerleri arasındaki farklar istatistikî açıdan önemli bulunmamıştır. Bitki boyundaki en fazla düşüş %19,4 ile Demir çeşidinde belirlenirken, en az düşüş ise %11,6 ile Osmancık çeşidinde tespit edilmiştir.

Çizelge 13. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde, farklı tuz konsantrasyonlarındaki bitki boyları (cm) (LSD 0,05)

Çeşit	NaCl mmol L ⁻¹			
	0	30	60	Ort.
<i>Osmancık</i>	28,4 B	28,6 A	25,1 A	27,4
<i>Kral</i>	26,7 C	25,6 B	23,2 B	25,2
<i>Yavuz</i>	31,1 A	29,3 A	25,2 A	28,5
<i>Demir</i>	32,0 A	29,2 A	25,8 A	29,0
<i>Baldo</i>	28,4 B	25,5 B	23,2 B	25,7
<i>IR4630</i>	19,2 D	16,8 C	16,2 C	17,4
<i>IR31785</i>	20,1 D	17,8 C	16,8 C	18,2
<i>Ort.</i>	26,6	24,7	22,2	
(LSD) NaCl: 0,583 Çeşit: 0,891 NaClxÇeşit: 1,544				



Şekil 12. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde 60 mmol L⁻¹ tuzlulukda, kontrol koşullarına göre, bitki boylarındaki azalma (%), (LSD 0,05).

Çeşitli çalışmalarda çeltik bitkisinin fide dönemine ait, tuzluluk koşullarına tepkileri incelenmiş, bitki boyu değerlendirilen parametreler arasında yer almıştır. Bohra ve ark.(1995) ile Maiale ve ark.(2004)'nın yapmış olduğu çalışmalarda, artan tuzluluk seviyesi ile beraber, ele alınan çeltik çeşitlerinin bitki boyunda düşüş gözlemlenirken, tuza hassas çeşitlerde, tuza toleranslı çeşitlere göre bu düşüşün daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar mevcut çalışmamızda da elde edilmiş, uluslararası dayanıklılıkları sınanmış tuza hassas çeşit IR31785'de tuza toleranslı IR4630'a göre bitki boyundaki azalma daha fazla olmuş, ancak aradaki fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Bunun yanında, Zeng (2005), çeltik çeşitlerinin tuza reaksiyonlarının fizyolojik olarak ve büyüme parametreleri çerçevesinde değerlendirdiği çalışmasında, bitki boyunun çeşitler arasında, tek başına tuza dayanıklılığın tespitinde kullanılmasının mümkün olmadığına değinmiştir.

Bu veriler ışığında, tuzluluk ile beraber bitki boyunda bir azalmanın olduğunu, ancak tuza dayanıklı çeşidin seçiminde tek başına, bitki boyu'nun bir ölçüt olarak kullanılabilmesinin mümkün olmadığı anlaşılmaktadır.

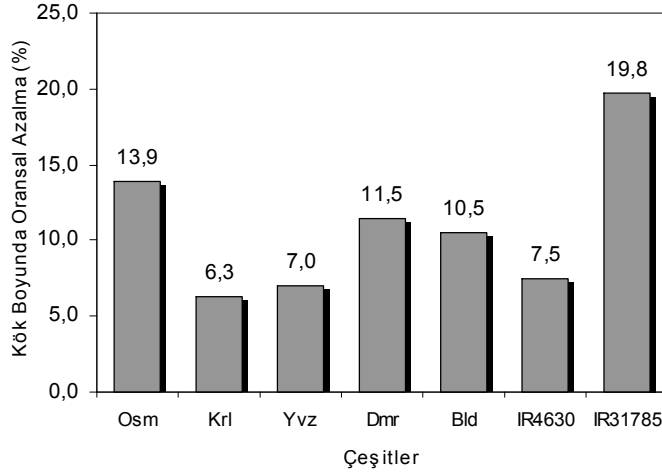
4.6. Kök Boyu

Çizelge 14'de, ele alınan çeşitlerin farklı tuz konsantrasyonlarında ki kök uzunlukları verilmiştir. Elde edilen verilere göre artan tuzluluk ile beraber kök uzunluklarındaki azalma ve çeşitler arasındaki farklar ile çeşitx tuz interaksiyon istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Ortalama kök boyu kontrol seviyesinde ($0 \text{ mmol L}^{-1} \text{ NaCl}$) 22,4 cm iken, $60 \text{ mmol L}^{-1} \text{ NaCl}$ seviyesinde 19,9 cm olduğu tespit edilmiştir. Kral, Demir, Osmancık ve IR31785 çeşitleri tüm tuz seviyelerinde en yüksek kök uzunluğuna sahip olurken, yüksek tuz seviyesinde Yavuz ve Baldo çeşitleride bunların arasında yer almıştır.

Çizelge 14. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde, farklı tuz konsantrasyonlarındaki kök boyları (cm) (LSD 0,05)

Çeşit	NaCl mmol L ⁻¹			
	0	30	60	Ort.
<i>Osmancık</i>	23,8 A	23,3 A	20,5 A	22,5
<i>Kral</i>	23,8 A	23,0 A	22,3 A	23,0
<i>Yavuz</i>	21,3 B	20,3 B	19,8 AB	20,5
<i>Demir</i>	24,4 A	23,3 A	21,6 A	23,1
<i>Baldo</i>	21,0 B	20,6 B	18,8 AB	20,1
<i>IR4630</i>	17,3 C	16,1 C	16,0 B	16,5
<i>IR31785</i>	25,3 A	24,1 A	20,3 A	23,2
<i>Ort.</i>	22,4	21,5	19,9	
(LSD) NaCl: 0,603 Çeşit: 1,139 NaClxÇeşit: 2,130				

Şekil 13’de 60 mmol L⁻¹ NaCl tuz seviyesindeki kök uzunluğunun, kontrol bitkilerine göre oransal azalması ele alınmıştır. Oransal azalma değerleri arasındaki fark istatistikî açıdan önemli bulunmazken, en fazla azalma oranı %19,8 ile tuza hassas çeşit IR31785’de görülmüştür. Artan tuzluluk ile beraber oransal olarak kök uzunluğunda en düşük azalma ise %6,3 ile Kral çeşidinde tespit edilmiştir.

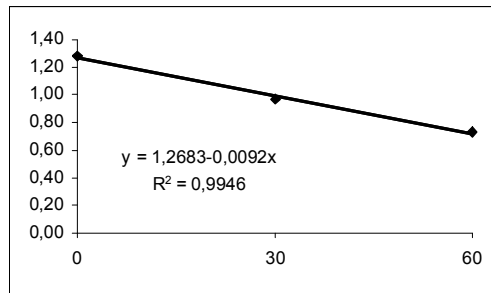


Şekil 13. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde 60 mmol L⁻¹ tuzlulukda, kontrol koşullarına göre, kök boylarındaki azalma (%), (LSD 0,05).

Elde edilen sonuçlara paralel olarak, Demiral ve Türkan (2005), yaptıkları çalışmada tuzluluğun kök uzamasına olumsuz etkisini belirlerken, çeşitler arasında oluşan farkın istatistikî olarak önemli olmadığına değinmişlerdir. Tuzluluk ile ilgili yapılan birçok çalışmada kök boyu değerlendirilen kriterler arasında alınmamış, ancak kök kuru ağırlığı ve hacmi gibi veriler ile birlikte kullanılarak tuza karşı tepkinin anlaşılması açısından önemli olacağı düşünülmektedir.

4.7. Kardeş Sayısı

Elde edilen deneme sonuçlarına göre kardeş sayısı ve tuz konsantrasyonu arasındaki fonksiyonel ilişki ($y = 1,2683 - 0,0092x$, $R^2 = 0,9946$) Şekil 14’de verilmektedir.



Şekil 14. Farklı tuz konsantrasyonlarındaki ortalama kardeş sayısına ait fonksiyon grafiği.

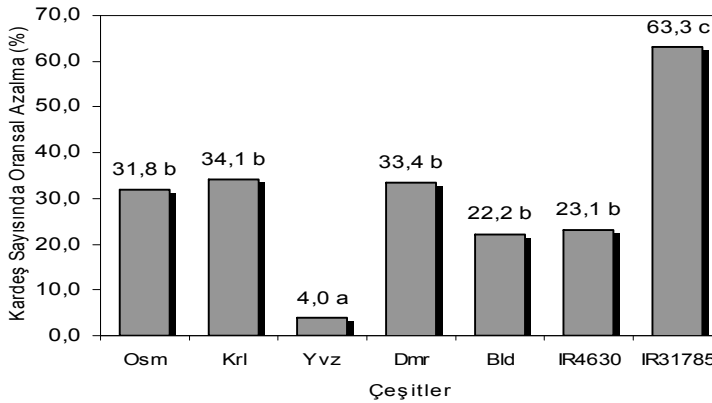
Ele alınan çeşitlerin farklı tuz konsantrasyonlarındaki kardeş sayıları çizelge 15’de verilmiştir. Artan tuzluluk oranı ile birlikte ortalama kardeş sayısında azalma istatistiki olarak önemli bulunurken, çeşitler arasındaki fark ile çeşitxtuz interaksyonu önemsiz bulunmuştur. Artan tuzluluk seviyesi ile birlikte ortalama kardeş sayısı 1,28 adet/bitki’den 0,73’e düşerken, kontrol koşullarında en yüksek kardeşlenme Kral çeşidinde gözlemlenmiştir. Orta ve yüksek seviyede tuzlulukta ise Kral, Yavuz, Demir, Baldo ve IR4630 çeşitleri en yüksek kardeşlenme miktarına sahip olmuşlardır.

Şekil 15’de çeşitlerin yüksek tuzluluk koşullarında, kontrol koşullarına göre kardeş sayılarındaki oransal azalma ele alınmıştır. Çeşitler arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunurken, en yüksek düşüş %63,3 ile tuza hassas çeşit IR38715’de gözlemlenmiştir. Yavuz çeşidinin kardeş sayısındaki azalma ise %4,0 ile en düşük seviyede olmuştur. Kuru madde miktarındaki azalmalar dikkate alındığında yerli çeşitlerden tuzluluğa en dayanıklı olarak kabul edilebilecek Yavuz çeşidi kardeşlenme miktarındaki oransal azalma göz önüne alınınca benzer performansı göstermektedir. Buna paralel olarak tuza hassas IR31785

Çizelge 15. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde, farklı tuz konsantrasyonlarındaki kardeş sayıları (adet/bitki) (LSD 0,05)

Çeşit	NaCl mmol L ⁻¹			
	0	30	60	Ort.
<i>Osmancık</i>	0,92	0,88	0,63	0,86
<i>Kral</i>	1,46	1,00	0,96	1,15
<i>Yavuz</i>	1,00	1,04	0,96	1,00
<i>Demir</i>	1,46	1,00	0,83	1,10
<i>Baldo</i>	1,25	0,92	0,79	0,99
<i>IR4630</i>	1,17	1,00	0,58	0,92
<i>IR31785</i>	1,67	0,96	0,33	0,99
<i>Ort.</i>	1,28 A	0,97 B	0,73 C	
(LSD) NaCl: 0,215				

çeşidindeki düşüş de dikkate alındığında, kardeşlenme ve tuzluluğa dayanıklılık arasında bir ilişkinin olabileceği düşünülebilir. Çeltik bitkisinde, tuzluluk ve kardeş sayısı arasındaki benzer ilişkiler Zeng ve Shannon (2000) ile Babu ve ark. (2005) tarafından da tespit edilmiştir.



Şekil 15. Çeltik çeşitlerinin fide döneminde 60 mmol L⁻¹ tuzlulukta, kontrol koşullarına göre, kardeş sayılarında oransal azalma (%), (LSD 0,05).

4.8.Yaprak Sayısı

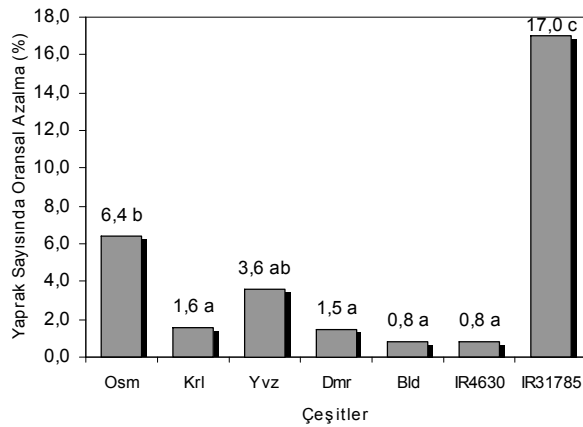
Çizelge 16’de, farklı tuz yoğunluklarında, çeltik fidelerinin bitkideki yaprak sayıları verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre artan tuzluluk ile yaprak sayısındaki azalma ve çeşitler arasındaki fark ile çeşitx tuz interaksiyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Çeşitlerin yaprak sayıları kontrol bitkilerinde 5,7 adet/bitki iken, 60 mmol L⁻¹ tuzluluk seviyesinde 5,4’e düşmüştür. IR31785 çeşidinin yaprak adeti kontrol koşullarında en yüksek seviyede iken, orta derece tuzlulukta çeşitler arasında önemli bir fark bulunamamıştır. 60 mmol seviyesinde ise hassas çeşit IR31785 hızlı bir düşüşle en düşük yaprak sayısına sahip olmuştur. Bu seviyede Demir, Yavuz, Kral Osmancık ve Baldo, bitkide en yüksek yaprak sayısı değerlerine ulaşmışlardır.

Şekil 16’de ele alınan çeşitlerin yüksek tuzluluk seviyesinde, kontrol seviyesine göre bitkideki yaprak sayılarındaki oransal azalma verilmiştir. Çeşitler arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunurken IR31785 (hassas) çeşidinde %17 ile azalma dikkat çekici bir oranda diğerlerinden yüksek bulunmuş, Baldo, IR4630, Demir, Yavuz ve Kral çeşitlerinde ise oransal düşüş en az seviyede kalmıştır.

Çizelge 16. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde, farklı tuz konsantrasyonlarındaki yaprak sayıları (adet/bitki)(LSD 0,05)

Çeşit	NaCl mmol L ⁻¹			
	0	30	60	Ort.
Osmancık	5,8 B	5,5 A	5,4 ABC	5,6
Kral	5,4 CD	5,4 A	5,4 ABC	5,4
Yavuz	5,8 B	5,6 A	5,5 AB	5,6
Demir	5,6 BC	5,5 A	5,6 A	5,6
Baldo	5,5 C	5,5 A	5,4 ABC	5,5
IR4630	5,4 CD	5,4 A	5,3 BC	5,4
IR31785	6,3 A	5,4 A	5,2 C	5,6
Ort.	5,7	5,5	5,4	
(LSD) NaCl: 0,103 Çeşit:0,157 NaClxÇeşit:0,272				

Bohra ve ark., (1995) mevcut çalışmaya paralel olarak, tuzluluk koşullarında çeltik bitkisinde yaprak sayısında düşüş olduğunu ve bu düşüşün tuza hassas çeşitte daha yüksek düzeyde gerçekleştiğini kaydetmişlerdir.



Şekil 16. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde 60 mmol L⁻¹ tuzlulukda, kontrol koşullarına göre, yaprak sayılarında oransal azalma (%), (LSD 0,05).

4.9. Klorofil pigment miktarları

Çizelge 17’da tuza en yüksek ve en düşük düzeyde dayanıklılık gösteren 4 farklı genotipe ait 0 ve 60 mmol L⁻¹ seviyesindeki klorofil a, b miktarları ile klorofil a/b oranı verilmektedir. Her iki pigment ve a/b oranı ayrı ayrı istatistiki değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Elde edilen verilere göre tuzluluk seviyeleri ve çeşitler arasındaki fark her karakter için istatiki olarak önemli bulunurken, tuzxçeşit interaksyonu sadece klorofil a için önemli bulunmuştur. Artan tuzluluk ile beraber her iki pigment içeriğinde de düşüş gözlemlenirken, 1 g kuru madde miktarındaki ortalama klorofil a içeriğindeki düşüşün 5,68 den 2,60 mg’a, yaklaşık %54,2, klorofil b içeriğinde ise, 1,85 den 1,14 mg’a, %38,4 olduğu saptanmıştır. Klorofil a/b oranı değerleri için ise çeşitler arasında fark önemsiz çıkarken tuz seviyeleri arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Artan tuzluluk ile beraber klorofil a/b oranının 3,1 seviyesinden 2,3 seviyesine düştüğü tespit edilmiştir.

Tuzluluk stresinin birçok bitkide olduğu gibi çeltik bitkisinde de klorofil pigment miktarında düşüşe neden olduğu çeşitli araştırmalarda

Çizelge 17. Çeltik çeşitlerinin, fide döneminde, farklı tuz konsantrasyonlarındaki klorofil a,b miktarları (mg g⁻¹ KM) ile klorofil a/b oranı (LSD 0,05)

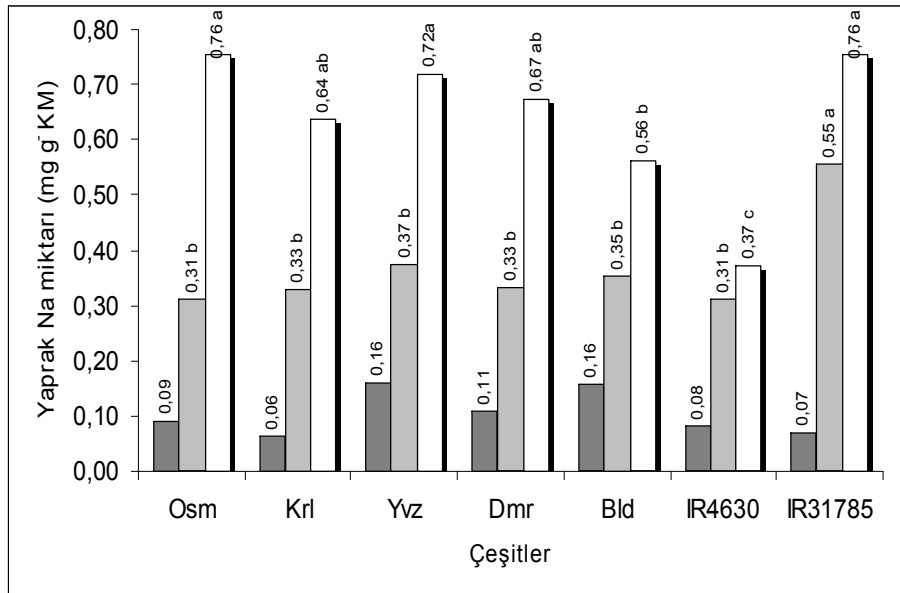
Çeşit	Klorofil-a			Klorofil-b			Klorofil a/b		
	0 mmol	60 mmol	Ort	0 mmol	60 mmol	Ort	0 mmol	60 mmol	Ort
<i>Kral</i>	6,37 A	3,23 A	4,80	2,03	1,33	1,68 A	3,2	2,4	2,8
<i>Yavuz</i>	5,80 B	3,00 B	4,40	1,93	1,33	1,63 A	3,0	2,3	2,7
<i>IR4630</i>	5,23 C	2,38 C	3,81	1,73	1,08	1,41 B	3,1	2,3	2,7
<i>IR31785</i>	5,30 C	1,80 D	3,55	1,70	0,83	1,27 C	3,1	2,3	2,7
<i>Ort.</i>	5,68	2,60		1,85 A	1,14 B		3,1 A	2,3 B	
<i>LSD</i>	NaCl:0,112 Çeşit:0,158 NaClxÇeşit:0,22			NaCl:0,083 Çeşit:0,118			NaCl:0,194 Çeşit:0,274		

ortaya konmuştur (Mitsuya et al., 2003a; Alamgir and Ali, 1999; Sing and Dubey, 1995). Klorozis ilk olarak yaşlı yapraklarda başlayarak, pigment miktarında hızlı bir düşüşe neden olmaktadır (Parida and Das, 2005). Garcia ve ark. (1997), artan tuzluluk ile beraber çeltik bitkisinde,

klorofil pigment içeriğindeki azalışın %48 düzeyinde olduğunu tespit etmiş ve bu değer çalışmamızda elde edilen değerlerle paralellik göstermektedir. Elde edilen sonuçlara göre klorofil a miktarının, klorofil b miktarından tuzluluktan daha fazla etkilendiği tespit edilmiş, benzer sonuçlar Sing ve Dubey (1995) tarafından da tespit edilmiştir.

4.10. Yaprakta Na^+ miktarı

Şekil 17’de çeltik çeşitlerinin fide dönemine ait, farklı tuz konsantrasyonlarındaki, yaprak Na^+ içerikleri verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre çeşitler arasında orta ve yüksek tuzluluk koşulları ile tuz seviyeleri arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Bununla birlikte tuzxçeşit interaksyonunu da önemli bulunmuştur. Tuzsuz koşullarda tüm çeşitlere ait yaprak Na^+ içerikleri benzerlik gösterirken 30 mmol L^{-1} tuz yoğunluğunda, tuza hassas çeşit IR31785’de hızlı bir şekilde artarak 0,55 mg g⁻¹ KM seviyesinde en yüksek değere ulaşmıştır. Yüksek tuz konsantrasyonunda ise en yüksek değere sahip çeşitler sırası ile 0,76 ve 0,72 mg g⁻¹ KM içerikleri ile IR31785 ve Osmancık ile Yavuz çeşitleri olmuştur.

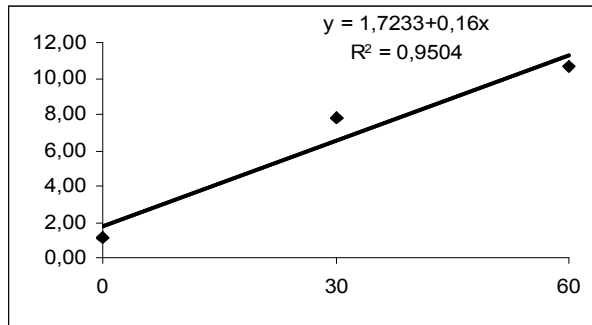


Şekil 17. Çeltik çeşitlerinin, fide dönemine ait, farklı tuz seviyelerinde, yaprak Na^+ içerikleri (mg g⁻¹ KM), (LSD 0,05). ■ 0 mmol, □ 30 mmol □ 60 mmol NaCl. (LSD) NaCl: 0,059 Çeşit:0,090 NaClxÇeşit:0,156

Yapılan bir çok çalışmada artan tuzluluk ile beraber çeltik bitkisinde ve yapraklarında Na^+ miktarı artışı tespit edilmiştir (Zeng, 2005; Lutts et al. 1999; Maribel et al., 2000; Alpaslan et al., 1999). Maribel ve ark. (2000), 4 farklı çeltik çeşidi ile yaptığı çalışmada tuzluluk koşullarında, yaprak Na^+ içeriğindeki artışın tuza hassas çeşitlerde dayanıklı çeşitlere göre daha belirgin olduğunu tespit etmişlerdir. Mevcut çalışmada elde ettiğimiz sonuçlara göre şahit niteliğindeki tuza hassas ve dayanıklı (IR31785 ve IR4630) çeşitlerde benzer bir fark çok açık şekilde ortaya çıkmaktadır. Ancak yerli çeşitlerden tuza dayanıklılık göstermiş yavuz çeşidi ile daha hassas olan kral ve demir çeşidi arasında bu tür bir ilişki görmek mümkün değildir. Tuza tolerans bitkide farklı seviyelerde ve mekanizmalarda sağlanabilmektedir (Larcher, 2001). Bazı bitkilerde tuza tolerans yaprak düzeyinde sağlanırken (Greenway and Rogers, 1963) bazı bitkilerde alınan tuzlar kök seviyesinde vakuolde depolanarak, sap ile diğer organlara ulaşması engellenir (Levitt, 1972). Elde ettiğimiz sonuçlarda, yerli çeşitlerin, yaprak düzeyinde tuz içerikleri ve tuza dayanıklılık arasında ilişkinin olmayışı, tuza dayanıklı olarak tespit ettiğimiz Yavuz çeşidinin farklı bir dayanıklılık mekanizmasına sahip olabileceğinden kaynaklanabilir.

4.11. Kökte Na^+ miktarı

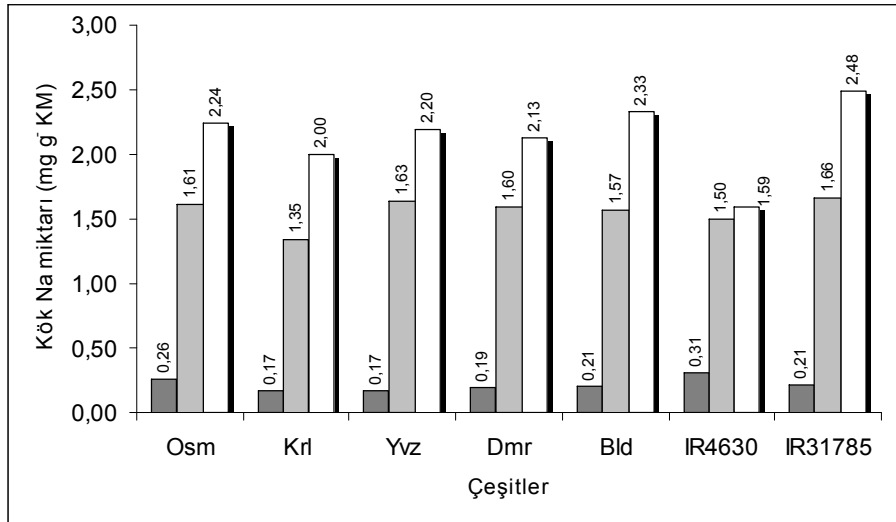
Elde edilen deneme sonuçlarına göre kökte sodyum miktarı ve tuz konsantrasyonu arasındaki fonksiyonel ilişki ($y = 1,7233 - 0,16x$, $R^2 = 0,9504$) Şekil 18’de verilmektedir.



Şekil 18. Farklı tuz konsantrasyonlarındaki kök Na^+ miktarına ait eğri

Şekil 19’de çeltik çeşitlerinin fide dönemine ait, farklı tuz konsantrasyonlarındaki, kök Na^+ içerikleri verilmiştir. Elde edilen

sonuçlara göre tuzluluk seviyeleri arasındaki farklar istatistikî olarak önemli bulunurken, çeşitler arasındaki farklar ile tuzxçeşit interaksyonu önemli bulunmamıştır. Köklerde ortalama sodyum miktarı sırası ile 0, 30 ve 60 mmol L⁻¹ tuzlulukta, 0,22, 1,56 ve 2,14 mg g⁻¹ KM seviyesinde, aratan tuzluluk ile beraber dikkat çekici şekilde yükselmiştir. Bunun yanında 60 mmol tuz seviyesinde en yüksek Na⁺ içeriği 2,48 mg g⁻¹ KM ile hassas çeşit IR31785'de, en düşük ise 1,59 mg g⁻¹ KM ile tuza dayanıklı çeşit IR4630'da gözlenmiştir.



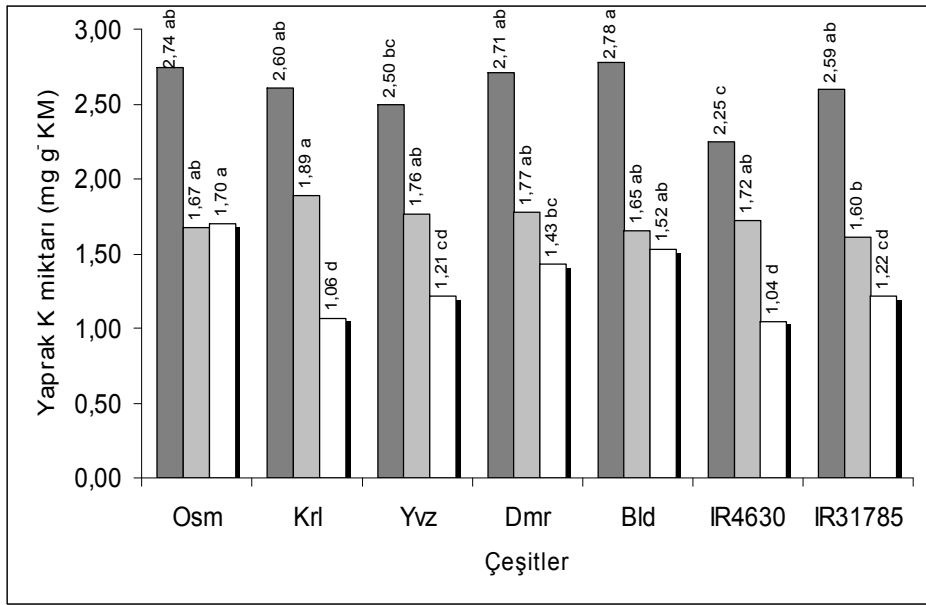
Şekil 19. Çeltik çeşitlerinin fide dönemine ait, farklı tuz seviyelerinde, kök Na⁺ içerikleri (mg g⁻¹ KM), (LSD 0,05). ■ 0 mmol, □ 30 mmol, ▤ 60 mmol NaCl. (LSD) NaCl:0,153 Çeşit:0,233 NaClxÇeşit:0,404

Çeşitli bitkilerde, tuzluluk koşullarında kök sodyum içeriği incelenmiş (Parida et al., 2005) ve artan tuzluluk ile birlikte artış gösterdiği tespit edilmiştir. Bunun yanında hücre içi Na⁺ konsantrasyonu dikkate alındığında kök verileri yapraklar kadar sağlıklı olmayacaktır. Kök ölçümlerinde, hücreler arası Na⁺ miktarının da oldukça yüksek olacağı ve sadece interselüler Na⁺ değerini veremeyeceği için bitki bünyesine alınan miktarı temsil etmeyecektir. Elde edilen sonuçlarda da görüldüğü gibi kök sodyum içeriği yapraklara nazaran oldukça yüksek olup, bu değer içerisinde hücreler arası tuz miktarının da katıldığı dikkate alınmalıdır. Bu nedenle çeltik bitkisinde de kök sodyum içeriğinin incelendiği çok fazla çalışma olmamakla beraber, genel anlamda fikir vermesi açısından önemlidir. Mevcut çalışmadan elde ettiğimiz sonuçlara

göre kökte Na^+ miktarı artan tuzlulukla beraber, tuza hassas çeşit IR31785’de hızlı bir şekilde artarken, tuza dayanıklı çeşit IR4630’da artış aynı düzeyde olmamıştır. Tuza dayanıklı kabul edilen Yavuz ve hassas kabul edilen Kral ve Demir çeşidinde ise sodyum miktarı ve dayanıklılık arasında benzer ilişki bulunamamıştır. Bu da farklı çeşitlerde tuza tolerans mekanizmalarının farklı olabileceğini göstermektedir.

4.12. Yaprakta K^+ miktarı

Şekil 20’de çeltik çeşitlerinin, farklı tuz seviyelerinde yapraklarındaki K^+ miktarı verilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre,



Şekil 20. Çeltik çeşitlerinin fide dönemine ait, farklı tuz seviyelerinde, yaprak K^+ içerikleri ($\text{mg g}^{-1} \text{KM}$), (LSD 0,05). ■ 0 mmol ■ 30 mmol □ 60 mmol NaCl. (LSD) NaCl:0,095 Çeşit:0,144 NaClxÇeşit: 0,250

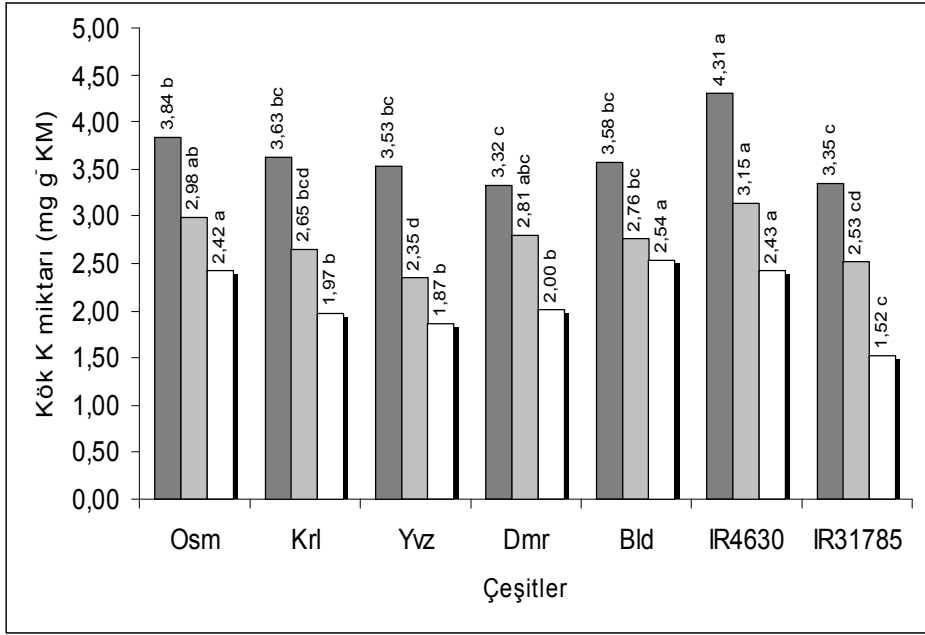
tuzluluk seviyeleri ve çeşitler arasındaki fark ile tuzxçeşit interaksyonu istatistikî olarak önemli bulunmuştur. Artan tuzluluk ile beraber K^+ miktarının ortalama 2,60dan, 1,30 $\text{mg g}^{-1} \text{KM}$ 'ye, yaklaşık %50 oranında düşüş gösterdiği tespit edilmiştir. 0 mmol seviyesinde, yaprakta en yüksek K^+ miktarı, 1,70 $\text{mg g}^{-1} \text{KM}$ ile Osmancık çeşidinde gözlemlenirken, 30 ve 60 mmol seviyesinde sırasıyla 1,89 ve 2,78 $\text{mg g}^{-1} \text{KM}$ ile Kral ve Baldo çeşitleri en yüksek değerlere ulaşmışlardır.

Yapılan birçok çalışmada çeltik bitkisi yapraklarında K^+ miktarının artan tuzluluk ile beraber azaldığına dair benzer sonuçlar elde edilmiştir (Mitsuya et al., 2003(b); Maribel et al., 2000; Lutts et al., 1996). Tuzluluk koşullarında Na^+ 'un membranlardan hücre içerisine girişi, K^+ ile aynı kanalları kullanarak sağlanmaktadır. Bu durum yüksek tuz konsantrasyonlarında bitki kökleri tarafından alınan K^+ ve Na^+ arasında rekabete neden olmaktadır (Munns et al., 2002). Mevcut çalışmada elde ettiğimiz sonuçlara göre de, artan tuzluluk ile beraber yapraklarda Na^+ miktarı artarken, K^+ miktarında azalma olduğu tespit edilmiştir.

4.13. Kökte K^+ miktarı

Şekil 21'de çeltik fidelerinin farklı tuz konsantrasyonlarındaki kök K^+ içerikleri verilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre çeşitler ve tuz seviyeleri arasındaki farklar ile tuzxçeşit etkileşimini istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. 0 mmol tuz seviyesinde 3,65 mg g⁻¹ KM olan ortalama kök K^+ miktarı, 60 mmol seviyesinde yaklaşık %42,3'lük bir düşüşle 2,11 mg g⁻¹ KM olduğu tespit edilmiştir. Kontrol koşullarında, kökte en yüksek potasyum miktarı sırası ile 2,54, 2,43 ve 2,42 mg g⁻¹ KM ile Baldo, IR4630 ve Osmancık çeşitlerinde görülürken, orta ve yüksek tuzluluk koşullarında 3,15 ve 4,31 mg g⁻¹ KM ile IR4630 çeşidinde tespit edilmiştir.

Lutts ve ark. (1999), elde edilen sonuçlara paralel olarak, artan tuzluluk ile beraber çeltik köklerindeki K^+ miktarındaki benzer seviyedeki azalmayı, yapmış oldukları çalışmada tespit etmişlerdir. Bunun yanında aralarında halofit ve glikofit bitkilerinde yer aldığı birçok

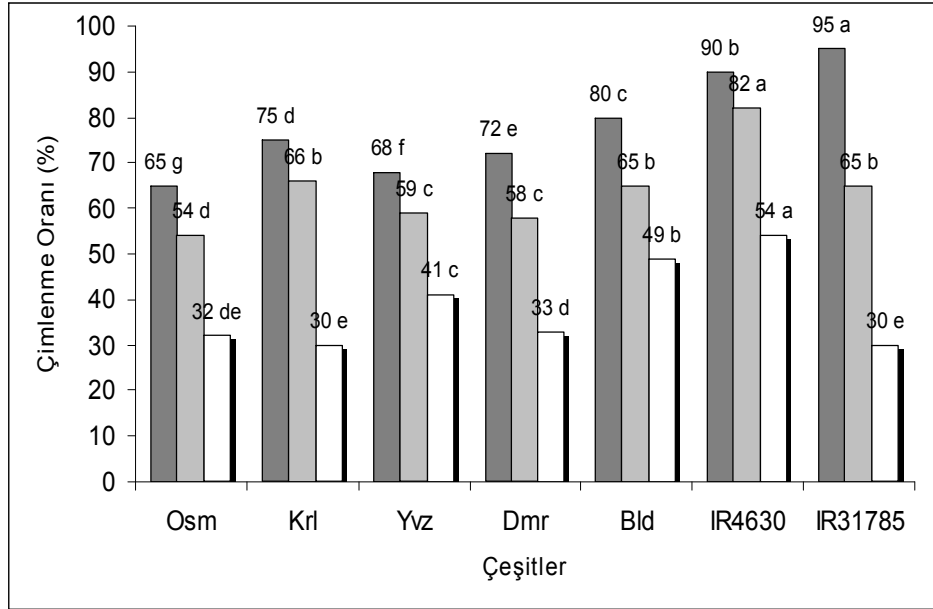


Şekil 21. Çeltik çeşitlerinin fide dönemine ait, farklı tuz seviyelerinde, kök K^+ içerikleri ($mg\ g^{-1}\ KM$), (LSD 0,05). ■ 0 mmol, ■ 30 mmol □ 60 mmol NaCl. (LSD) NaCl:0,130 Çeşit:0,198 NaClxÇeşit:0,343

çalışmada, Na^+ ve K^+ miktarları arasında, negatif korelasyon tespit edilmiştir. Mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlara göre tüm tuzluluk koşullarında da tuza dayanıklı çeşit IR4630, kökte en yüksek K^+ içeriğine sahip olurken IR31785 en düşük seviyeye sahip olmuştur. Bu bakımdan kökte K^+ miktarı ile tuza dayanıklılık arasında bir ilişki olabileceği düşünülebilecektir.

4.14. Çimlenme Oranı

Çeltik fidelerine ait, farklı tuz konsantrasyonlarındaki çimlenme oranları Şekil 22’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, tuzluluk seviyeleri ve çeşitler arasındaki fark ile tuzxçeşit interaksyonu istatistikî olarak önemli bulunmuştur. 0 mmol L^- tuz seviyesinde en yüksek çimlenme oranı %95 ile IR31785 çeşidinde gözlemlenirken, 30 ve 60 mmol seviyesinde sırası ile %82 ve %54 oranları ile IR4630 çeşidi en yüksek çimlenme oranına sahip olmuştur. En yüksek tuzluluk seviyesinde, çimlenme oranlarında en fazla düşüş % 68 ile tuza hassas çeşit IR31785’de gözlemlenirken, en az düşüş ise %40 ile tuza dayanıklı



Şekil 22. Çeltik çeşitlerinin farklı tuz seviyelerinde, çimlenme oranları (%), (LSD 0,05).

■ 0 mmol, ■ 30 mmol □ 60 mmol NaCl.

(LSD) NaCl:0,954 Çeşit:1,457 NaClxÇeşit:2,254

IR4630 ve Yavuz çeşitlerinde tespit edilmiştir. Artan tuzluluk ile çimlenme oranlarındaki en yüksek düşüş ise yerli çeşitler arasında Kral ve Demir çeşitlerinde gözlemlenmiştir. Ele alınan çeltik çeşitlerinde fide döneminde uygulanan tuzluluk ile çimlenme döneminde uygulanan tuzluluğa çeşitlerin reaksiyonu paralellik gösterdiği görülmektedir.

Tun ve ark. (2003) ile Ash ve Wopereis (2001) tarafından yapılan çalışmalarda, mevcut çalışma sonuçlarına paralel olarak çeltik çeşitlerinin çimlenme oranları artan tuzluluk ile beraber düşüş gösterirken, tuza dayanıklı çeşitlerde bu düşüşün tuza hassas çeşitlere göre daha az olduğu belirtilmiştir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Kiel Üniversitesi Bitki Besleme ve Toprak Bilimleri Enstitüsü ile Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümüne ait sera ve laboratuvarlarda yürütülen bu çalışmada, farklı çeltik çeşit ve hatlarının, çimlenme ve fide döneminde, tuzluluğa karşı tolerans seviyeleri ile bazı reaksiyonları fizyolojik olarak incelenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, ölçülen tüm karakterler artan tuz seviyelerinde istatistiki olarak önemli farklılıklar göstermişlerdir. Çeşitler arasında ise kardeş sayısı, Kök Na^+ miktarı ve klorofil a/b oranı dışındaki tüm karakterlerde önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Tuz ve çeşit ikili interaksiyonu incelendiğinde, kardeş sayısı, Kök Na^+ miktarı, klorofil b miktarı ve klorofil a/b oranı dışındaki karakterlerde istatistiki olarak önemli farklılıklar olduğu tespit edilmiştir.

Kuru madde verileri incelendiğinde, şahit olarak alınan hassas çeşidin (IR31785) tuza dayanıklı çeşit (IR4630)'e göre, artan tuzluluk ile beraber yaprak, kök, sap ve toplamında düşüşün daha yüksek olduğu teyit edilmiştir. Yerli çeşitler arasında ise tüm kuru madde değerlerinde Yavuz çeşidi yüksek performans gösterirken, Kral ve Demir çeşitlerinde ise artan tuzluluk ile beraber düşüş daha yüksek olmuştur.

Çeşitlere ait bitki ve kök boyları verileri incelendiğinde, tuzluluk seviyesindeki artışı ile beraber tüm çeşitlerde düşüş gözlemlenirken, çeşitler arasında fark olmadığı tespit edilmiştir. Özellikle kök boyundaki oransal azalma, tuza hassas çeşitte, dayanıklı çeşide göre daha yüksek olmasının yanında, yerli çeşitlerde dikkate alındığında, bitki ve kök boyu parametrelerinin tuza dayanıklılık ile bir ilişkisi tespit edilememiştir.

Artan tuzluluk seviyesi ile beraber çeşitlere ait kardeş sayılarında önemli düzeyde düşüş belirlenmiştir. Kardeş sayılarındaki düşüş çeşitler arasında istatistiki olarak önemli düzeyde fark yaratırken, azalma tuza hassas çeşit (IR31785)'de, tuza dayanıklı çeşit (IR4630)'den belirgin şekilde yüksek olmuştur. Yerli çeşitler arasında ise Yavuz çeşidi en az düşüş oranında en yüksek performansı göstermiştir.

Çeşitlere ait yaprak sayıları, artan tuzluluk ile beraber düşüş gösterirken, çeşitler arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur. En yüksek düşüş tuza hassas (IR31785) çeşitte gözlemlenirken, IR4630, Baldo, Demir, Kral ve Yavuz çeşitlerindeki düşüş en az seviyede gerçekleşmiştir.

Klorofil a ve b miktarları ile klorofil a/b oranının artan tuzluluk ile beraber ele alınan tüm çeşitlerde düşüş gösterdiği tespit edilmiştir. Bunun yanında klorofil a pigment miktarının, tuzluluk ile beraber klorofil b pigmentine göre daha fazla düşüş gösterdiği belirlenmiştir.

Yaprak ve Kök deki Na^+ miktarları artan tuzluluk ile beraber yükselme göstermiş, Yapraktaki Na^+ miktarları açısından çeşitler arasında istatistiki önem düzeyinde fark tespit edilmiştir. Yüksek tuzluluk seviyesinde yaprakta ve kökte en yüksek sodyum miktarı tuza hassas çeşit (IR31785) ve Osmancıkta tespit edilirken, en düşük tuza dayanıklı (IR4630) çeşitte gözlemlenmiştir.

Yaprak ve kökteki K^+ miktarı artan tuzluluk ile beraber düşüş göstermiş ve çeşitler arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Yüksek tuzluluk seviyesinde yaprakta en yüksek K^+ miktarı Baldo çeşidinde, en düşük ise tuza dayanıklı (IR4630) çeşitte belirlenmiştir. Kökte ise en yüksek değere tuza dayanıklı çeşit (IR4630), en düşük değere ise tuza hassas çeşitte (IR31785) ulaşılmıştır.

Artan tuzluluk ile beraber çimlenme oranlarında düşüş tespit edilirken çeşitler arasındaki farklar istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Yüksek tuzluluk seviyesinde çimlenme oranındaki en yüksek düşüş tuza hassas çeşitte (IR31785), en az düşüş ise tuza dayanıklı (IR4630) ve Yavuz çeşitlerinde belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlar ışığında, Yavuz çeşidinin diğer yerli çeşitlere göre tuza daha yüksek dayanıklılık gösterdiği, Demir ve Kral'ın ise daha hassas olduğu söylenebilir. Çeltik bitkisinin tuza en hassas olduğu erken gelişme dönemi dikkate alındığından, Yavuz çeşidinin tuzlu koşullarda daha yüksek performans göstereceği düşünülmektedir. Değişik fizyolojik parametreler dikkate alındığında ise çeşitlerin tuzluluğa karşı farklı tolerans mekanizmalarının olduğu görülmektedir.

6. YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Abdelgadir, E., Oka, M. And Fujiyama, H., 2005, Nitrogen nutrition of rice plants under salinity, *Biologia Plantarum*, 79:99-104 p.
- Açıkgöz, N. ve Gevrek, M.N., 1989, Bazı çeltik mutantlarının tuza karşı reaksiyonları üzerine araştırmalar, E.Ü.Araştırma Fonu Projesi, Proje no: 90-ZRF-156, Bornova.
- Açıkgöz, N. ve Gevrek, M.N., 1992, Çeltik mutantlarının tuza karşı tepkileri üzerine araştırmalar. *Tr.J. of Agriculture and Forestry*, Tübitak. 18:176-186 p.
- Agar, G., 1985, Çeltikte farklı tuz konsantrasyonlarında bazı agronomik karakterlerin varyasyonu, Yüksek Lisans Tezi, E.Ü.Z.F. Tarla Bitkileri Bmlümü, s.1-2.
- Akman, Y., Küçüköyük, M, Düzenli, S, ve Tuğ, G.N., 2001, Bitki Fizyolojisi, Ankara.
- Alamgir, A.N. and Ali, M.Y., 1999, Effect of salinity on leaf pigments,sugar and protein concentrations and chloroplast ATPase activity of rice (*Oryza sativa* L.), *Bangladesh J Bot*, 28:145-149 p.
- Alpaslan, M., Güneş, A. and Taban, S., 1999, Salinity resistance of certain rice (*Oryza sativa* L.) cultivars, *Tr.J. of Biology*, 23:199-506 p.
- Amtmann, A. and Sanders, D., 1999, Mechanisms of Na⁺ uptake by plant cells. *Adv. Bot. Res.*, 29:75–112 p.
- Anonim, 1951, Soil Survey Manuel, Handbook 18, U.S.Covt. Printing Office Washington D.C., 339-263s.
- Anonim, 1954, Diagnosis Improvment of Saline and Alkali Soils, Agriculture Hand Book, U.S.Gout. Printing Office Washington D.C., No:60.

YARARLANILAN KAYNAKLAR (DEVAMI)

- Arnon, D.I., 1949, Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*, *Plant Physiology*, 24: 1-15 p.
- Asch, F., Dingkhun, M., Wittstock, C. and Doerffling, K., 2000, Sodium and potassium uptake of rice panicles as affected by salinity and season in relation to yield and yield components, *Plant and Soil*, 207: 133-145 p.
- Asch, F. and Wopereis, M.C.S., 2001, Responses of field-grown irrigated rice cultivars to varying levels of floodwater salinity in a semi-arid environment, *Field Crops Research*, 70: 127-137 p.
- Ashraf, M., 1994(a), Breeding for salinity tolerance in plants, *Crit. Rev. Plant Sci.*, 13: 17-42p.
- Ashraf, M., 1994(b), Organic substance responsible for salt tolerance in *Eruca sativa*, *Biol Plant.* 36:255-259.
- Ashraf, M. and Tufail, M., 1995, Variation in Salinity Tolerance in Sunflower (*Helianthus annuus* L.), *J.Agron. Soil Sci.* 174:351-362p.
- Ashraf, M. and Haris, P.J.C., 2005, Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants, *Plant Science*, 166: 3-16 p.
- Babu, C.R., Vijayalakshmi, C. and Mohandas, S., 2005, Evaluation of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes for salt tolerance, *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 3: 190-194 p.
- Beşer, N., 2006, Tuzlu ve alkali şartlarda çeltik tarımı, Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü, www.ttae.gov.tr.
- Beyce, Ö., 1962, Tuzlu ve alkali toprakların ıslahı. Toprak Su, Yayın No: 119, Ankara.

YARARLANILAN KAYNAKLAR (DEVAMI)

- Bernstein, L., Francois, L.E. and Clark, R.A., 1974, Interactive effects of salinity and fertility on yields of grains and vegetables, Argon. J., 66: 412-421 p.
- Bhattacharjee, S. and Mukherjee, A.K., 2002, Salt stres-induced cytosolute accumulation, antioxidant response and membrane deterioration in three rice cultivars during early germination, Seed Science and Technology, 30: 279-287 p.
- Bohra, J.S., Dörffling, H. and Dörffling, K., 1995, Salinity tolerance of rice (*Oryza sativa* L.) with reference to endogenous exogenous abscisic acid, J. Agronomy & Crop Science, 174: 79-86 p.
- Brugnoli, E. and Bjorkman, O., 1992, Growth of cotton under continous salinity stres: influance on allocation pattern, stomatal and non-syomatal compenents of photosynthesis and dissipation of excess light energy, Planta, 187: 335-347 p.
- Ceylan, A., 1994, Tarla Tarımı Ders Kitabı, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:491,Bornova.
- Chuan, C.L. and Ching, H.K.,1999, NaCl induced changes in ionically bound peroxidase activity in roots of rice seedlings, Plant and Soil, 216: 147-153 p.
- Cram, W.J., 1976, Negative feedback regulation of transport in cells. the maintenannce of turgor, volume and nutrient supply, encyclopaedia of plant physiology, New Series, Berlin, Vol.2, 284-319p.
- Cramer, G.R. and Lauchli, A., 1986, Ion activities in solution in relation to Na^+ - Ca^{2+} interactions at the plasmalemma, Journal of Experimental Botany, 37: 321-330 p.

YARARLANILAN KAYNAKLAR (DEVAMI)

- Demiral, T. and Türkan İ., 2005, Comparative lipid peroxidation, antioxidant defense systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance, *Environmental and Experimental Botany*, 53: 247-257p.
- Ergene, A., 1982, Toprak Bilgisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum.
- FAO, 2003, http://www.fao.org/waicent/portal/statistics_en.asp, Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- Gadallah, M.A.A., 1999, Effects of proline and glycinebetaine on vicia faba responses to salt stres, *Biologia Plantarum*, 42: 249-257 p.
- Garcia, A.B., Almeida-Engler, J., Lyer, S., Gerats, T., Montagu, M.V. and Caplan, A.B., 1997, Effects of osmoprotectants upon NaCl stres in rice, *Plant Physiology*, 115:159-169p.
- Ghassemi, F., Jakeman, A.J. and Nix, H.A., 1995, Salinisation of land and water resources, University of New South Wales Pres Ltd, Australia, 31-33p.
- Greenway, H. and Rogers, A., 1963. Growth and ion uptake of *Agropyron elongatum* on saline substrates as compared with a salt-tolerant variety of *Hordeum vulgare*, *Plant and Soil*,18: 21-30p.
- Greenay, H. and Munns, R., 1980, Mechanism of salt tolerance in non-halophytes, *Annu. Rev., Plant Physiology*, 31:149-190p.
- Hien, D.T., Jacobs, M., Angenon, A., Hermans, C., Thu, T.T., Son, L.V. and Roosens, N.H., 2003, Proline accumulation and pyrroline-5-carboxylate synthehtase gene properties in three rice cultivars differing in salinity and drought tolerance, 165: 1059-1068 p.

YARARLANILAN KAYNAKLAR (DEVAMI)

- Hsiao, T.C., 1973, Plant responses to water stres, *Annu. Rev. Plant. Physiol.*, 24: 519–570 p.
- Hoai, N.T.T., Shim, I.S., Kobayashi, K. and Kenji, U., 2003, Accumulation of some nitrogen compounds in response to salt stres and their relationships with salt tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings, *Plant Growth Regulation*, 41: 159-164 p.
- Hurkman, W.J., Rao, H.P. and Tanaka, C.K., 1991, Germin-like polypeptides increase in barley roots during salt stres, *Plant Physiol.*, 97; 366-374.
- Hu, Y. and Schmidhalter, U., 2005, Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants, *J. Plant Nutr. Soil. Sci.*, 168: 541-549 p.
- Jacobsan, T. and Adams, R.M., 1998, Salt and salt in Ancient mesopotamian agriculture. *Science* 128:1251-1258.
- James, D.W., Hanks, R.J. and Jurinak, J.J., 1982, Modern irrigated soils. John Wiley and Soons. Printed in the USA.. 235 p.
- Jayarman, J., 1992, Chlorophylls in leaf development, *Laboratory Manual in Biochemistry*, 171-172 p.
- Jones, R.G.W., 1981, Salt tolerance, *Physiological processes limiting plant productivity*, Butterworths, London, 271-292.
- Kacar, B., Katkat, A.V. ve Öztürk, Ş., 2002, Bitki Fizyolojisi, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No:198, Bursa.
- Kafalıoğlu., 1985, A research on the methods for determining salt tolerance in rice, E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, No:4815, Bornova.
- Kalaj, M.H. and Pietkiewicz, S., 1993, *Acta Physiol.Plant.*15:89-93s.

YARARLANILAN KAYNAKLAR (DEVAMI)

- Kwiatowsky, J., 1998, Salinity classification, mapping and management in Alberta.
- Larcher, W., 2001, Physiological Plant Ecology, Salt Stres, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 427-428 p.
- Lee, M.W., Qi, M., and Yang, Y., 2001. A novel jasmonic acid-inducible rice *myb* gene associates with fungal infection and host cell death. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 14:527-535 p.
- Levitt, J., 1972, Response of plants to environmental stresses, Academic Pres, New York.
- Lin, C.C. and Kao, C.H., 2001, Cell wall peroxidase activity, hydrogen peroxide level and NaCl-inhibited root growth of rice seedlings, *Plant and Soil*, 230: 135-143 p.
- Lutts, S., Kinet, J.M. and Bouharmont, J., 1996, NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance, *Annals of Botany*, 78: 389-398p.
- Lutts, S, Majerus, V. and Kinet, J.M., 1999, NaCl effects on proline metabolism in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings, *Physiologia Plantarum*, 105: 450-458 p.
- Maiale, S., Sanchez, D.H., Guirado, A., Vidal, A. and Ruiz, O.A., 2004, Spermine accumulation under salt stres, *J. Plant Physiology*, 161:35-42 p.
- Mali, P.C., Nanda, B.B. and Bhattacharya, D.P., 1980, Changes in the activity of some enzymes and free proline in rice(*Oryza sativa* L.) during water stres, *Plant Biochemical Journal*, 7: 126-132 p.
- Mansour, M.M.F., 2000, Nitrogen containing compounds and adaptation of plants to salinity stress, *Biol. Plant.* 43; 491-500.

YARARLANILAN KAYNAKLAR (DEVAMI)

- Maribel, L., Sese, D. and Tobita, S., 2000, Effects of salinity on sodium content and photosynthetic responses of rice seedling differing in salt tolerance, 157: 54-58 p.
- Marschner, H., 1995, Mineral Nutrition of High Plants, Academic Press, London.
- Milette, D., Madramootoo, C. and Buckland, G.D., 1993, Salt removal in a saline soil using fall irrigation under subsurface grid Drainage, Can Agric. Eng., 35(1):1-9s.
- Mitsuya, S., Kawasaki, M., Taniguchi, M. and Miyake, H., 2003(a), Relationship between salinity-induced damages and aging in rice leaf tissues, Plant Prod. Sci. 6: 213-218 p.
- Mitsuya, S., Kawasaki, M., Taniguchi, M. and Miyake, H., 2003(b), Light Dependency of salinity-induced chloroplast degradation, Plant Production Sci., 6: 219-223 p.
- Munns, R., 2002, Comparative physiology of salt and water stress, Plant, Cell and Environment, 25: 239-250 p.
- Munns, R., Rebetzke, G.J., Husain, S., James, R.A. and Hare, R.A., 2003, Genetic control of sodium exclusion in durum wheat, Aust. J. Agric. Res. 54: 627-635 p.
- Nakamura, I., Murayama, S., Tobita, S., Bong, B.B., Yanagihara, S., Ishimine, Y. and Kawamitsu, Y., 2002, Effect of NaCl on the photosynthesis, water relations and free proline accumulation in wild Oryza species, Plant Production Science, 5: 305-310 p.
- Özcan, H., Turan, M.A., Çıkılı, Ö. ve Taban S., 2000, Tuz stresinde bazı nohut (*Cicer arietinum* L. cvs.) çeşitlerinin gelişimi ve prolin, sodyum, klor, fosfor ve potasyum konsantrasyonlarındaki değişimler, Turk. J. Agric. For., 24: s. 649-654

YARARLANILAN KAYNAKLAR (DEVAMI)

- Parida, K.A. and Das, A.B., 2005, Salt tolerance and salinity effects on plants: a review, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60: 342-349p.
- Perssarakli, M. and Szabolcs, I., 1997, Soil Salinity and Sodidity as Particular Plant/Crop Stres Factors, *Handbook of Plant and Crop Stres*, University of Arizona, 1-13p.
- Rabe, B., 1990, Stress Physiology: the functional significance of the accumulation of nitrogen containing compounds, *J. Hort. Sci.*, 65: 231-243.
- Russel, J.C., Kadry, L. and Hanna, A.B., 1965, Sodic soil in Iraq. *Agrocomia ES Talajtan. Tom 14 (Suppl.):*91-97.
- Santiago, M., Diego-H, S., Alejandra, G., Alfonso, V. and Oscar-A, R., 2004, Spermine accumulation under salt stres, *Journal of Plant Physiology*, 161: 35-42 p.
- Shannon, M.C., 1998, Adaptation of Plants to Salinity, *Adv. Argon.* 60, 75-119 p.
- Shannon, M.C., Rhoades, J.D., Draper, J.H., Scardaci, S.C. and Spyres, M.D., 1998, Assessment of salt tolerance in rice cultivars in response to salinity problems in California, *Crop Science*, 38: 394-398 p.
- Sing, A.K. and Dubey, R.S., 1995, Change in chlorophyll a and b contents and activities of photosystems 1 and 2 in rice seedlings induced by NaCl, *Photosynthetica*, 31: 489-499 p.
- Sese, D. and Tobita, S., 1998, Antioxidant responses of rice seedlings to salinity stres, *Plant Science*, 138: 1-9 p.
- Smika, D., Haas, H. and Power, W., 1965, Effects of moisture and nitrogen fertilizer on growth and water use by native grass, *Argon J.*, 57:483-486 p.

YARARLANILAN KAYNAKLAR (DEVAMI)

- Sohn, Y.G., Lee, B.H., Kang, K.Y. and Lee, J.J., 2005, Effects of NaCl stres on germination, antioxidant responses, and proline content in two rice cultivars, *Journal of Plant Biology*, 48: 201-208 p.
- Sönmez, B., 2003, Türkiye çoraklık kontrol rehberi, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Teknik Yayın No: 33, Ankara.
- Sürek, H., 1994, Çeltikte (*Oryza sativa* L.) Bazı önemli Agronomik karakterlerin kalıtımı üzerine araştırmalar. Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Tekirdağ.
- Szabolcs, I., 1989, Salt-Affected Soils, Boca Raton, CRC Pres, Florida, 274p.
- Taban, S. ve Katkat, A.V., 2000, Effect of salt stres on growth and mineral elements concentration in shoots and roots of maize plants, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(2): 199-122s.
- Terry, R., 1997, Soil Salinity. Aghrt 282 Class Lectures.
- Tester, M. and Davenport, R., 2003, Na⁺ Tolerance and Na⁺ transport in higher plants, *Annals of Botany*, 91: 503-527s.
- Tun, N.N., Heiligtag, B., Kleeberg, A. and Richter, C., 2003, Technologia and institutional innovations for sustainable rural development, *Deutscher Tropentag*, October 8-10, Göttingen.
- Vaidyanathan, H., Sivakumar, P., Chakrabarty, R. and Thomas, G., 2003, Scavenging of reactive oxygen species in NaCl-stressed rice (*Oryza sativa* L.) differential response in salt-tolerant and sensitive varieties, *Plant Sci*, 165: 1411-1418 p.
- Verma, T.S. and Neue, H.U., 1984, Effect of soil salinity level and zinc application on growth, yield and nutrient composition of rice. *Plant and Soil*, 82: 3 – 14 p.

YARARLANILAN KAYNAKLAR (DEVAMI)

- Wang, S., Wanb, C., Wanga, Y., Chenc, H., Zhoua, Z., Fua, H. and Sosebeeb., R.E., 2004, The characteristics of Na⁺, K⁺ and free proline distribution in several drought-resistant plants of the Alxe Desert, China, *Journal of Arid Environments*, 156: 525-539p.
- Yeo. A.R. and Flowers, T.J., 1983, Varietal difference in the toxicity of sodium ions in rice leaves, *Physiologia Plantarum*, 159:189-195p.
- Yoshida, S., Forno, D.A., Cock, J.H. and Gomez, K.A., 1976, Laboratory manual for phsiological studies of rice, Los Banos (Phlippines): International Rice Research Institute.
- Zeng, L. and Shannon, M.C., 2000, Salinity effects on seedling growth and yield components of rice, *Crop Science*, 40: 996-1003 p.
- Zeng, L., Poss, J.A., Wilson, C., Draz, A-S.E., Gregorio, G.B. and Grieve, C.M., 2003, Evaluation of salt tolerance in rice genotypes by physiological characters, *Euphytica*, 3: 281-292 p.
- Zeng, L., 2005, Exploration of relationships between phsiological parameters and growth performance of rice (*Oryza sativa* L.) seedlings under salinity stres using multivariate analysis, *Plant and Soil*, 268: 51-59 p.

ÖZGEÇMİŞ

M.Özgür TATAR, 1976 yılında İzmir-Bornova’da doğmuştur. 1994 yılında Anadolu Meteoroloji Meslek Lisesini bitirdikten sonra 8 yıl Adnan Menderes Hava Limanında çalışmış ve bu süre içerisinde 1999 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesinden mezun olmuştur.