

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sibel KOÇ

**FASULYELERDE TUZLULUĞA TOLERANS BAKIMINDAN
GENOTİPSEL FARKLILIKLARIN ERKEN BİTKİ GELİŞİMİ
AŞAMASINDA BELİRLENMESİ**

BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2005

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FASULYELERDE TUZLULUĞA TOLERANS BAKIMINDAN
GENOTİPSEL FARKLILIKLARIN ERKEN BİTKİ GELİŞİMİ
AŞAMASINDA BELİRLENMESİ**

Sibel KOÇ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI**

**Bu tez 21/10/2005 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.**

İmza.....

İmza.....

İmza.....

Doç.Dr.H.Yıldız DAŞGAN
DANIŞMAN

Prof.Dr.Nebahat SARI
ÜYE

Yrd.Doç.Dr.Selim EKER
ÜYE

Bu tez Enstitümüz Bahçe Bitkileri Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No

Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü

**Bu Çalışma Ç.Ü.Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: ZF/2004/YL-23**

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

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FASULYELERDE TUZLULUĞA TOLERANS BAKIMINDAN GENOTİPSEL FARKLILIKLARIN ERKEN BİTKİ GELİŞİMİ AŞAMASINDA BELİRLENMESİ

Sibel KOÇ

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

Danışman : Doç. Dr. H.Yıldız DAŞGAN
Yıl : 2005, Sayfa : 87
Jüri : Doç. Dr. H.Yıldız DAŞGAN
Prof. Dr. Nebahat SARI
Yrd.Doç.Dr. Selim EKER

Bu çalışmada 67 farklı fasulye genotipinin tuzluluğa tolerans yönünden, erken bitki gelişimi aşamasında derin akan su kültürü tekniği kullanılarak taraması (screening) yapılmıştır. 125 mM NaCl ile tuz stresine sokulan fasulye genotipleri iyon düzenlemesi (regülasyonu) yönünden incelenmiştir. Aynı zamanda, fasulyelerde tuzluluğa tolerans için kitlesel tarama çalışmalarında kullanılabilecek, uygulaması kolay, geçerliliği yüksek teknikler araştırılmıştır. Genotipler tuz stresi altında iyon regülasyonu yönünden farklı mekanizmalar geliştirmişlerdir. Bazı genotipler bünyelerine bol miktarda Na iyonu alarak yüksek doku toleransı gösterip “Na-kabullenen-inclusion” bir mekanizma ile tuzdan zararlanmaz iken, diğer bazı genotipler ise Na iyonunu oldukça az alarak kendilerini korumayı başarmışlar ve “Na-sakınan-exclusion” tepki vermişlerdir. Toplam 67 adet fasulye genotipinde tuza tolerans yönünden oldukça geniş bir varyasyon belirlenmiştir. 13 genotip dayanıklı, 17 genotip orta düzeyde dayanıklı ve 37 genotip ise duyarlı olarak belirlenmiştir.

Denemeler sonucunda, fasulye genotiplerinin tuzluluk için kitlesel taramasında (screening) erken bitki gelişme aşamasında kullanılabilecek, “iyon regülasyonu” parametreleri bakımından “Na-sakınan” ve “Na-kabullenen” grupları için değerlendirilebilecek ayrı parametreler ortaya çıkmıştır. “Na-sakınan” (excluder) genotipler için düşük Na/K, Na/Ca oranları, düşük Na konsantrasyonu, yüksek K ve Ca konsantrasyonları tarama (screening) parametresi olabilirken; “Na-kabullenen” (includer) genotipler için ise yüksek Na/K, Na/Ca oranları, yüksek Na ve düşük K, Ca konsantrasyonlarının tarama (screening) parametresi olabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Fasulye, NaCl, tarama, tuz toleransı, iyon düzenlemesi (regülasyonu)

ABSTRACT

MSc THESIS

DETERMINATION OF GENOTIPIC VARIATIONS FOR SALINITY TOLERANCE AT EARLY PLANT GROWTH STAGES IN GREEN BEANS

Sibel KOÇ

**DEPARTMENT OF HORTICULTURE
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF CUKUROVA**

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. H.Yıldız DAŞGAN
Year : 2005, Pages : 87
Jury : Assoc. Prof. Dr. H.Yıldız DAŞGAN
Prof. Dr. Nebahat SARI
Assist. Prof. Dr.Selim EKER

In this study, 67 various bean genotypes were screened in the early plant growth stages for the salinity tolerance by the deep flowed water culture technique. These genotypes were exposed to 125 mM of NaCl salinity stress and were investigated for the ion regulation. Moreover, new practical techniques with high validity were tried in order to employ them in mass screening studies. Genotypes developed different mechanisms for ion regulation under salinity stress condition. While some absorbed plenty Na ion in their bodies and showed high tissue tolerance with a mechanism called Na-inclusion, some absorbed few Na ion and protect them self from its danger with a mechanism called Na-exclusion. The total 67 bean genotypes expressed a very high variation for salinity tolerance and the 13, 17, and 37 of them were classified as highly tolerant, medium tolerant, and susceptible, respectively.

At the end of the present study examing the green bean cultivars for salinity tolerance with mass screening, the different parameters were determined for either the Na-inclusion group or Na-exclusion group. The low Na/K and Na/Ca ratios, the low Na concentration, and the high K and Ca concentrations were found to be suitable salt tolerance screening criteria for the Na-excluder bean genotypes. The high Na/K and Na/Ca ratios and high Na and the low K and Ca concentrations were found to be suitable salt tolerance screening parameters for the Na-includer bean genotypes.

Key words :*Phaseolus vulgaris* L., NaCl, salt tolerans, screening, ion regulations

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez konumun belirlenmesi, yürütülmesi ve yazım aşamasında yönlendirici katkılarıyla desteğini bulduğum Danışman Hocam Sayın Doç. Dr. H.Yıldız DAŞGAN'a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tezin yazım aşamasında desteğini esirgemeyen Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Öğretim elemanlarından Hocam Yrd. Doç. Dr. Selim EKER'e teşekkür ederim

Tezimin yürütülmesi sırasında bölümümüzün tüm olanaklarını kullanmama izin veren Bölüm Başkanımız Sayın Prof. Dr. Önder TUZCU'ya, tezimin her aşamasında benden desteğini esirgemeyen Ziraat Yüksek Mühendisi Bulut EKİCİ'ye teşekkürlerimi sunarım. Laboratuvar çalışmalarında iyon analizlerinde, özveri ile bana yardımcı olan Ziraat Teknisyeni Tefik KILIÇ'a ayrıca teşekkür ederim.

Bu yüksek lisans tezine parasal olarak ZF-2002-BAP-65 nolu proje ile destek sağlayan Ç. Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne, serada bitkilerin yetiştirilmesi aşamasında desteklerini gördüğüm arazi çalışanlarımız Hacı TÜRKMEN ve Şükrü TÜRKMEN'e teşekkür ederim.

Ayrıca eğitimimin her aşamasında bana maddi-manevi destek sağlayan ve her zaman sabır gösteren aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	IX
1. GİRİŞ	1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	8
2.1. Toprakta Tuzluluk.....	8
2.2. Sulama Sularında Tuzluluk	9
2.3. Bitkilerin Tuzluluğa Verdikleri Tepki Mekanizmaları	11
2.3.1. NaCl Tuzluluğunda İyonların Davranışları ve İyonların Tuza Dayanımdaki Konumları.....	16
2.3.2. Tuzluluk Stresinde Hücresel Düzeyde Adaptasyon Mekanizmaları.....	18
2.4. Tuza Toleransta Genotip Farklılıkları ve Tuza Tolerant Genotipleri Seçiminde Kullanılan Parametreler	22
3. MATERYAL VE YÖNTEM	24
3.1. Bitki materyali	24
3.2. Yöntem.....	25
3.2.1. Birinci Yıl Screening (Tarama) Denemeleri.....	25
3.2.2. İkinci Yıl Screening (Tarama) Denemeleri	26
3.2.3. Su Kültürü Denemelerinde Kullanılan Yöntemler.....	27
3.2.3.1.Tohumların Çimlendirilmesi ve Genç Bitkilerin Aktarılması	27
3.2.3.2.Besin Çözeltileri Kompozisyonu ve Tuz Uygulamaları	27
3.2.4. Screening (Tarama) Denemelerinde İncelenen Parametreler	30
3.2.4.1. Tuz Zararının Toksisite Etkisinin Belirlenmesi	30
3.2.4.2. Yeşil Aksam ve Kök Kuru Ağırlık Değerleri	30
3.2.4.3. Mineral Element Analizleri.....	30

3.2.4.4. Verilerin Değerlendirilmesi	32
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	33
4.1. Birinci Yıl Denemesine Ait Araştırma Bulguları	33
4.1.1. Skala Değerleri	33
4.2. İkinci Yıl Denemesine Ait Araştırma Bulguları	35
4.2.1. Skala Değerleri	35
4.2.2. Yeşil Aksam Kuru Madde Üretimi	37
4.2.3. Kök Kuru Madde Üretimi	39
4.2.4. Yeşil Aksamın Na Konsantrasyonu	41
4.2.5. Yeşil Aksamın K Konsantrasyonu	43
4.2.6. Yeşil Aksamın Ca Konsantrasyonu	45
4.2.7. Yeşil Aksamın Mg Konsantrasyonu	47
4.2.8. Yeşil Aksamın Cl Konsantrasyonu	49
4.2.9. Yeşil Aksamın Na/K Oranı	51
4.2.10. Yeşil Aksamın Na/Ca Oranı	53
4.2.11. Yeşil Aksamın Na/Mg Oranı	55
4.2.12. Yeşil Aksamın Na/Cl Oranı	57
4.3. İkinci Yıl Denemesinde Tuzlu Koşullara Ait Korelasyon İlişkileri	59
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	62
5.1. Tartışma	62
5.2. Sonuç	71
KAYNAKLAR	73
ÖZGEÇMİŞ	87

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 1.1.Bazı bitki türlerinin tuzluluktan zarar görme sınırı ve tuzluluğun artması ile meydana gelen ürün kayıpları.....	4
Çizelge 1.2.Dünya ve Türkiye'nin fasulye üretimi miktarları	6
Çizelge 2.1.Sulama sularının sınıflandırılması	10
Çizelge 3.1.Denemede incelenecek fasulye tohumlarının ismi ve temin edildiği kaynaklar	24
Çizelge 4.1.Birinci yıl denemesinde, tohum ekiminden itibaren 42 günlük 67 farklı fasulye genotipinin tuz stresi (125 mM NaCl'de 9 gün) altında yeşil aksamda belirlenen skala değerleri	34
Çizelge 4.2.İkinci yıl denemesinde 24 günlük fasulye genotiplerinin tuz stresi (125 mM NaCl'de 8 gün) altında yeşil aksamda belirlenen skala değerleri	36
Çizelge 4.3. İkinci yıl denemesinde 24 günlük fasulye genotiplerinin yeşil aksam kuru madde üretimi ve kontrole göre tuz uygulamasında % değişim	38
Çizelge 4.4. İkinci yıl denemesinde 24 günlük fasulye genotiplerinin kök kuru madde üretimi ve kontrole göre tuz uygulamasında % değişim	40
Çizelge 4.5. İkinci yıl denemesinde 24 günlük fasulye genotiplerinin Na konsantrasyonu ve kontrole göre tuz uygulamasında % değişim	42
Çizelge 4.6. İkinci yıl denemesinde 24 günlük fasulye genotiplerinin K konsantrasyonu ve kontrole göre tuz uygulamasında % değişim	44
Çizelge 4.7. İkinci yıl denemesinde 24 günlük fasulye genotiplerinin Ca konsantrasyonu ve kontrole göre tuz uygulamasında % değişim	46

Çizelge 4.8.İkinci yıl denemesinde 24 günlük fasulye genotipleri	
Mg konsantrasyonu ve kontrole göre tuz uygulamasında	
% değişim	48
Çizelge 4.9.İkinci yıl denemesinde 24 günlük fasulye genotiplerini	
Cl konsantrasyonu ve kontrole göre tuz uygulamasında	
% değişim	50
Çizelge 4.10. İkinci yıl denemesinde 24 günlük fasulye genotiplerinin	
Na/K oranları ve kontrole göre tuz uygulamasında % değişim	52
Çizelge 4.11. İkinci yıl denemesinde 24 günlük olan fasulye genotiplerinin	
Na/Ca oranları ve kontrole göre tuz uygulamasında % değişim.....	54
Çizelge 4.12. İkinci yıl denemesinde 24 günlük fasulye genotiplerinin	
Na/Mg oranları ve kontrole göre tuz uygulamasında % değişim.....	56
Çizelge 4.13. İkinci yıl denemesinde 24 günlük fasulye genotiplerinin	
Na/Cl oranları ve kontrole göre tuz uygulamasında % değişim	58
Çizelge 4.14.Tuz stresi altındaki genotiplerin farklı parametreler arasındaki	
korelasyon katsayıları.....	61
Çizelge 4.15. İkinci yıl denemesinde genotiplerin tuz stresi altında	
ortaya koydukları tolerans seviyeleri.....	62

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1. Birinci yıl denemesinde tuzlu koşulda 1-5 skolasına göre fasulye bitkilerinin zararlanma durumları.	25
Şekil 3.2. İkinci yıl denemesinde tuzlu koşulda 1-5 skolasına göre fasulye bitkilerinin zararlanma durumları.....	26
Şekil 3.3. Su kültürü ortamına aktarılan iki gerçek yaprak aşamalı genç fasulye bitkilerinin görünümü.....	27
Şekil 3.4. Resirküle derin akan su kültürü sistemi ile fasulye genotiplerinin tuzlu (sağ) ve kontrol (sol) koşullarında genel bir görüntüsü (ikinci yıl)	28

SİMGELER VE KISALTMALAR

FAO	: Dünya Gıda ve Tarım Örgütü
Na	: Sodyum elementi
K	: Potasyum elementi
Ca	: Kalsiyum elementi
Cl	: Klor elementi
Mg	: Magnezyum elementi
Zn	: Çinko elementi
N	: Azot elementi
g	: Gram
mg	: Miligram
µg	: Mikrogram
mM	: milimolar
dS/m	: Desisimens/metre
%	: Yüzde
<	: Daha küçük
>	: Daha büyük
°C	: Santigrad derece
H ₂ O ₂	: Hidrojen peroksit
OH	: Hidroksil radikal
ASA	: Askorbik asit
SOD	: Süperoksit dismütaz
APaz	: Askorbat peroksidaz
CAT	: Katalaz
MDA	: Malondialdehyde
Kök KA D.İ.	: Kök kuru ağırlık indeksi
YAKA D.İ.	: Yeşil aksam kuru ağırlık indeksi

1. GİRİŞ

Toprakta bulunan çözünebilir tuzların miktarı, bitkinin büyümesi ve gelişmesi için gerekli olan miktarın üzerine çıktığında sorunlar ortaya çıkmaya başlar. Toprakta tuz içeriği arttıkça bitkinin su alımı kısıtlanır. Tuz konsantrasyonu kullanılabilir su potansiyelini düşürmeye yetecek kadar olduğunda (0.5-1.0 bar) bitki strese girer ki, bu da tuz stresi olarak adlandırılır (Levitt, 1980).

Bitkilerde tuz stresi, üretimi etkileyen önemli bir kısıtlayıcı çevresel faktördür. Düşük yağış, yüksek evapotranspirasyon, tuz yatakları, tuzlu sulama suyu ve yanlış yapılan sulamalar tarım alanlarında “tuzluluk probleminin” ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Ekonomik öneme sahip bitkilerin pek çoğu tuzluluğa karşı duyarlıdır. Bu bitkilerin tuzlu koşullarda yaşamaları oldukça kısıtlıdır ve verimde önemli düşüşlerle karşılaşmaktadır.

Ülkemizde, bir yandan yeni alanlar sulamaya açılırken diğer yandan çok büyük yatırımlarla sulama şebekeleri kurulmuş araziler, yanlış tarım ve sulama uygulamaları nedeniyle hızla bozulmakta ve kirlenmektedir. Sulamaya açılan alanların büyük bölümü tuzluluk ve sodyumluluk problemi ile karşı karşıyadır. Aşırı ve yanlış gübreleme toprak-bitki-su dengesini ve nitrit-nitrat kalıntılarıyla toprak yapısını bozmuş, yeraltı sularını kirletmiştir. Bilinçsiz sulama uygulamaları da toprağı tuzlulaştırmış ve taban suyu kalitesini düşürmüştür. Taban suyu ve tuzluluk ile ilgili problemler, tarım alanlarındaki çevresel problemlerin büyük bir bölümünü oluşturmaktadır (Çakmak ve Kendirli, 2003).

Dünya toplam alanının (135 milyon km²) 4 milyon km²'si tuzluluk sorunu yaşamaktadır. Türkiye’de ise toplam 778 bin km²'lik (78 milyon ha) alanının 8 bin km²'si (800 bin ha) yani %1’lik kısmı tuzluluk sorunu yaşamaktadır (FAO, 2005).

Türkiye’deki tuzlu veya sodyumlu arazi miktarı 1.270.000 hektardır. Bunlar bütün ülke yüz ölçümünün % 1.62’sini kapsar. Sözü edilen bu alanlar, genellikle sulamaya elverişli çukur ovalardan, kapalı havzalardan veya derin aluviyal topraklardan oluşmaktadır (Beşer, 2003).

Bunun yanında Türkiye’de 53.000 ha’lık örtüaltı yetiştiriciliği yapılan alanların yaklaşık yarısını oluşturan yoğun sebze üretiminin yapıldığı sera tarımında karşılaşılan önemli problemlerden birisi olan tuzluluğun gün geçtikçe yaygınlaştığı bilinmektedir.

Tuzluluğun zararlı etkisini azaltmak, tuz birikimi nedeniyle ortaya çıkan verimlilik kaybını geri çevirmek ve yeniden canlandırılmış topraklar elde etmek için bazı uygulamalar yapılabilmektedir. Bu uygulamalar esas olarak çok miktarda kaliteli su, enerji ve dikkatli bir toprak yönetimi bileşenlerinden oluşmaktadır. Tuzluluk sorunu denildiğinde en fazla zararlı etkiyi yapan ve en yaygın iyonlar olan Na ve Cl iyonlarının toprakta yüksek düzeylerde bulunduğu anlaşılmaktadır (Munns ve Termaat, 1986). Bol, temiz su kullanarak sodyum klorürün bitki kök bölgesinden yıkanması başvurulacak ilk yöntemdir. Tam bir yıkamanın gerçekleştirilmesi için yıkama suyunun miktarı ve kalitesi, toprağın yapısı, tuzun türü ve konsantrasyonu, toprak geçirgenliği, drenaj sisteminin etkinliği önemlidir. Bunun için sulama ve drenaj maliyetinin vurgulanması da gereklidir. Yapılan masraflara karşın, tuzluluk probleminin daha çok kurak ve yarı kurak alanlarda görülmesi, suyla yıkama şeklindeki bir çözümün pratik olmayacağını açıkça ortaya koymaktadır. Tuzun suyla toprak profilinden yıkanması, organik gübrelemeden kaçınılması, yüksek dolgu maddesi ve klor gibi toprak tuzunu artırıcı elementleri içeren gübreler kullanılmaması, seralarda topraksız yetiştiricilik yapılması veya belli zaman aralıkları ile toprağın üst katmanının değiştirilmesi gibi işlemler, topraklardaki tuz düzeyini kontrol altına almak veya bunun zararlarından kaçınmak için uygulanabilecek bazı yöntemler arasında yer alsa da; bu işlemler bazen zaman alıcı ve çoğunlukla da pahalı olmaktadır. Ayrıca iyileştirilen alanlarda uygun sulama yöntemlerinin kullanılmadığı durumlarda yeniden tuzlu topraklar oluşabilmektedir (Aktaş, 2002).

Bitkiler tuzlu koşullarda 3 yolla strese girmektedirler (Munns ve Termaat, 1986; Lauchli, 1986; Marchner, 1995);

- 1) Kök çevresindeki düşük su potansiyeli,
- 2) Toksik etkiye sahip olan iyonlar özellikle Na^+ ve Cl^-
- 3) Beslenmede ortaya çıkan dengesizlikler.

Tuzlu topraklarda artan ozmotik potansiyelden dolayı bitkilerin suyu yeteri kadar kullanamaması ya da ortamda aşırı miktarlarda bulunan Na ve Cl'un neden olduğu toksik etkiden dolayı üründe azalma olmaktadır (Flower, 1981; Levitt, 1980 b). Tuz stresinde bitkilerde aşırı miktarda biriken Na, potasyumun alınımını (Siegel, 1980), Cl ise özellikle NO₃ alınımını engelleyerek (Kirkby, 1987; İnal, 1995), bitkilerin iyon dengesinde bozulmalara neden olmaktadır (Levitt, 1980).

Tuzluluk, diğer abiyotik stres faktörlerinden olan yüksek ve düşük sıcaklık, kuraklık ve mineral element eksikliğinden kaynaklanan stres faktörlerinde olduğu gibi bitkilerde karbon metabolizmasını ve elektron taşınım aktivitesini engellemektedir. Tuz stresi altındaki bitkiler su kaybını azaltmak için stomalarını kapatmakta, böylece CO₂ gazının girişi engellenmektedir. Bunun sonucu olarak CO₂ fiksasyonu azalmaktadır (Sreenivasulu ve ark., 2000).

Sodyum, bitkinin birçok organeli üzerinde olumsuz etkide bulunmakta olup, bitkide hem floem, hem ksilem iletim demetlerinde hareket edebilme yeteneğinde olduğu için, bu etki daha çok bitkilerin yaşlı yaprak uçlarından başlayıp, yaprak ayası ve sapına doğru ilerleyerek nekrotik lekelere kadar dönüşen semptomlar vermektedir (Mer ve ark., 2000).

Bitkilerin tuza karşı gösterdiği tepkiler; bitkinin içinde bulunduğu gelişme dönemine, stres faktörü olan tuz konsantrasyonuna, tuzun bitkiye etki ettiği süreye göre değişmektedir; ayrıca iklim ve toprak özelliklerine bağlı olarak da farklılık göstermektedir (Greenway ve Munns, 1980). Tuza tolerans bakımından bitkiler arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Familya, cins ve türler arasında farklılıklar bulunduğu gibi, aynı türe ait genotipler arasında da tuza tolerans yönünden farklılıkların bulunduğu bilinmektedir. Bazı bitki türlerinde tuzluluğun artmasıyla oluşan ürün kayıpları Çizelge 1.1'de özetlenmektedir.

Tuzlu koşullarda yetiştirilen bitkilerin iyon dengesinin bozulmasına paralel olarak mineral madde konsantrasyonlarında önemli sayılabilecek oranlarda değişimler olmaktadır. Tuz stresinden etkilenen bitkilere göre tuz stresinden etkilenmeyen ya da göreceli olarak daha az etkilenen bitkilerin dokularında Na ve Cl iyonları daha az , prolin miktarı ise daha fazladır (Flowers, 1977; Van Stevennick, 1982). Tuz stresinde yetiştirilen buğday (Güneş, 1997) ve mısır (Taban, 1999)

çeşitlerinden tuza dayanıklı olan çeşitlerin sodyum ve klor konsantrasyonlarının düşük, potasyum ve prolin konsantrasyonlarının ise daha yüksek olduğu saptanmıştır. NaCl uygulamasına bağlı olarak mısır bitkisinin Na ve Cl konsantrasyonları artarken, K konsantrasyonu azalmıştır (Katkat, 1999).

Çizelge 1.1 Bazı bitki türlerinin tuzluluktan zararlanma sınırı ve tuz konsantrasyonun artması ile birlikte meydana gelen ürün kayıpları (Maas, 1990)

Türler	Zararlanma Sınırı	% 10 Ürün Kaybı	%25 Ürün Kaybı	%50 Ürün Kaybı
EC (dSm ⁻¹)				
Fasulye	1.0	1.5	2.3	3.6
Havuç	1.0	1.7	2.8	4.6
Soğan	1.2	1.8	2.8	4.3
Biber	1.3	2.2	3.3	5.1
Marul	1.3	2.1	3.2	5.2
Tatlı patates	1.5	2.4	3.8	6.0
Tatlı mısır	1.7	2.5	4.0	6.0
Kereviz	1.8	3.5	5.8	10.1
Lahana	1.8	2.8	4.4	7.0
Karpuz	2.0	2.5	3.5	4.5
Kavun	2.2	3.6	5.7	9.1
Hıyar	2.5	3.3	4.4	6.3
Domates	2.5	3.5	5.0	7.6
Karnabahar	2.7	3.5	4.7	5.9
Kabak	3.9	4.9	5.9	7.9
Buğday	4.7	7.0	9.5	13.0
Kuşkonmaz	5.0	8.0	11.0	13.0
Arpa	8.0	9.6	13.0	17.0

Tuzlu koşullar altında normal bir gelişme ve büyüme göstererek, ekonomik bir ürün oluşturabilen, tuzluluğa dayanıklı bitki genotiplerinin seçilmesi ve üreticilere bunların önerilmesi ile ıslah yoluyla yeni genotiplerin geliştirilmesi kalıcı ve tamamlayıcı çözüm yolları olacaktır (Epstein ve ark., 1980; Fooland, 1996).

Bitkilerin tuzdan etkilenme durumlarının genetik olarak kontrol edilebilen bir özellik olduğu bilinmektedir. Ashraf (1994)'a göre yüksek oranlarda çözülebilen tuz içeren ortamlarda bitkilerin büyüme ve gelişmesini sürdürebilme yeteneği olarak tanımlanan “tuz toleransı”, bitkilerde farklı biçimlerde kendini gösterebilmektedir.

Levit (1980)'in açıkladığı iki farklı mekanizma, daha sonraki yıllarda Marschner (1995) tarafından da geliştirilerek anlatılmıştır. Buna göre bir bitkide tuzdan sakınım (exclusion) ve tuzu kabullenme (inclusion) mekanizmalarından birisi iyi gelişmiş ise, bu bitki genotipinin tuza toleransı yüksek olmaktadır. Tuzdan sakınım mekanizmasına sahip olan bitkiler, tuzun alınmasını sınırlama yoluyla toksisiteyi önleme yolunu kullanmaktadırlar. Bu bitkiler tuzu bünyesinden uzak tutarak hücre içindeki tuz konsantrasyonunu sabit olarak koruyabilmektedirler. Tuzu kabullenme mekanizmasına sahip bitkiler ise Na^+ ve Cl^- iyonlarına doku toleransı göstermektedirler. Bitki Na^+ iyonunu fazlaca aldığı halde, zararlanma belirtisi göstermiyor veya çok az etkileniyorsa doku toleransından söz edilebilir. Bu tip bitkilerde tuzun hücreler içinde tutulduğu ve tuz bezleri gibi özelleşmiş hücrelerde biriktirildiği bilinmektedir. Bu iki tolerans mekanizması esas anlamda kabul ediliyor olsa da, tuza karşı toleransın mekanizması henüz tam olarak açıklanabilmiş değildir (Babourina ve ark., 2000).

Son yıllarda tuza toleransın belirlenmesinde bitki doku ve organellerinde iyon (Na^+ , K^+ ve Cl^-) birikimi, bitkide taşınımı ve dağılımı ile bu iyonların birbirine olan oranları (K/Na) (Hasegawa ve ark., 1986), bitkilerin organik madde biriktirme ve sentezleme yetenekleri ile hücre düzeyinde meydana gelen oksidatif stresten kaynaklanan zararlanmalar üzerinde durulmaktadır (Aktaş, 2002). Daşgan ve ark. (2002) domateste tuza toleransın belirlenmesinde K/Na oranı gibi Ca/Na oranının da etkili olduğunu belirlemişler ve tuza tolerant domates genotiplerinin belirlenmesinde iyon dengelerinin tarama parametresi olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Son yıllarda, bitkilerin tuzluluğa dayanıklılık mekanizmasında iyon düzenlenmesi çok önemli bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır (Cuartero ve Fernández-Muñoz, 1999). Sodyum birikmesinin kontrol altına alınması, yapraklardaki K^+/Na^+ ve Ca^{2+}/Na^+ oranlarının yüksek olması gibi özellikler, tuzluluğa dayanıklılık konusunda önemli olmaktadır (Al-Karaki, 2000).

Bir tür içerisindeki genetik çeşitlilik, tuzluluğa dayanıklılık çalışmaları için çok değerli bir olanak sunmaktadır. Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), tüm dünyada yetiştiriciliği yaygın olarak yapılan önemli ürünlerden birisidir ve tuzluluğa karşı oldukça duyarlıdır (Marchner, 1995).

Fabaceae (Leguminosae) familyasına ait olan ve *Phaseolus vulgaris* L., olarak isimlendirilen fasulyenin anavatanı Güney Amerika diye bilinmekle birlikte, bitkinin her iki kıta parçasında yerliler tarafından çok eskiden beri yetiştirildiği de bilinmektedir. Daha sonra Avrupa'ya getirilen fasulyenin çok önemli besin maddeleri arasına girmiş olup, yurdumuzda en az 250 yıldan beri yenildiği tahmin edilmektedir (Kütevin ve Türkeş, 1987).

Türkiye fasulyedeki genetik zenginlik bakımından önemli ülkelerden biridir. Yapılacak tarama çalışmalarıyla tuzluluğa toleranslı genotipler bulunabilir. Fasulye ülkemiz insanların beslenmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır.

Çizelge 1.2'de dünyanın ve Türkiye'nin taze ve kuru fasulye üretim değerleri verilmektedir. Türkiye taze fasulye üretiminde Çin (2.309.929 ton) ve Endonezya (775.000 ton) sonra 560.000 ton üretimi ile 3.sırada yer alırken, kuru fasulye üretiminde ise 260.000 ton üretim ile 14. sırada yer almaktadır.

Çizelge 1.2 Dünya ve Türkiye'nin fasulye ekiliş alanı ve üretimi miktarları (FAO, 2004)

	Alan (ha)		Üretim (ton)	
	Dünya	Türkiye	Dünya	Türkiye
Taze Fasulye	893.000	66.000	6.289.663	560.000
Kuru Fasulye	27.000.000	260.000	18.434	260.000

Dünya taze fasulye üretim sıralaması;

1. Çin (2.309.929)
2. Endonezya (775.000)
3. Türkiye (560.000)

Dünya kuru fasulye üretim sıralaması;

1. Brezilya (2.998.260)
2. Hindistan (2.900.000)
3. Çin (1.759.000)

Burada sunulan çalışmada, tuz stresinden oldukça fazla etkilenen fasulye türüne ait, çoğunluğu ülkenin farklı bölgelerinde toplanmış olan 67 farklı genotip ve çeşidin tolerans düzeyleri erken bitki gelişme aşamasında (genç bitki) incelenmiştir. Çalışmada özellikle “iyon regülasyonu (iyon düzenlenmesi)” mekanizması üzerinde odaklanılmıştır. Fasulye bitkilerinde erken aşamada (genç bitki) kullanılabilecek, uygulaması kolay ve “geçerliliği” yüksek tarama yöntemlerinin geliştirilmesine çalışılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Toprakta Tuzluluk

Topraktaki tuzluluğun meydana geliş mekanizması; yağışlar ve aşırı sulama sebebiyle derinlere sızan sular gerek sızma esnasında ve gerekse yer altı suyu akışı sırasında toprak ve kayalarda bulunan eriyebilir tuzları eritirler. Yer altı suları doygun akış sistemine göre yerçekiminin etkisiyle tabana doğru hareket eder. Ta ki geçirimsiz bir tabakaya rastlayınca akış durur ve birikme bazen toprak yüzeyine kadar ulaşabilir. Tuzluluğun meydana gelebilmesi için taban suyu derinliği toprak yapısına göre değişmekle beraber yaklaşık 2 m civarındadır. 2 m'den daha yüksek taban suyu su tablası seviyesinden itibaren doymamış akış sistemine göre hareket eder ve adezyon kuvvetinin etkisiyle yukarı ve yana doğru su molekülleri çok nemli kısımdan az nemli kısma doğru kapillariyenin etkisiyle ilerler. Bu hareket sırasında da toprakta mevcut bulunan eriyebilir tuzlar eritilerek suyla beraber yüzeye doğru hareket ederler. Su zerrecikleri yüzeye ulaşınca bünyelerindeki tuzları toprak yüzeyine bırakarak buharlaşırlar. Bu buharlaşma işlemi kurak bölgelerde toprak yüzeyinden daha aşağılardan başlar. Yani daha derinlerde tuzlulaşma söz konusu olabilir (Terry, 1997).

Sulu tarım uygulanan bölgelerde tuzluluk gereğinden fazla sulama, kalitesiz su ile sulama yetersiz drenaj sonucunda yükselen taban suyunun buharlaşmasından kaynaklanırken, yağışlı bölgelerde de yüksek tuzlu sulama suları ile, toprağa ilave edilen tuz miktarının (gübreler ile), bitkiler tarafından alınanlarla yıkananların miktarından fazla olmasından ileri gelmektedir (Scheffer ve Schachtschabel, 1973).

Ergene (1982) ve Terry (1997)'nin bildirdiğine göre, tuzlanmaya neden olan anyonlar; Cl^- , SO_4^{2-} nadiren de olsa HCO_3^- , CO_3^{2-} ve NO_3^- 'dir. Tuzlanmaya neden olan katyonlar ise Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} ve az miktarda da K^+ 'dur.

Bitki gelişimine etkisi;

- Zehir etkisi: Na ve B gibi elementler bitkilerde zehir etkisi yaparlar,
- Bitkide su açığı yaratma: Çözünebilir tuzlar besi ortamının su potansiyelini düşürür. Böylece bitkinin su alımı sınırlandırılmış olur. Bu

etki osmotik ayarlama mekanizmasıyla dengelenebildiğinden birinci etki kadar önemli değildir.

- Osmotik ayarlama mekanizması : Ortamdaki yüksek tuz konsantrasyonu bitkinin besin alımını artırır. Bu artış bitki köklerinin su potansiyelini düşürür ve dolayısıyla bitkinin su alımı artar (Aydemir, 1992).

Toprakların tuzluluk seviyelerine göre bitkilerin tepkisi (25⁰C'de):

1. 0-2 dS/m (çok az tuzluluk): Tuzluluk etkisi çoğunlukla ihmal edilebilir,
2. 2-4 dS/m (az tuzlu): Çok duyarlı bitkilerin verimleri düşebilir,
3. 4-8 dS/m (tuzlu): Birçok bitkinin verimleri düşer,
4. 8-16 dS/m (çok tuzlu): Tuza dayanıklı bitkilerden normal verim alınabilir,
5. >16 dS/m (aşırı tuzlu): Tuza çok dayanıklı birkaç bitki türünde verim alınabilir (Aydemir, 1992).

2.2. Sulama Sularında Tuzluluk

Nüfusun hızla artışı ve buna paralel olarak artan tarımsal, içme, kullanma ve sanayi suyu ihtiyaçları nedeniyle su kaynaklarına duyulan talep giderek artmaktadır. Talebin hızla artışına rağmen toprak ve su kaynakları kalite ve kantite olarak giderek daha çok kısıtlanmaktadır. Ancak tarım alanlarının tümünün kullanılması ve tarıma açılacak uygun alanların sınırlı olması nedeniyle birim alandan alınan verim miktarının arttırılması gerekmektedir. Bu nedenle suyun etkin kullanılarak tasarruf edilmesi ve kalitesinin korunması zorunlu olmaktadır (Çakmak ve Kendirli, 2003).

Sharma ve ark. (1990), elektiriksel iletkenliği (EC) 4 mmhos/cm ve klor tuzluluğunun dominant olduğu topraklarda 4 farklı nohut çeşidini test ettikleri çalışma sonucunda, tuzluluğa gösterilen tepki bakımından çeşitler arasında farklılık olduğunu, verim komponentlerinin gerilemesine paralel olarak, ortalama verimin de kontrol uygulamasına göre % 50 düştüğünü bildirmektedirler.

Su, tarımsal üretimde bitki gelişmesi için çok önemli bir girdi ve bitkilerin yaşam kaynağı olan büyük ölçüde kök bölgesinde tutulan toprak neminden karşılanır. Toprak nemi yağış alan bölgelerde sürekli yağışlarla oluşurken, kurak ve yarı kurak iklimlerde sulama ile karşılanmaktadır.

Sulama sularının sınıflandırılması Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Sulama Sularının Sınıflandırılması (Anonymous, 2000)

Suyun sınıfı	EC (dS/m)	Tuz konsantrasyonu (mg/l)	Suyun tipi
Tuzsuz su	< 0,7	< 500	İçilebilir ve sulamada kullanılabilir
Az tuzlu	0.7-2	500-1500	Sulama suyu
Orta tuzlu	2-10	1500-7000	1.derecede drenaj ve yer altı suyu
Yüksek tuzlu	10-25	7000-15000	2.derecede drenaj ve yer altı suyu
Çok yüksek tuz	25-45	15000-35000	Çok tuzlu yer altı suyu
Tuzlu su	> 45	> 45000	Deniz suyu

Sulama sularının kalitesi, temel olarak içerdiği tuz miktarına göre sınıflandırılmaktadır. Bazı sulama suları bünyelerinde bulundurdıkları NaCl’den dolayı Na ve Cl gibi spesifik iyonlar bakımından zengin olmakta, bu durum da diğer besin elementleri ile aralarında antagonist bir etki oluşturmaktadır (Al-Rawahy ve ark., 1992).

Güngör ve Yurtsever (1991), değişik tuzluluk (NaCl, CaCl₂, MgCl₂) düzeylerindeki sulama sularının soya fasulyesinin verimine etkisini araştırdıkları iki yıllık tarla denemelerinde bitkileri EC’si 0.6, 1.5, 2.5 ve 5.0 dS/m olan sulama suları ile sulamışlar ve sonuçta 5.0 dS/m tuzluluk düzeyinde tane veriminin 1.yıl % 79.8 , 2.yıl % 62.3 oranında düştüğünü ve yine aynı tuzluluk düzeyinde bitki su tüketiminin % 5-10 kadar azaldığını, sulama suyunun EC’sinin 1.5 ve 2.5 dS/m olduğunda verimin en yüksek olduğunu, daha yüksek veya daha düşük tuzluluk düzeylerinde ise verimin olumsuz olarak etkilendiğini saptamışlardır.

Bahçeci (1995)’nin bildirdiğine göre, killi-tınlı yapıdaki toprakta 5 dS/m’ lik (orta tuzlu) bir sulama suyuyla sulanan domatestede % 50 (Subbarao ve ark., 1987), soya fasulyesinde ise % 70’e varan verim azalmaları tespit edilmiştir.

2.3. Bitkilerin Tuzluluğa Verdikleri Tepki Mekanizmaları

Bitkiler, doğadaki her türlü biyotik ve abiyotik kökenli stres faktörlerine karşı bazı savunma mekanizmaları geliştirmekte, olumsuz koşullara uyum sağlayarak büyüme ve gelişmelerini devam ettirmeye çalışmaktadırlar. Tuzluluk stresi ile karşı karşıya kalan bitkilerde de genotipik özellikler çerçevesinde tepkiler oluşmakta, bazı bitki tür ve çeşitleri tuzluluktan az düzeyde etkilenirken, bazıları ise ölümcül biçimde zarara uğramaktadır. Genetik temellere dayanan bu tip farklı uyum yeteneklerinin yanı sıra herhangi bir bitkinin farklı gelişme dönemleri, tuzun cinsi, konsantrasyonu, uygulama süresi gibi faktörlerin de bitkilerin geliştirdiği savunma mekanizmaları üzerinde etkili olduğu bilinmektedir.

Levitt (1980)'e göre bitkiler tuza karşı tepkileri açısından, yüksek tuz konsantrasyonunda yetişen “halofitler” ve tuzlu ortamlara karşı duyarlı olan “glikofitler” olarak iki kısımda incelenmektedir. Halofit bitkiler, tuzlu koşullar altında çevreye uyum sağlayarak kendilerine zarar vermeyecek şekilde gerekli iyonları alır, yapraklarındaki osmotik potansiyeli dengeler ve metabolik olayları yerine getirerek gelişmelerini sürdürürler. Glikofit bitkiler ise tuzlu koşullara karşı daha duyarlıdır ve zarar görebilirler.

Levitt (1980)'e göre tuz zararı bitkilerde değişik şekillerde kendini gösterebilmektedir. Tuzluluk, bitkinin morfolojisi ve anatomisini de kapsayan tüm metabolizmasını etkileyen bir faktördür.

Nelson ve ark. (1984)'nın bildirdiğine göre kavun tohumlarına NaCl uygulaması yapılmış ve çimlenme döneminde iyi performans gösteren genotiplerin, fide aşamasında aynı performansı gösteremediği belirlenmiştir. Çimlenme aşamasında negatif olarak etkilenen genotipler ise fide aşamasında tuz stresine karşı daha iyi tolerans göstermiştir.

Munns ve Termaat (1986)'a göre tuzlu koşullarda sodyumun yanı sıra en fazla miktarda bulunan iyon olan klor tüm bitkiler için yaşamsal öneme sahip bir element olduğu halde, sodyum iyonu sadece halofit bitkiler ve bazı C4 bitkileri için (Johnson ve ark., 1988) önemli bir element olarak değer taşımaktadır. Tuz stresine

neden olacak tuzluluk konsantrasyonlarında, bitkilerin ihtiyaç duydukları miktarın çok üzerinde sodyum ve klor iyonu bulunmaktadır.

Yadav ve ark. (1989), farklı tuzluluk seviyelerinde nohutun çimlenme, gelişme ve mineral kompozisyonunu araştırdıkları saksı çalışmalarında, artan tuzluluk düzeylerinin (1.4, 2.5, 4.3, 6.2, 8.5 dS/m²) çimlenmeyi geciktirdiğini çimlenme yüzdesini düşürdüğünü, kuru madde üretimini azalttığını, Ca, Mg ve Na miktarını arttırdığını ve K ile B miktarını azalttığını bildirmektedirler.

Qureshi ve ark. (1990), buğday bitkisinin tuza dayanıklılığını çimlenme, fide ve olgun bitki aşamalarında incelemiştir. Yazarların bulgusu, besin çözeltisinde fide aşamasındaki sonuçlar ile toprak koşullarında olgun bitki aşamasındaki sonuçlar arasında önemli korelasyonların olduğunu belirterek, fide aşamasında çalışmanın daha az işçilik, daha az zaman aldığını ve daha ucuz olduğunu belirtmişlerdir. Toprak koşullarında çalışmanın, toprağın getirdiği heterojen yapı nedeniyle tutarsız sonuçlara götürebileceği de vurgulanmıştır.

Tuz stresine maruz kalan bitkilerde kök, gövde ve sürgün büyümesi ile meyve ağırlığı ve dolayısıyla, verimin azaldığı; meyvede tat, aroma ve renklenmenin olumsuz etkilendiğini belirlenmiştir (Abbas ve ark.,1991; Franco ve ark.,1993; Sivritepe, 1995; Shannon ve Grieve, 1999).

Noble ve Rogers (1992)'a göre son yıllarda tuza karşı tolerant bitki geliştirmeye yönelik çalışmaların hız kazanmasına rağmen, türlerin bu stres koşuluna karşı göstermiş oldukları farklı fizyolojik tepkiler, çalışmaların ilerlemesini sınırlamaktadır.

Akita ve Cabuslay (1990) ile Perez-Alfocea ve ark. (1993)'nın bildirdiklerine göre bitkinin belirli bir aşamasındaki tuza dayanıklılık, başka bir aşamada farklı olabilmektedir. Bununla birlikte domatesin de içinde bulunduğu pek çok bitki türünde, tuzluluk için tarama yöntemleri, fizyolojik çalışmalar, genç bitki aşaması temel alınarak gerçekleştirilmektedir (Alarcon ve ark., 1994; Alian ve ark., 2000; Al-Karaki, 2000).

Cayuela ve ark. (1996), domates tohumlarına priming (ön çimlendirme) (6 mM NaCl) uygulaması yaparak kontrol bitkilerine göre daha erken çimlenme sağlamıştır. Fide aşamasında ise bu bitkilere 70 ve 140 mM NaCl tuzu

uygulandığında, priming uygulanmış olan bitkilerin yapraklarında organik asit ve şeker miktarının kontrol bitkilerine göre daha yüksek olduğu, bu durumda bitkinin NaCl tuzluluğuna karşı daha iyi korunabildiği tespit edilmiştir.

Jose ve ark. (1997)'nin bildirdiklerine göre, tuzluluk zararı bitkilerin Na^+ iyonunu almalarıyla birlikte ortaya çıkmaya başlamakta ve bu etkiler bitki tür ve çeşitlerine göre de farklılık göstermektedir. Örneğin, kavun genotipinde ortamın tuz konsantrasyonunun artması ile fide döneminde yaprak alanındaki azalma arasında yakın bir ilişki olduğu ve bunun da fide döneminde kavunda tuza tolerans için hızlı bir tarama parametresi olarak kullanılabileceği belirtilmektedir.

Delzoppo (1999)'un bildirdiğine göre, bir çok kültür bitkisi tuzlu koşullara karşı farklı tepkiler göstermektedir. Bu durum dokulardaki sodyum miktarı ve yetiştirme ortamındaki NaCl konsantrasyonu ile ilgilidir.

Chartzoulakis ve Klapaki (2000), bitki türlerinin hatta aynı tür içerisinde genotiplerin, tuzluluk stresine karşı tepkilerinin farklı olabildiğini belirtmişlerdir. Araştırmacıların biberde yapmış oldukları bir çalışmada, tohumları, petri kaplarında, farklı tuz konsantrasyonlarında (0, 10, 25, 50, 100 ve 150 mM NaCl) çimlendirmişler, çimlenen bitkileri torf ortamına alarak 17 gün normal çeşme suyuyla sulayarak büyütmüşler, daha sonra bu bitkileri 1:3 oranında kum ve perlit karışımı ortamına aktararak bitki gelişimini incelemişlerdir. Deneme sonunda, 50 mM tuz uygulamasının çimlenmeyi geciktirdiği fakat çimlenme yüzdesine bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Bunu yanı sıra 100 ve 150 mM tuz uygulamalarının hem çimlenmeyi hem de fide gelişimini olumsuz etkilediği ve 150 mM NaCl konsantrasyonundaki bitkilerde meyve sayısı ve ağırlığında belirgin azalmalar olduğunu bildirmişlerdir.

Bitkiler Na tuzluluk stresine karşı genel olarak aşağıda açıklanan 4 farklı mekanizmayla tepki vermektedirler.

Na pompaları (dışarı verme): Bitkiler kendileri için, stres oluşturabilecek düzeyde tuzlulukla karşılaştığında kök hücrelerindeki Na pompaları ile fazla Na^+ u ortama geri verebilmektedirler. Böylece sitoplazmadaki Na konsantrasyonu tolere edilebilir seviyelerde tutmaya çalışılmaktadır (Schubert ve Lauchli, 1990).

Kylin ve Quatrano (1975)'ya göre tuza dayanıklılık bitki hücresinin Na^+ 'u sitoplazmadan vakuollere aktarma yeteneğine de bağlıdır. Bu aktif Na salgılanması hücrenin turgoritesini yükseltir ve aynı zamanda sitoplazmayı aşırı derecede yüksek Na konsantrasyonlarına karşı korur.

Vakuollerde biriktirme: Bitkinin Na'u vakuollerde biriktirmesi ve bitkiye zarar vermesini önlemesi de, tuz toksisitesine karşı önemli mekanizmalardan biridir. Sodyumun vakuollerde birikiminden sorumlu bir genin domates bitkisine aktarılmasıyla elde edilen transgenik bitkiler meyve olgulaşımına kadar yetiştirilmiş, tuzun özellikle yaşlı yapraklarda vakuollerde biriktiği, meyvede ise çok düşük düzeyde kaldığı belirlenmiştir (Zhang ve Blumward, 2001).

Leigh ve ark. (1981), şeker pancarı vakuollerindeki glisin, betain ve prolin durumunu incelemişlerdir. Bu çalışmanın sonucuna göre glisin, betain ve prolinin tuz veya osmotik stres şartlarında biriktiği açıklanmıştır.

Hızlı büyüme: Tuzdan sakınımın diğer bir yolu ise bitkinin hızlı büyüme göstererek birim hacimde alınan tuzun bünyede seyreltilmesine dayanmaktadır. Hızlı büyüyen bitki tür ve çeşitleri, aynı koşullarda yetiştirildiğinde, daha yavaş büyüyen çeşitlerden tuz stresine karşı daha avantajlı olmaktadır. Hızlı büyüme sonucunda yapraklarda seyrelen tuz miktarı tolere edilebilir düzeyde kalmaktadır.

Hücre zarı geçirgenliği: Bazı bitkiler ise hücre zarından K ve Na iyonlarının geçişlerini engelleyerek kendilerini tuz stresine karşı koruyabilmektedir (Murata ve ark., 1994). Tuza tolerant olan bitkilerin tuzdan sakınımının ilk yeri kökler olup, yüksek tuz konsantrasyonunda bitki ya tuzları içeri almamakta ya da bünyesine giren tuzu, enerji kullanarak dışarı pompalayıp kurtulmaktadır (Cheeseman 1988).

Poljakoff-Mayber ve Gale (1975)'e göre arpa tuza toleransı oldukça yüksek olarak bilinen bir bitki türü olup, bu türde tuzun köklerden yeşil aksama gidiş aşamasında engellemeler bulunmakta, köklerdeki bariyerler sayesinde pasif alım ile bünyeye giren Na ve Cl iyonları yeşil aksama iletilmemektedir.

Lauchli (1975)'ye göre yüksek Na konsantrasyonu *Phaseolus* gibi duyarlı bitkilerde kloroplastların deformasyonuna yol açarlar, buna karşılık *Beta vulgaris* ve *Hordeum sativum*'da bu deformasyonlar gözlenmemiştir. Daha çok tuza karşı dayanıklı soya fasulye çeşidinin kökün alt kısmında Na^+ 'u ksilemden tekrar absorbe

ettiği, böylece Na^+ 'un bitkinin toprak üstü aksamına taşınmasının önemli ölçüde azalmış olduğunu bildirmektedir. Tuza duyarlı fasulye çeşidi ksilemden Na^+ 'u yeniden absorbe etme yeteneğine sahip değildir.

Wolf ve ark. (1991)'na göre tuzu iyi tolere eden türlerde Na ve Cl iyonlarının yeşil aksamın çeşitli organlarında ve dokularındaki dağılımı önemlidir. Tuz stresine neden olan Na ve Cl iyonlarının daha çok yaşlı yapraklarda tutulması ve genç yapraklara iletiminde kısıtlamalara sahip olmaları, tuza tolerant bitkilerin en bilinen özelliklerindendir. Bu bitkilerde genç yapraklarda, yaşlı yapraklara oranla daha fazla potasyum, ancak daha az sodyum elementinin bulunması, potasyumun floemle taşınımının sodyum elementine göre daha ileri düzeyde olmasına bağlıdır.

Huang ve Redmaan (1995)'nın bildirdiğine göre bitkide Ca konsantrasyonunun yükselmesi, iyon geçişinin daha kontrollü olmasını, tuzlu koşullarda sodyum alımını azaltarak bitkinin bu stresten daha az etkilenmesini sağlamaktadır.

Marschner (1995)'e göre dokularda Ca'un düzenleyici rolü özellikle membran bütünlüğü ve iyonların alımı ve taşınımı sırasında seçiciliği ve kontrolü konularında çok önemlidir.

Lechno ve ark. (1997)'na göre hıyarda yapılan bir çalışmada 100mM NaCl uygulanmasından 4 gün sonra bitkilerde büyüme durmuş, hücrelerin membran geçirgenliği bozulmuş ve yeşil aksam ağırlığında azalma görülmüştür.

Villora ve ark. (1997), iyon dengesizliğinin ve köklerde hücre zarı geçirgenliği bozulmasının bitkinin beslenme rejimini etkileyerek, metabolik olaylarda kullanılan temel bazı elementlerin alımını önlediğini, bunun da fizyolojik sorunların ortaya çıkmasına neden olacağını ileri sürmektedirler.

2.3.1. NaCl Tuzluluğunda İyonların Davranışları ve İyonların Tuza Dayanımdaki Konumları

Levitt (1980)'e göre ortamda NaCl'un fazla olması durumunda, bitkiler tarafından Na^+ iyonunun gereğinden fazla alındığı ve oluşan rekabet nedeniyle K^+ iyonu alımında azalmaların olduğu ve böylece K^+ noksanlığı ortaya çıktığı ifade edilmektedir.

Cramer ve ark. (1985)'na göre dokulardaki yüksek Ca konsantrasyonu, Na'un membranların geçirgenliğini azaltabilir. Cramer ve ark. (1986)'na göre tuzluluğun artması ile bitkilerin almış oldukları kalsiyum miktarında azalma olmasının, artık araştırmacılar tarafından yaygın olarak kabul gördüğü bildirilmektedir (Huang ve Redmann, 1995; Rehman ve ark., 2000). Fakat kalsiyumun tuzlu koşullardaki işlevi hakkında farklı görüşler vardır. Marschner (1997)'e göre tuz stresinin etkisi; bitkilerde su eksikliği, aşırı miktarda Na^+ ve Cl^- alımından dolayı iyon toksisitesi, iyon dengesizliği ve hücre içi mineral dengesizlik ve Ca^{+2} dengesinin bozulmasından kaynaklanmaktadır.

Yeo ve Flowers (1986), yaptıkları araştırmalardan elde ettikleri sonuçlara göre tuzluluğa dayanıklılığın nedenlerinin aşağıdaki çeşitli etmenlerin toplamından oluştuğu sonucuna varmışlardır;

1. Hücre zarlarında NaCl girişini kısıtlama
2. Na'ın daha çok yaşlı yapraklarda biriktirilmesi
3. Yaprak dokusunun NaCl'e toleranslı olması.

Bitkilerin tuzlu koşullarda K^+ ve Ca^+ elementlerine karşı göstermiş oldukları bu seçiciliğin tuza tolerant ve duyarlı çeşit seçimlerinde K/Na parametresi, araştırmacılar tarafından yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır (Maathius ve Amtmann, 1999).

Subbarao ve ark.(1990)'na göre yüksek K konsantrasyonuna sahip olan genotiplerin Ca konsantrasyonlarının da yüksek olduğu görülmüştür. Ca konsantrasyonunun aynı kalmasının veya yükselmesinin, K-Na seçiciliğinde önemli rol oynadığı ve dokularda K konsantrasyonunun düşmemesini teşvik ettiği bildirilmektedir.

Gorham (1990)'a göre su kültüründe yetiştirilen hekzaploid buğday genotiplerinin tuz stresine (50 mM NaCl) maruz bırakılmasıyla duyarlı genotiplerin K/Na oranının tolerant genotiplere göre daha düşük olduğu görülmüştür.

Nieves ve ark. (1991), yaptıkları çalışmada birçok bitki türünde, uygulanan yüksek NaCl konsantrasyonu ile bitkinin klor akümülyasyonunda artış belirlemişlerdir. Tuz stresi altındaki asmalarda sürgün uzamasındaki azalma ve limonlardaki klorofil miktarındaki kayıplar ile portakallarda fotosentez miktarı ve stoma iletkenliğindeki azalmalar (Banuls ve Primo-Milo, 1992); aşırı klorür birikimi sonucu ortaya çıkan olumsuzluklar olarak yorumlanmıştır.

Whittington ve Smith (1992)'e göre kök ortamında yüksek Na^+ konsantrasyonunun olması, Ca^{+2} alımını ve taşınmasını engellemektedir (Grattan ve Grieve, 1999) ve bu ortamda fazla Ca^{+2} alımı ve taşınımını gerçekleştirebilen genotiplerde Na/Ca oranı düşük olacaktır (Cuartero ve ark., 1992; Alfocea ve Alfocea et al., 1996).

Chartzoulakis ve Klapaki (2000)'e göre tuza karşı dayanıklılık gösteren genotiplerde sodyum ve klor iyonlarının bitki organellerindeki dağılımı büyük önem taşımaktadır. Örneğin, tuzlu koşullarda yetiştirilen biber bitkisinde köklerdeki sodyum miktarı yapraklardan yüksek çıkarken, yapraklardaki klor miktarı ise köklerdekinden daha yüksek bulunmuş ve yapraklarda zararlanmalar yüksek Cl içeriğine bağlanmıştır.

Al-Karaki (2000)'ye göre bitkilerin tuzlu koşullarda almış oldukları sodyum, potasyum ve kalsiyum miktarları bitkilerin K/Na ve Ca/Na oranlarına etki yapmaktadır. Bitkilerdeki K/Na ve Ca/Na oranlarının yüksek olması tuza toleransı artırmaktadır. K/Na oranının yüksek olması bitkinin sodyum yerine potasyumu tercih ettiğini ortaya koymaktadır. Sonuçta bitkilerin sodyum alımından uzaklaşıp yüksek miktarda potasyum seçiciliği yaptığı ve bunun da tuza karşı dayanımı arttırdığı bildirilmektedir.

Karanlık (2001) tarafından buğday bitkisinin su kültürü ortamında yetiştirilmesi ile yapılan tarama testlerinde tuza tolerant olan Dağdaş'ın duyarlı olan ES-14 genotipine göre yeşil aksamında daha az Na iyonu bulunduğu belirtilip,

dolayısıyla K/Na oranı yüksek olan genotiplerin tuz stresine karşı tolerant olduğu ifade edilmiştir.

2.3.2. Tuzluluk Stresinde Hücresel Düzeyde Adaptasyon Mekanizmaları

Rains (1972)'a göre, yüksek tuz konsantrasyonu koşullarında bulunan bitkiler, iyon toksisitesinin yanı sıra osmotik strese girmekte ve su noksanlığından kaynaklanan fizyolojik bozukluklar yaşamaktadır. Artan iyon alımı ile osmotik stresin giderilmesi ve böylece hücre turgorunda azalma olmadan bitkinin gelişmesini sürdürebilmesine “osmotik uyum” adı verilmektedir.

Bates ve ark. (1973)'na göre su stresindeki bitkilerde diğer aminoasitlere göre nispeten daha hızlı artan prolinin, çok etkili stres karakterlerinden biri olduğunu ve kuraklık ölçüsünün tek parametresi olarak kullanıldığını açıklamışlardır. Değişik su stresi, bitkilerdeki sayısız metabolik düzensizlikleri teşvik etmektedir.

Hellebust (1976)'un bildirdiğine göre, osmotik uyum, bitkilerin K ve Na gibi bazı inorganik iyonlar ya da gliserol, sukroz, prolin, betain gibi bazı organik iyonları biriktirebilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır.

Levitt (1980)'e göre, Cl akümüülasyonu NaCl'ün toksik etkilerine bağlıysa da, stoma iletkenliğinin azalması tuzun teşvik kabiliyetiyle doğru orantılıdır. Dehidrasyondan sakınım yani osmotik düzenleme, hücrede su alınınımının başlamasına ve turgorun yeniden kazanılarak hücre büyümesinin devam etmesine yardımcı olmaktadır.

Seemann ve Crithley (1985) ile Aranda ve Stvertsen (1996), yüksek tuz konsantrasyonlarında iyon birikimi ve stomaların açılıp kapanmasındaki düzensizlik nedeniyle toplam korofil miktarında azalmalar olduğunu ve bunun sonucu olarak fotosentez etkinliğinin azalarak bitkinin gelişmesinde gerilemeler ortaya çıktığını açıklamaktadırlar.

Munns ve ark. (1986) ile Neumann ve ark. (1988), tuzun etkisi ile bitki büyümesinin azalması, zararlanan ya da ölen yaprakların oranının, yeni gelişen yapraklardan fazla olması nedeniyle azalan fotosentez alanıyla da açıklamaktadırlar. Ancak yapılan araştırmalar asmalarda tuz uygulamalarının fotosentez oranını da

azalttığını göstermiştir (Walker ve ark., 1981; Downton ve ark., 1977; Downton ve ark., 1990; Prior ve ark., 1992).

Bir çok araştırmacı tarafından tuzluluğun, çoğunlukla yapraklarda erken yaşlanmaya neden olduğu bildirilmiştir (Sahu ve Mishra (1987); Yeo ve ark., (1991); Chen ve Kao (1991); Chen ve ark., (1991)). Yaprak yaşlanması genellikle protein veya klorofil konsantrasyonundaki azalma ve hücre zarı geçirgenliğindeki artışla ifade edilmektedir (Dhindsa ve ark.,1981).

Neuman ve ark. (1988), fasulye fidelerinin düşük düzeylerde (50-100 mM) tuzluluğa maruz bırakıldığında, üç günlük süre içerisinde ışıklı koşullarda primer yapraklarda hücre genişlemesinin azaldığını bildirmekte ve bunu hücre büyüme parametrelerinden hücre duvarı büyümesi ve turgora bağlamaktadırlar. Tuzluluk 72 saat sonra hücre büyümesinde herhangi bir olumsuz etki meydana getirmemiş, kontrol bitkilerinde oransal olarak küçük artışlar görülmüştür. Diğer yandan 50 mM NaCl 24 saat içinde toplam yaprak turgorunu önemli ölçüde azaltmış, yaprak osmotik potansiyelinde adaptif azalmaya paralel olarak ksilem basıncı, yapraktaki apoplastik madde potansiyelini düşürmüş ve bu düşüş de sonuçta yaprağın su potansiyelini düşürmüştür. Bu bulgularla, fasulye fidelerinde orta tuzluluk seviyelerinde başlangıçta yaprak büyüme oranının, hücre duvarı büyümesindeki azalmadan çok turgordaki düşüşten kaynaklandığı ve uzun dönem tuzluluk koşullarında (10 gün) turgordaki azalmaya ters olarak hücre duvarı büyümesinin sağlandığını ifade etmişlerdir.

Mangal ve Lal (1990) ile Awank ve ark. (1993), hormon dengesinde ortaya çıkan değişikliklerin tohum çimlenmesi üzerinde de etkide bulunduğunu, azalan sitokinin sentezlenmesinin sonucu olarak çimlenme oranında azalma oluştuğu iddia edilmektedir. Tuzlu koşullarda çimlenmenin engellenmesi ve çimlenme yüzdesinin düşmesi, beklenen bir tepkidir (Demir ve Demir, 1992).

Sharma ve ark. (1990), klor ve sülfat tuzluluğunun dominant olduğu değişik saksılarda yetiştirdikleri iki farklı nohut çeşidinin her ikisinde de klorofil, karbonhidrat, nişasta ve protein miktarının azaldığını, aksine amino asit ve serbest prolin oranının artan tuzluluk ile beraber arttığını tespit ettiklerini bildirmekte ve

klor'un sülfattan daha fazla olumsuz etkide bulunduğunu ve denenen çeşitlerin tuzluluğa farklı reaksiyon gösterdiğini belirtmektedirler.

Rengel (1992)'e göre, tuzlu ortamlarda bitki hücresine geçen yüksek miktardaki Na^+ iyonu hücre içinde hızlı bir şekilde bazı fizyolojik değişimlerin başlamasına neden olmaktadır. Bitkideki bu fizyolojik değişimler bitki büyüme ve gelişiminde bir takım olumsuzluklar yaratmaktadır.

Marschner (1995)'a göre, bir bitkinin tuza dayanım gösterebilmesi için ozmotik uyum mekanizmalarından bir veya birkaçı olması gerekmektedir. Tuz stresi ile karşılaşan bitkilerde; dışarıdan tuz iyonlarının bünyeye alınması veya bünye tarafından çözünebilir organik maddelerin sentezlenmesi ve bunların hücre içinde biriktirilmesi yoluyla ozmotik uyum sağlanabilmektedir.

Reggiani ve ark. (1995), üç farklı buğday genotipinde yaptıkları bir araştırmada Na alımının tüm genotiplerde birbirine benzeyip genellikle köklerde toplandığını belirtirken Cl birikmesinin hem kök hem de yeşil aksamda olduğunu, K iyonu açısından ise herhangi bir farkın bulunmadığını ve tuza tolerant iki çeşitte de osmotik dengenin yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Lutts ve ark. (1996), tuz stresinin neden olduğu yapraklardaki erken yaşlanma ile lipid peroksidasyonu ürünü olan malondialdehit (MDA) arasındaki bir bağlantıdan bahsetmektedirler. MDA birikimi, iyon sızması (relative leakage ratio=RLR) ile paralellik göstermektedir. Çeltik bitkisinde yaptıkları bir araştırmada tuza dayanıklı çeşitte MDA miktarı en düşük değerleri verdiği halde, tuza duyarlı çeşitte en yüksek MDA ölçümleri yapılmıştır. Tuzlu koşullarda oksidatif zararlanma sonucunda hücre zarlarında oluşan lipid peroksidasyonunun ürünü olarak malondialdehit açığa çıkmakta, hücre zarı fazla hasara uğramış olan genotiplerde hem MDA miktarı ve hem de RLR ya da iyon sızması yüksek değerlere ulaşmaktadır. Benzer biçimde değişik patlıcan genotipleri ile tuz stresi konusunda çalışan Yaşar (2003), tuza toleransı yüksek patlıcan genotiplerinin yaprak dokularında MDA miktarının duyarlı genotiplere nazaran daha düşük olduğunu belirlemiştir.

Mer ve ark. (2000), tuzun toksik etkisinin ilk önce yaşlı yapraklarda görülmeye başladığını ve toksisitenin bu yaprakların uçlarından başlayıp yaprak ayasına ve sapına doğru ilerleyen kloroz şeklinde kendini gösterdiğini, daha sonra bu kısımların nekroze olduğunu belirtmektedir. Tuzlu koşullarda büyüyen bitkilerin büyüme hızı düşük olup bodur bir yapı sergilemektedirler, yaprakları ise çoğunlukla küçük ve rengi de koyu yeşildir. Tuz stresinde hücre büyümesi ve bölünmesinde yavaşlamanın, sitokin miktarının azalması sonucu ortaya çıktığı ileri sürülmektedir.

Zhu (2001), tuzluluğun stomaların kapanması dolayısıyla transpirasyonun ve kloroplastlara net CO₂ diffüzyonunun azalmasına yol açarak fotosentezin olumsuz şekilde etkilendiğini rapor etmiştir. Bu durumun da beraberinde oksidatif zararlanmayı getirdiğini belirtmiştir.

Karanlık (2001) ile Yaşar (2003)'a göre tuz stresi altındaki bitkilerde stomalar kapatılmakta, yaprak alanları da küçülerek transpirasyon azaltılmaya çalışılmaktadır. Böylece bitki, su kaybını en aza indirmek ve topraktan su ile birlikte yüksek miktardaki tuzu almayı engellemeye gayret etmektedir. Yaprak alanındaki azalmanın yanında birim alandaki CO₂ fiksasyonu da azalmaktadır. Bütün bunlara, yükselen respirasyon eşlik eder. Yaşamak için yoğun enerji sarf eden bitki, daha az fotosentez yaparak harcadıklarını yerine koyamadığı için gelişme ve büyüme geriler. Tuz stresi altında net CO₂ fiksasyonunun azalması; su noksanlığı, stomaların kapanışı, apoplastta tuzun birikmesi ve mezofil hücrelerinin turgoru kaybetmesi veya tuz iyonlarının doğrudan toksisitesi sebebidir.

Abiyotik stres faktörlerinden biri olan tuzluluk, diğer abiyotik streslerde olduğu gibi, bitkilerde fotosentetik karbon metabolizması ve elektron taşınımını sınırlayabilmektedir. Tuz stresinde bitkiler, ortamda bulunan sudan gerektiği gibi faydalanamadığı için çeşitli adaptasyon mekanizmaları geliştirmektedir. Bunlardan birisi bitkilerin stomalarını kapatarak suyu en iyi şekilde kullanabilme mekanizmasıdır. Fakat bu durumda diğer abiyotik stres faktörlerinde olduğu gibi fotosentezin temeli olan CO₂ yeteri kadar alınıp fiske edilmemekte ve CO₂ indirgenmesinde kullanılması gereken fotosentetik elektronlar oksijenin indirgenmesinde görev almakta, hücrede tahribat yapan ve toksik etkinlikleri çok yüksek olan serbest oksijen radikal türevleri (O₂ , süperoksit radikal, H₂O₂, Hidrojen

peroksit, OH, Singlet Oksijen) oluşturmaktadır (Asada, 1994; Foyer ve ark., 1994; Noctor ve Foyer, 1998; Makela ve ark., 1999).

2.4. Tuza Toleransta Genotip Farklılıkları ve Tuza Tolerant Genotiplerin Seçiminde Kullanılan Parametreler

Zhu ve ark., 2000'ına göre tuza tolerans, kuraklığa, yüksek sıcaklığa, don ve üşüme stresine dayanıklılık konularına göre, daha yaygın çalışılan bir konudur. Tuz zararına karşı tolerant transgenik bitkiler, kuraklık veya don stresine de dayanıklı olabilmektedir. Çünkü tuzluluğu kontrol eden birçok gen, aynı zamanda, diğer abiyotik stres faktörlerini de kontrol edebilmektedir. Tuz stresine karşı tolerant bitki geliştirmeye yönelik araştırmalar bitki ıslahçıların hedefleri arasında olup, bu çalışmalarda iyon transferi ve mineral beslenmeyi düzenleyen genler üzerinde durulmaktadır. Fakat tuza dayanıklı genotip seçiminde yararlanılan fizyolojik ve moleküler düzeyde çalışmaların tam olarak anlaşılamaması ve bu stres faktörünün çok gen tarafından kontrol edilen kompleks bir karakter olması, uygun genetik modelin bulunmasını ve dayanıklılık ıslahını zorlaştırmaktadır.

Gorham (1993), yaptığı araştırmada farklı çavdar ve buğday çeşitlerinde K/Na oranındaki değişimin genetiksel ve fizyolojik yönlerini incelemiş, dayanıklı bitkilerde potasyumun sürekli dengede tutulduğunu ve Na ile Cl iyonlarının bünyeye alınmadığını bildirmiştir. Araştırmacı bu durumun genetiksel farklılıklardan kaynaklanabileceğini belirtmiştir. Benzer şekilde, Zhu (2000) da tuzluluğa tolerans gösteren genotiplerin Na alımını regüle eden genler sayesinde Na elementini bitki bünyesinde toksisite yapacak miktarda bulundurmadığını bildirmektedir.

Ashraf (1994), genetik kaynaklar arasında tuza toleranslılık bakımından farklılıklar olmasına rağmen, tolerant genotip sayısının oldukça sınırlı olduğunu bildirmiştir. Bu nedenle tuza tolerant genotip bulma çalışmaları ve mevcut genetik potansiyelin değerlendirilmesi önemlidir.

Tuza tolerans bakımından bitki türleri ve hatta aynı tür içerisinde genotipler arasında farklılıkların bulunduğu daha önce de belirtildiği gibi birçok araştırma ile ortaya konmuş bir gerçektir. Tuz stresine karşı tolerant bitkilerin geliştirilmesine

yönelik çalışmalar tüm dünyada yapılmakta, bunlardan bir kısmı var olan populasyonlardan seçim yapma kapsamında yoğunlaşırken, moleküler düzeyde yapılan araştırmalarda ise tuza toleranstaki etki mekanizmalarını kontrol eden genlerin belirlenmesi ve bunların istenen bitkilere aktarılması üzerinde durulmaktadır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Bitki Materyali

Bitki materyali olarak aşağıda isimleri, kod numaraları ve tohum sağlanan kaynağın belirtildiği, ülkemizden ve yurt dışından toplanan 67 fasulye genotipi kullanılmıştır. Araştırma süresince, deneme iki kez tekrarlanmış ve bitkiler su kültürü ortamında yetiştirilerek, tuz stresine maruz bırakılmıştır.

Çizelge 3.1 Denemede kullanılan fasulye tohumlarının ismi ve temin edildiği kaynaklar

Sıra No	Genotip Adı	Temin Edildiği Kaynak	Sıra No	Genotip Adı	Temin Edildiği Kaynak
2	TR 46348	ETAE*	46	Nassau	Golden West Seeds
4	TR 68587(Karacaşehir 90)	ETAE	47	Tender	Golden West Seeds
6	TR 38425	ETAE	49	Atlanta	Golden West Seeds
7	TR 38059	ETAE	50	Özayşe	BATEM**
10	TR 33548	ETAE	51	Yalova-17	ABKAE***
11	TR 66342	ETAE	52	Yalova-5	ABKAE
12	TR 66751	ETAE	53	Alman Ayşe No:6 Sırık	Bursa Tohumculuk
13	TR 49668	ETAE	54	Barbunya Kınalı	Bursa Tohumculuk
14	TR 35426	ETAE	55	Roma-2	İTM*****
16	TR 43477	ETAE	56	Magnum	May Tohumculuk
17	TR 62848	ETAE	57	Cina	May Tohumculuk
18	TR 53662	ETAE	60	5	Amerika
19	TR 53827	ETAE	61	6	Amerika
20	TR 26774	ETAE	62	7	Amerika
21	TR 57755	ETAE	63	9	Amerika
22	TR 38468	ETAE	65	10-K : 2	Amerika
23	TR 53812	ETAE	67	Kılıksız Boncuk Ayşe	Adana
24	TR 68588 (Göynük 98)	ETAE	68	Romalika	RT*****
25	TR 38399	ETAE	69	Arşın Fasulyesi	Osmaniye
26	TR 28018	ETAE	70	Sarıköz Fasulyesi	Osmaniye
27	TR 43862	ETAE	71	Siyah Fasulye	Osmaniye
28	TR 51364	ETAE	72	Acebek Fasulye	Osmaniye
29	TR 51365	ETAE	73	Kıbrıs Amerikan	Osmaniye
30	TR 50771	ETAE	74	Barbunya	Osmaniye
31	TR 50763	ETAE	75	Ayşe Kadın	Osmaniye
33	TR 57749	ETAE	76	Ayşe Kadın	Hatay
35	TR 28035	ETAE	77	Barbunya	Hatay
36	TR 66339	ETAE	78	Dermoson	Hatay
37	TR 53656	ETAE	80	Siyah Sürmeli	Türkiye -Anomim
39	TR 53766	ETAE	99	Serodor Cambados	İspanya
41	6	ÇT****	101	Tufanbeyli	Tufanbeyli
42	Akman Fasulyesi	TİGEM	102	Sırık ayşe Kulcalı	Kulcalı
43	Yunus 90	TİGEM	104	Yerhammadisi(Kulcalı)	Kulcalı
45	4-F 89 Sırık	TİGEM			

*ETAE: Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü

***ÇT: Çağdaş Tohumculuk

**BATEM: Batı Akdeniz Tarımsal Araş. Enst. ANTALYA

*****İTM :İstanbul Tohum Mağazası

***ABKAE: Atatürk Bahçe Kültürleri Araş. Enst. YALOVA

*****RT : Rancheris Tohumculuk

3.2. Yöntem

3.2.1. Birinci Yıl Screening (Tarama) Denemesi

Birinci yıl denemesi 31 Ekim - 11 Aralık 2002 tarihleri arasında yürütülmüştür. On dört günlük bitkiler su kültürüne aktarılmış ve bu ortamda 11 gün büyütüldükten sonra, 25 mM NaCl ile ilk tuz uygulanmaya başlanmış, kademeli olarak tuz konsantrasyonu artırılmış ve 9 gün sonunda 125 mM NaCl değerine ulaşılmıştır.

Tuz uygulanan fasulye bitkilerinde görsel olarak zararlanma semptomları başlayınca 1-5 skala değerlendirmesi yapılmıştır. Şekil 3.1’de genotiplerin tuz stresi altında gösterdikleri zararlanmanın seviyelerini (1-5 skalası) gösteren resimler sunulmaktadır. Zararlanma seviyeleri 3.2.4.1’de detaylı olarak açıklanmıştır.



Şekil 3.1. Birinci yıl denemesinde tuzlu koşulda 1-5 skalasına göre fasulye bitkilerinin zararlanma durumları

3.2.2. İkinci Yıl Screening (Tarama) Denemesi

İkinci yıl denemesi 27 Eylül – 20 Ekim 2003 tarihleri arasında yürütülmüştür. 7 günlük bitkiler su kültürüne aktarılmış ve ortamda 5 gün kaldıktan sonra, 25 mM NaCl ile tuz uygulanmaya başlanmış ve kademeli olarak artırılarak 5 gün sonra 125 mM NaCl konsantrasyonuna ulaşılmıştır. Beş gün 125 mM NaCl koşulunda bırakılan bitkiler 21 Ekim’de tohum ekiminden itibaren 24 günlük iken yeşil aksam ve kök ağırlıklarının belirlenmesi için hasat edilmiştir.

Tuz uygulanan fasulye bitkilerinde görsel olarak zararlanma semptomları başlayınca 1-5 skala değerlendirmesi yapılmıştır. Şekil 3.2’de genotiplerin tuz stresi altında gösterdikleri zararlanmanın seviyelerini (1-5 skalası) gösteren resimler sunulmaktadır.



Şekil 3.2. İkinci yıl denemesinde tuzlu koşulda 1-5 skalasına göre fasulye bitkilerinin zararlanma durumları.

3.2.3. Su Kültürü Denemelerinde Kullanılan Yöntemler

3.2.3.1. Tohumların Çimlendirilmesi ve Genç Bitkilerin Aktarılması

Bitki materyali olarak kullanılan 67 farklı fasulye genotipinin tohumları torf: perlit (2:1) karışımı içeren viyollere ekilmiştir. Çimlenme ve su kültürü boyunca bitkiler, cam serada 20-28 ° C’de ve % 60- 70 nem ortamında yetiştirilmiştir. Çimlenen tohumlar 2 gerçek yaprak oluşturduktan sonra su kültürü ortamına alınmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Su kültürü ortamına aktarılan iki gerçek yaprak aşamalı genç fasulye bitkilerinin görünümü

3.2.3.2. Besin Çözeltisi Kompozisyonu ve Tuz Uygulamaları

Bitkilerin su kültürü ortamında yetiştiriciliğinde bileşimi aşağıda verilen Hoagland besin çözeltisi kullanılmıştır ($M: 3.0 \times 10^{-3}$).

Ca(NO₃)₂; 0.9×10^{-3} K₂SO₄; 1.0×10^{-3} MgSO₄; 0.2×10^{-3} KH₂PO₄; 1.0×10^{-5}
H₃BO₃; 1.0×10^{-6} MnSO₄; 1.0×10^{-7} CuSO₄; 1.0×10^{-8} ZnSO₄; 1.0×10^{-4}
(NH₄)₆Mo₇O₂₄; 1.0×10^{-6} ve Fe-EDTA ($10^{-4}M$)

Farklı araştırmacıların fasulye ile tuz stresinde çalışırken kullandıkları NaCl konsantrasyonları 75 ile 100 mM arasında değişmektedir. Sibole ve ark. (1998) 75 mM, Cachorro ve ark. (1993), 80 mM ve Serraj ve ark., (2001) 100 mM NaCl

kullanmışlardır. Bizim çalışmamızda, bitkiler birinci üç yaprak oluşturma aşamasına ulaşınca 25 mM NaCl ile tuz uygulamasına başlanmış ve kademeli bir şekilde artırılarak, 125 mM NaCl konsantrasyonuna ulaşınca bitkilerde tuzdan etkilenmenin ilk işaretleri görülmüş ve tuz konsantrasyonu artırımı durdurulmuştur.

Bitkiler 50 litrelik kaplarda derin akan su kültürü yöntemi ile yetiştirilmiştir. Her iki yıl denemesinde de tuz uygulaması 5 ve kontrol 4 yinelemeli olarak düzenlenmiştir. Denemede her kapta 21 bitki ve her yinelemede de bir bitki olacak şekilde tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Resirküle derin akan su kültürü sistemi ile büyütülen fasulye genotiplerinin tuzlu (sağ) ve kontrol (sol) koşullarında genel bir görüntüsü

Şekil 3.5’de ikinci yıl denemesinde 125 mM NaCl uygulanan fasulye genotiplerinden, Şekil 3.6’da ise kontrol bitkilerinden görüntüler sunulmuştur.



Şekil 3.5. İkinci yıl denemesinde 125 mM NaCl uygulanan fasulye genotiplerinden bir görüntü



Şekil 3.6. İkinci yıl denemesinde kontrol bitkilerinden bir görüntü

3.2.4. Screening (Tarama) Denemelerinde İncelenen Parametreler

3.2.4.1. Tuz Zararının Toksisite Etkisinin Belirlenmesi (1-5 Skalası)

Genotiplerin tuz zararına karşı göstermiş oldukları tepkiler 1'den 5'e doğru gidildikçe zararlanmanın arttığını gösteren görsel bir skala ile her iki yılda da yapılmıştır.

1 = Alt yapraklarda hafif sararmaların başladığı yeşil bitkiler,

2 = Alt yapraklarda sararma ve/veya solmanın başlaması ile bitkinin genelinde renk açılması,

3 = Alt yapraklarda şiddetli sararma, solgunluk ve/veya kuruma, bitkinin genelinde ise orta şiddette solgunluk ve sararma durumu,

4 = Yaprakların çoğunluğunda (%50-80) kuruma zararı,

5 = Yapraklarının % 90 veya tamamı kurumuş olan bitkiler

3.2.4.2. Yeşil Aksam ve Kök Kuru Ağırlık Değerleri

Hasat edilen yeşil aksam ve kök aksamaları saf su ile yıkanarak 65 °C' de 48 saat kurutulmuş ve ardından kuru ağırlıkları alınmıştır.

3.2.4.3. Mineral Element Analizleri

Mineral element analizleri sadece 2.yıl denemesinde yapılmıştır. Kurutulan bitki örnekleri öğütülmüş ve öğütülen bu örneklerden 200 mg alınarak 5.5 saat süreyle 550 °C' de kül fırınında yakılmıştır. Yakma işleminden sonra meydana gelen kül % 3.3' lük HCl'de çözünmüş ve mavi bant filtre kağıdı kullanarak filtre edilmiştir. Elde edilen süzükte Varian marka FS220 model Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre cihazında Na, K, Ca ve Mg elementlerinin konsantrasyonları belirlenmiştir.

Yeşil aksamdaki Cl konsantrasyonu, Johnson ve Ulrich (1959)'e göre Mohr metodu ile yapılmıştır.

Bunun için kullanılan eriyikler ve hazırlanmaları;

1. Ekstrakt eriyiği olarak saf su kullanılmıştır.
2. Potasyum kromat indikatörünün hazırlanışı:

Bir miktar saf suda 5 g potasyum kromat (KCrO_4) indikatörü eritilip, üzerine kırmızı renkli bir çökelek teşekkül edinceye kadar gümüş nitrat ilave edilmiştir. Eriyik 100 ml'lik ölçü balonuna süzildükten sonra ölçü balonu saf su ile derecesine tamamlanmıştır.

3. Standart gümüş nitrat eriyiğinin hazırlanışı:

1000 ml'lik ölçü balonunda bir miktar saf suda 4.791 g gümüş nitrat eritilip, ölçü balonu saf su ile derecesine tamamlanmıştır. Bu eriyiğin her bir mililitresi 1 mg klorüre tekabül etmektedir.

Cl konsantrasyonu belirleme yöntemi: Öğütülmüş bitki numunesinden 100 mg tartılarak 50 ml kapasiteli santrifüj tüpüne konulmuştur. Üzerine 25 ml saf su ilave edildikten sonra santrifüj tüpü kauçuk tıpa ile kapatılmıştır ve 10 dakika çalkalandıktan sonra 4000 devir ile santrifüj edilmiştir. Berrak eriyikten 20 ml alıp erlenmayerlere konulmuştur. Üzerine 1 ml potasyum kromat indikatörü ilave edildikten sonra gümüş nitrat eriyiği ile titre edilmiştir. Klorun tamamı gümüş klorür halinde çökeildiğinde ortamda teşekkül eden açık kahverengi gümüş kromat titrasyonda son noktayı göstermiştir.

Cl konsantrasyonu aşağıdaki formül ile belirlenmiştir.

$$\text{Klor \%} = (N - B) / A \times 100$$

N : Numune titrasyonunda kullanılan gümüş nitrat miktarı, ml

B : Blank titrasyonunda kullanılan gümüş nitrat miktarı, ml

A : Analiz için alınan bitki numunesi miktarı

(1 mg AgNO_3 1 mg Cl'a tekabül etmektedir).

3.2.4.4. Verilerin Değerlendirilmesi

Elde edilen verilerin tesadüf parselleri deneme desenine göre istatistik analizi yapılmıştır. Bunun için ANOVA hazır paket programı kullanılarak varyans analizi yapılmış ayrıca genotipler arasındaki farklılıklar Tukey çoklu karşılaştırma testi ile kontrol edilmiştir. İncelenen parametreler arasındaki korelasyon ilişkileri excelde tespit edilmiş ve tüm parametreler göz önüne alınarak genotiplerin tuz stresi altında ortaya koydukları tolerans seviyeleri belirlenmiştir.

Genotiplerin; skala değerleri, yeşil aksamdaki Na, K, Ca, Mg ve Cl konsantrasyonları, Na/K, Na/Ca, Na/Mg, Na/Cl oranları, yeşil aksam kuru ağırlığa göre dayanıklılık indeksi ve kökte kuru ağırlığına göre dayanıklılık indeksi arasındaki ilişkiler incelenerek, korelasyonlar değerlendirilmiştir. Bu karakterlerin ve aralarındaki ilişkilerin, fasulye genotiplerinin tuzluluğa toleransının belirlenmesinde erken aşamada (genç bitki) kullanılabilecek bir parametre olup olmadığı irdelenmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI**4.1. Birinci Yıl Denemesine Ait Araştırma Bulguları****4.1.1. Skala Değerleri**

Birinci yıl denemesinde genotiplerin tuz stresinden etkilenme seviyelerini (1'den 5'e doğru zararlanma artıyor) gösteren, skala değerlendirmesi yapılmıştır. Birinci yıl denemesinde, bitkilerin maruz kaldığı ışık şiddeti ve sıcaklığın nispeten düşük olması, bitkilere tuz uygulanmaya başlama aşamasının daha büyük, 125 mM NaCl düzeyine ulaşma süresinin daha uzun olmasından dolayı deneme tamamlandığında bitkilerde seyrelme etkisi olabileceğinden tuzdan zararlanmayı gösteren skala değerleri ikinci yıla göre düşük düzeylerde kalmış ve en çok zararlanan genotip 3.7 skala değeri almıştır (Çizelge 4.1).

Skala değerlendirmesinde genotipler 1.3 ile 3.7 arasında değerler alırken tüm genotiplerde ortalama değer 2.38 olmuştur. Kırk genotip ortalamanın altında değer alırken, 27 genotip ortalamanın üzerinde değer almıştır. Bu değerler tüm genotiplerin tuzlu koşullardan mutlaka etkilendiğini ancak her genotipin tuza karşı farklı tepkiler verdiğini göstermektedir.

Çizelge 4.1 Birinci yıl denemesinde 42 günlük fasulye genotiplerinin tuz stresi altında yeşil aksamda belirlenen skala değerleri

Tuz stresi altındaki genotiplerin yeşil aksam skala değerleri							
Genotip numarasıyla skala değerleri				Skala değerlerine göre genotiplerin sıralanması			
Genotip no ve ismi	Skala değeri	Genotip no ve ismi	Skala değeri	Genotip no	Skala değeri	Genotip no	Skala değeri
2-TR 46348	2.10 a-c	47-Tender	2.50 a-c	99	1.3	22	2.4
4-TR 68587	2.20 a-c	49-Atlanta	1.80 bc	52	1.7	42	2.4
6-TR 38425	2.10 a-c	50-Özayşe	1.80 bc	104	1.7	45	2.4
7-TR 38059	2.30 a-c	51-Yalova-17	1.90 bc	49	1.8	67	2.4
10-TR 33548	1.90 bc	52-Yalova-5	1.70 bc	50	1.8	71	2.4
11-TR 66342	2.40 a-c	53-Alman Ayşe	3.30 ab	10	1.9	21	2.5
12-TR 66751	2.70 a-c	54-Barbunya Kınalı	2.70 a-c	27	1.9	23	2.5
13-TR 49668	2.30 a-c	55-Roma 2	2.50 a-c	51	1.9	31	2.5
14-TR 35426	2.40 a-c	56-Magnum	2.10 a-c	61	1.9	33	2.5
16-TR 43477	3.70 a	57-Cina	2.60 a-c	63	1.9	47	2.5
17-TR 62848	2.40 a-c	60-5	2.10 a-c	65	1.9	55	2.5
18-TR 53662	3.00 a-c	61-6	1.90 bc	80	1.9	74	2.5
19-TR 53827	2.40 a-c	62-7	2.10 a-c	28	2	35	2.6
20-TR 26774	3.30 ab	63-9	1.90 bc	43	2	41	2.6
21-TR 57755	2.50 a-c	65-10 K.2	1.90 bc	78	2	57	2.6
22-TR 38468	2.40 a-c	67-Kılçıksız B.A	2.40 a-c	2	2.1	75	2.6
23-TR 53812	2.50 a-c	68-Romalika	2.80 a-c	6	2.1	12	2.7
24-TR 68588	2.80 a-c	69-Arşın Fasulyesi	2.80 a-c	46	2.1	37	2.7
25-TR 38399	2.80 a-c	70-Sarıköz Fasulyesi	2.80 a-c	56	2.1	54	2.7
26-TR 28018	3.20 ab	71-Siyah Fasulyesi	2.40 a-c	60	2.1	76	2.7
27-TR 43862	1.90 bc	72-Acebek Fasulye	2.30 a-c	62	2.1	24	2.8
28-TR 51364	2.00 a-c	73-Kıbrıs Amerikan	2.80 a-c	101	2.1	25	2.8
29-TR 51365	2.20 a-c	74-Barbunya	2.50 a-c	102	2.1	68	2.8
30-TR 50771	2.20 a-c	75-Ayşe Kadın	2.60 a-c	4	2.2	69	2.8
31-TR 50763	2.50 a-c	76-Ayşe Kadın	2.70 a-c	29	2.2	70	2.8
33-TR 57749	2.50 a-c	77-Barbunya	2.20 a-c	30	2.2	73	2.8
35-TR 28035	2.60 a-c	78-Dermoson	2.00 bc	77	2.2	18	3
36-TR 66339	2.30 ab	80-Siyah Sürmeli	1.90 bc	7	2.3	26	3.2
37-TR 53656	2.70 a-c	99-Serodor C.	1.30 c	13	2.3	53	3.3
39-TR 53766	3.30 ab	101-Tufanbeyli	2.10 a-c	36	2.3	20	3.3
41-6	2.60 a-c	102-Sırık Ayşe	2.10 a-c	72	2.3	39	3.3
42-Akman F.	2.40 a-c	104-Yerhammadisi	1.70 bc	11	2.4	16	3.7
43-Yunus 90	2.00 a-c	Ortalama	2.38	14	2.4		
45-4-F 89-S	2.40 a-c	Tukey D(%1)	1.80	17	2.4		
46-Nassau	2.10 a-c			19	2.4		

*1'den 5'e doğru gidildikçe tuz zararı artmaktadır.

4.2. İkinci Yıl Denemesine Ait Araştırma Bulguları

4.2.1. Skala Değerleri

İkinci yıl denemesi 27 Eylül – 20 Ekim 2003 tarihleri arasında yürütülmüştür. 7 günlük bitkiler su kültürüne aktarılmış ve ortamda 5 gün kaldıktan sonra 25 mM NaCl ile tuz uygulamasına maruz bırakılmaya başlanmış ve 5 gün sonra 125 mM NaCl konsantrasyonuna ulaşılmıştır. Beş gün 125 mM NaCl koşulunda bırakılan bitkiler 24 günlük iken analiz için hasat edilmiştir.

Birinci yıl denemesinden farklı olarak, ikinci yıl denemesi daha sıcak bir dönemde yürütülmüş ve daha erken dönemde bitkiler tuz stresine maruz bırakılmıştır.

Skala değerlendirmesinde genotipler 1.00 ile 5.00 arasında değerler alırken tüm genotiplerde ortalama değer 2.92 olmuştur. Otuz üç genotip ortalamanın altında değer alırken, 34 genotip ortalamanın üstünde değer almıştır. Bu değerler, birinci yılda da olduğu gibi tüm genotiplerin tuzlu koşullardan mutlaka etkilendiğini, ancak her genotipin tuza karşı farklı tepkiler verdiğini göstermektedir. Genotiplerin % 50'si tuza karşı orta derecede tepki vermiştir. Daha sonra bitkilerde yapılan element analizleri de genotiplerin bitki besin elementi ve sodyum alımlarının da birbirlerinden farklı olduğunu göstermiştir. Genotipler tuzdan farklı düzeyde etkilenmişler ve bu da skala değerlerine yansiyarak geniş bir varyasyonu ortaya çıkarmıştır.

Çizelge 4.2. İkinci yıl denemesinde 24 günlük fasulye genotiplerinin tuz stresi (125 mM NaCl’de 8 gün) altında yeşil aksamda belirlenen skala değerleri

Tuz stresi altındaki genotiplerin yeşil aksam skala değerleri							
Genotip numarasıyla skala değerleri				Skala değerlerine göre genotiplerin sıralanması			
Genotip no ve ismi	*Skala değeri	Genotip no ve ismi	Skala değeri	Genotip no	Skala değeri	Genotip no	Skala değeri
2-TR 46348	3.10 a-f	47-Tender	2.60 a-f	80	1.00	78	3.00
4-TR 68587	1.54 c-f	49-Atlanta	3.05 a-f	99	1.00	49	3.05
6-TR 38425	2.24 b-f	50-Özayşe	3.11 a-f	72	1.06	10	3.06
7-TR 38059	2.10 c-f	51-Yalova-17	2.57 a-f	52	1.36	2	3.10
10-TR 33548	3.06 a-f	52-Yalova-5	1.36 d-f	4	1.54	67	3.10
11-TR 66342	2.86 a-f	53-Alman Ayşe	3.41 a-f	73	1.85	74	3.10
12-TR 66751	3.13 a-f	54-Barbunya Kınalı	2.56 a-f	104	1.86	50	3.11
13-TR 49668	2.52 a-f	55-Roma 2	4.72 ab	7	2.10	12	3.13
14-TR 35426	2.31 b-f	56-Magnum	2.16 c-f	19	2.11	18	3.14
16-TR 43477	3.66 a-d	57-Cina	2.52 a-f	22	2.15	35	3.15
17-TR 62848	2.98 a-f	60-5	2.18 c-f	56	2.16	42	3.15
18-TR 53662	3.14 a-f	61-6	2.60 a-f	60	2.18	27	3.20
19-TR 53827	2.11 c-f	62-7	2.81 a-f	6	2.24	36	3.26
20-TR 26774	3.70 a-d	63-9	2.61 a-f	24	2.30	76	3.26
21-TR 57755	3.31 a-f	65-10 K.2	2.80 a-f	14	2.31	75	3.30
22-TR 38468	2.15 c-f	67-Kılçıksız B.A	3.10 a-f	33	2.38	21	3.31
23-TR 53812	2.83 a-f	68-Romalika	5.00 a	43	2.42	53	3.41
24-TR 68588	2.30 b-f	69-Arşın Fasulyesi	3.85 a-d	71	2.50	102	3.59
25-TR 38399	3.70 a-d	70-Sarıköz Fasulyesi	2.94 a-f	13	2.52	29	3.60
26-TR 28018	5.00 a	71-Siyah F.	2.50 a-f	57	2.52	16	3.66
27-TR 43862	3.20 a-f	72-Acebek F.	1.06 ef	54	2.56	31	3.67
28-TR 51364	4.00 a-c	73-Kıbrıs Amerikan	1.85 c-f	51	2.57	20	3.70
29-TR 51365	3.60 a-d	74-Barbunya	3.10 a-f	47	2.60	25	3.70
30-TR 50771	2.71 a-f	75-Ayşe Kadın	3.30 a-f	61	2.60	101	3.72
31-TR 50763	3.67 a-d	76-Ayşe Kadın	3.26 a-f	63	2.61	69	3.85
33-TR 57749	2.38 b-f	77-Barbunya	2.67 a-f	77	2.67	37	3.95
35-TR 28035	3.15 a-f	78-Dermoson	3.00 a-f	30	2.71	39	3.96
36-TR 66339	3.26 a-f	80-Siyah Sürmeli	1.00 f	46	2.72	28	4.00
37-TR 53656	3.95 a-c	99-Serodor C.	1.00 f	41	2.75	55	4.72
39-TR 53766	3.96 a-c	101-Tufanbeyli	3.72 a-d	65	2.80	45	4.95
41-6	2.75 a-f	102-Sırık Ayşe K.	3.59 a-e	62	2.81	26	5.00
42-Akman F.	3.15 a-f	104-Yerhammadisi	1.86 c-f	23	2.83	68	5.00
43-Yunus 90	2.42 b-f	Ortalama	2.92	11	2.86		
45-4-F 89-S	4.95 a	Tukey D (% 1)	2.18	70	2.94		
46-Nassau	2.72 a-f			17	2.98		

*1’den 5’e doğru gidildikçe tuz zararı artmaktadır.

4.2.2. Yeşil Aksam Kuru Madde Üretimi

Tuz stresi altında ve kontrol koşullarında yetiştirilen 67 fasulye genotipinde yeşil aksam kuru ağırlık değerlerine ilişkin veriler Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Tuz stresi altında bitkilerin yeşil aksam kuru ağırlığının 0.25 g (99 nolu genotip) ile 1.49 g (12 nolu genotip) arasında değiştiği belirlenmiştir. Tuz stresi altındaki genotiplerin yeşil aksam ortalama kuru ağırlığı 0.95 g bulunmuştur. Kontrol koşullarında ise genotiplerin yeşil aksam kuru madde üretimi 0.33 g (99 nolu genotip) ile 7.24 g (102 nolu gnotip) arasında değerler almış ve tüm genotiplerin ortalaması 3.62 g olmuştur.

Genotiplerin tuz stresinde yeşil aksam kuru madde üretiminde kontrole göre % 24 ile % 83.1 arasında azalma belirlenmiştir.

Çizelge 4.3 incelendiğinde 67 fasulye genotipinin tuz stresi altında yeşil aksam kuru madde üretiminde geniş bir varyasyon olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.3.İkinci yıl denemesinde 24 günlük fasulye genotiplerinin yeşil aksam kuru madde üretimi ve kontrole göre tuz uygulamasında % değişim

Yeşil aksam kuru madde üretimi (g)							
Genotip no	Kontrol	NaCl	% değişim	Genotip no	Kontrol	NaCl	% değişim
2	3.22 c-i	0.98 a-e	-69.6	47	2.56 c-i	0.57 b-e	-77.7
4	2.35 d-i	0.81 a-e	-65.5	49	3.40 c-i	0.84 a-e	-75.3
6	3.95 a-h	1.16 a-d	-70.6	50	4.77 a-h	0.99 a-e	-79.2
7	3.61 b-i	1.35 a-c	-62.6	51	3.58 b-i	0.96 a-e	-73.2
10	2.46 d-i	1.13 a-e	-54.1	52	4.93 a-g	1.31 a-d	-73.4
11	3.11 c-i	1.17 a-d	-62.4	53	3.07 c-i	0.70 a-e	-77.2
12	4.99 a-f	1.49 a	-70.1	54	6.86 ab	1.32 a-d	-80.8
13	2.97 c-i	1.01 a-e	-66.0	55	2.43 d-i	0.96 a-e	-60.5
14	3.74 b-i	0.92 a-e	-75.4	56	3.96 a-h	1.13 a-e	-71.5
16	3.86 a-h	0.79 a-e	-79.5	57	4.50 a-h	1.08 a-e	-76.0
17	3.24 c-i	1.12 a-e	-65.4	60	2.37 d-i	0.60 a-e	-74.7
18	3.43 b-i	1.30 a-d	-62.1	61	3.87 a-h	0.96 a-e	-75.2
19	3.82 a-h	1.09 a-e	-71.5	62	4.70 a-h	1.11 a-e	-76.4
20	2.77 c-i	0.89 a-e	-67.9	63	3.55 b-i	0.78 a-e	-78.0
21	2.81 c-i	0.72 a-e	-74.4	65	3.67 b-i	0.92 a-e	-74.9
22	3.91 a-h	0.89 a-e	-77.2	67	4.57 a-h	1.04 a-e	-77.2
23	5.99 a-c	1.13 a-e	-81.1	68	2.79 c-i	0.67 a-e	-76.0
24	5.20 a-e	1.07 a-e	-79.4	69	4.16 a-h	0.91 a-e	-78.1
25	3.21 c-i	0.81 a-e	-74.8	70	3.96 a-h	0.91 a-e	-77.0
26	1.86 e-i	0.44 d-e	-76.3	71	4.03 a-h	1.30 a-d	-67.7
27	4.29 a-h	1.00 a-e	-76.7	72	1.33 h-i	0.49 c-e	-63.2
28	1.99 e-i	0.67 a-e	-66.3	73	4.79 a-g	1.33 a-d	-72.2
29	4.42 a-h	1.09 a-e	-75.3	74	4.19 a-h	1.11 a-e	-73.5
30	2.86 c-i	1.19 a-d	-58.4	75	4.80 a-g	1.18 a-d	-75.4
31	4.73 a-h	1.00 a-e	-78.9	76	5.46 a-d	1.13 a-e	-79.3
33	1.53 g-i	0.88 a-e	-42.5	77	4.99 a-f	1.46 ab	-70.7
35	2.54 d-i	0.92 a-e	-63.8	78	3.48 b-i	0.96 a-e	-72.4
36	3.48 b-i	0.86 a-e	-75.3	80	1.66 f-i	0.73 a-e	-56.0
37	3.50 b-i	0.90 a-e	-74.3	99	0.33 i	0.25 e	-24.2
39	2.26 d-i	0.53 c-e	-76.5	101	4.19 a-h	0.86 a-e	-79.5
41	4.02 a-h	0.99 a-e	-75.4	102	7.24 a	1.22 a-d	-83.1
42	2.50 d-i	0.59 a-e	-76.4	104	5.16 a-e	1.22 a-d	-76.4
43	2.73 c-i	0.84 a-e	-69.2	Ortalama	3.62	0.95	
45	3.51 b-i	0.64 a-e	-81.8	Tukey D	3.45	0.90	
46	2.08 d-i	0.51 c-e	-75.5		(%1)	(%1)	

4.2.3. Kök Kuru Madde Üretimi

Altmış yedi farklı fasulye genotipinde tuz stresi ve kontrol koşullarında belirlenen kök kuru ağırlık değerler Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Tuz stresi altında bitkilerde kök kuru ağırlığının 0.12g (45 nolu genotip) ile 0.46 g (77 nolu genotip) arasında değiştiği belirlenmiştir. Tuzlu koşullarda tüm genotiplerin ortalaması 0.30 g bulunmuştur. Kontrol koşullarında ise genotiplerin kök kuru ağırlığının 0.12 g (99 nolu genotip) ile 1.21g (102 nolu geenotip) arasında değiştiği belirlenmiş olup tüm genotiplerin ortalaması 0.58 g’dır.

Genotiplerin tuz stresi altında kontrole göre % değişimleri incelendiği zaman; 65 genotipte kök kuru madde üretiminin %18 ile %78 arasında azaltıldığı, 10 numaralı genotipte % 2.5 ve 99 numaralı genotipte ise % 33 oranlarında kök kuru madde üretiminin arttığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.4 incelendiği zaman 67 fasulye genotipinde tuz stresi altında kök kuru madde üretimi yönünden geniş bir varyasyon olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.4 İkinci yıl denemesinde 24 günlük fasulye genotiplerinin kök kuru madde üretimi ve kontrole göre tuz uygulamasında % değişim

Kök kuru madde üretimi (g)							
Genotip no	Kontrol	NaCl	% değişim	Genotip no	Kontrol	NaCl	% değişim
2	0.57 b-g	0.33 a-g	-42.1	47	0.38 c-g	0.15 d-g	-60.5
4	0.42 b-g	0.31 a-g	-26.2	49	0.45 b-g	0.23 a-g	-48.9
6	0.64 a-g	0.36 a-g	-43.8	50	0.82 a-f	0.24 a-g	-70.7
7	0.58 b-g	0.37 a-g	-36.2	51	0.52 b-g	0.25 a-g	-51.9
10	0.40 b-g	0.41 a-c	2.5	52	0.74 a-f	0.31 a-g	-58.1
11	0.44 b-g	0.31 a-g	-29.5	53	0.44 b-g	0.18 b-g	-59.1
12	0.79 a-f	0.40 a-d	-49.4	54	0.97 a-c	0.31 a-g	-68.0
13	0.43 b-g	0.30 a-g	-30.2	55	0.49 b-g	0.24 a-g	-51.0
14	0.55 b-g	0.27 a-g	-50.9	56	0.53 b-g	0.27 a-g	-49.1
16	0.56 b-g	0.18 b-g	-67.9	57	0.51 b-g	0.28 a-g	-45.1
17	0.53 b-g	0.28 a-g	-47.2	60	0.43 b-g	0.23 a-g	-46.5
18	0.77 a-f	0.28 a-g	-63.6	61	0.46 b-g	0.29 a-g	-37.0
19	0.61 a-g	0.31 a-g	-49.2	62	0.68 a-g	0.30 a-g	-55.9
20	0.45 b-g	0.19 b-g	-57.8	63	0.69 a-g	0.28 a-g	-59.4
21	0.44 b-g	0.15 d-g	-65.9	65	0.69 a-g	0.31 a-g	-55.1
22	0.68 a-g	0.30 a-g	-55.9	67	0.74 a-f	0.42 ab	-43.2
23	0.76 a-f	0.31 a-g	-59.2	68	0.50 b-g	0.14 e-g	-72.0
24	0.68 a-g	0.35 a-g	-48.5	69	0.67 a-g	0.25 a-g	-62.7
25	0.47 b-g	0.23 a-g	-51.1	70	0.69 a-g	0.29 a-g	-58.0
26	0.20 f g	0.14 f-g	-30.0	71	0.66 a-g	0.36 a-g	-45.5
27	0.69 a-g	0.36 a-g	-47.8	72	0.24 e-g	0.15 d-g	-37.5
28	0.43 b-g	0.20 b-g	-53.5	73	0.74 a-f	0.39 a-f	-47.3
29	0.65 a-g	0.27 a-g	-58.5	74	0.79 a-f	0.37 a-g	-53.2
30	0.46 b-g	0.37 a-g	-19.6	75	0.78 a-f	0.37 a-g	-52.6
31	0.64 a-g	0.25 a-g	-60.9	76	0.84 a-e	0.36 a-g	-57.1
33	0.33 d-g	0.27 a-g	-18.2	77	1.02 ab	0.46 a	-54.9
35	0.40 b-g	0.30 a-g	-25.0	78	0.60 a-g	0.30 a-g	-50.0
36	0.57 b-g	0.25 a-g	-56.1	80	0.47 b-g	0.26 a-g	-44.7
37	0.57 b-g	0.20 b-g	-64.9	99	0.12 g	0.16 b-g	33.3
39	0.35 c-g	0.14 f-g	-60.0	101	0.75 a-f	0.25 a-g	-66.7
41	0.64 a-g	0.25 a-g	-60.9	102	1.21 a	0.41 a-c	-66.1
42	0.37 c-g	0.20 b-g	-45.9	104	0.89 a-d	0.40 a-e	-55.1
43	0.51 b-g	0.30 a-g	-41.2	Ortalama	0.58	0.30	
45	0.55 b-g	0.12 g	-78.2	Tukey D	0.26	0.26	
46	0.30 d-g	0.13 g	-56.7		(%1)	(%1)	

4.2.4. Yeşil Aksamın Na Konsantrasyonu

Tohum ekiminden itibaren 24 günlük olan 67 fasulye genotipinin tuz stresi ve kontrol koşullarında yeşil aksamdaki Na konsantrasyonu değerleri Çizelge 4.5’de sunulmaktadır.

Genotiplerde tuz stresi altında % 1.70 (4 nolu genotip) ile % 4.34 (99 nolu genotip) arasında değişen Na konsantrasyonları belirlenmiştir. Tuzlu koşullarda tüm genotiplerin ortalaması % 2.80 olmuştur. Kontrol koşullarında ise % 0.41 (46 nolu genotip) ile % 0.94 (18 nolu genotip) arasında değişen değerler elde edilmiş olup, tüm genotiplerin ortalaması % 0.71 olarak belirlenmiştir.

Genotiplerin yeşil aksam Na konsantrasyon değerleri tuzlu koşullarda kontrole göre % 114 (7 nolu genotip) ile % 597 (42 nolu genotip) oranında artış göstermiştir.

Çizelge 4.5 İkinci yıl denemesinde 24 günlük fasulye genotiplerinin Na konsantrasyonu ve kontrole göre tuz uygulamasında % değişim

Na konsantrasyonu (%)							
Genotip no	Kontrol	NaCl	% değişim	Genotip no	Kontrol	NaCl	% değişim
2	0.79 ab	2.97 a-d	274	47	0.54 ab	3.25 a-d	500
4	0.71 ab	1.70 a-d	137	49	0.55 ab	2.23 b-d	305
6	0.73 ab	2.19 b-d	198	50	0.71 ab	2.14 b-d	202
7	0.86 ab	1.84 cd	114	51	0.59 ab	2.21 b-d	276
10	0.67 ab	2.27 b-d	240	52	0.60 ab	2.20 b-d	264
11	0.79 ab	2.78 a-d	250	53	0.68 ab	2.19 b-d	223
12	0.85 ab	2.80 a-d	229	54	0.69 ab	3.90 ab	464
13	0.81 ab	2.80 a-d	247	55	0.64 ab	3.19 a-d	398
14	0.92 a	3.25 a-d	251	56	0.65 ab	2.47 a-d	282
16	0.82 ab	2.93 a-d	257	57	0.72 ab	2.78 a-d	284
17	0.90 ab	2.43 a-d	171	60	0.72 ab	2.29 b-d	219
18	0.94 a	2.62 a-d	179	61	0.75 ab	2.77 a-d	269
19	0.87 ab	2.51 a-d	188	62	0.74 ab	2.16 b-d	191
20	0.85 ab	2.74 a-d	223	63	0.83 ab	2.49 a-d	201
21	0.82 ab	3.63 a-d	343	65	0.78 ab	2.24 b-d	186
22	0.74 ab	3.09 a-d	317	67	0.73 ab	2.74 a-d	275
23	0.79 ab	3.19 a-d	301	68	0.71 ab	2.98 a	317
24	0.76 ab	2.79 a-d	267	69	0.76 ab	2.58 a-d	237
25	0.74 ab	2.85 a-d	284	70	0.85 ab	2.96 a-d	249
26	0.70 ab	3.68 a-c	430	71	0.84 ab	2.90 a-d	245
27	0.68 ab	2.92 a-d	331	72	0.89 ab	3.85 ab	330
28	0.72 ab	2.75 a-d	282	73	0.72 ab	2.68 a-d	270
29	0.83 ab	2.62 a-d	214	74	0.58 ab	2.49 a-d	331
30	0.74 ab	2.17 b-d	195	75	0.63 ab	3.14 a-d	399
31	0.68 ab	3.16 a-d	363	76	0.73 ab	2.54 a-d	247
33	0.66 ab	2.52 a-d	284	77	0.69 ab	2.18 b-d	216
35	0.62 ab	2.57 a-d	312	78	0.70 ab	3.53 a-d	401
36	0.66 ab	3.05 a-d	363	80	0.62 ab	3.94 ab	532
37	0.65 ab	3.13 a-d	382	99	0.90 a	4.34 a	382
39	0.66 ab	3.77 a-c	470	101	0.58 ab	3.43 a-d	495
41	0.49 ab	2.24 b-d	356	102	0.52 ab	3.38 a-d	550
42	0.46 ab	3.20 a-d	597	104	0.47 ab	2.35 b-d	401
43	0.52 ab	2.64 a-d	404	Ortalama	0.71	2.80	
45	0.52 ab	3.10 a-d	498	Tukey D	0.49	1.98	
46	0.41 b	2.49 a-d	506		(%1)	(%1)	

4.2.5. Yeşil Aksamın K Konsantrasyonu

İkinci yıl denemesinde genotiplerin yeşil aksam K konsantrasyon değerleri Çizelge 4.6'da verilmiştir. Tuz stresi altındaki genotiplerin yeşil aksamında % 3.04 (72 nolu) ile % 6.69 (7 nolu genotip) arasında değişen K konsantrasyonları belirlenmiştir. Tüm genotiplerin ortalaması % 5.51 olmuştur. Kontrol koşullarında ise % 2.89 (16 nolu genotip) ile % 5.79 (42 nolu enotip) arasında değişen değerler belirlenmiş olup tüm genotiplerin ortalaması % 4.02 belirlenmiştir .

Tuz stresi, 72, 80 ve 99 nolu genotipler hariç, tüm genotiplerin yeşil aksam K konsantrasyonunu kontrole göre % 7.6 ile % 95.7 arasında artmıştır.

Çizelge 4.6. İkinci yıl denemesinde 24 günlük fasulye genotiplerinin K konsantrasyonu ve kontrole göre tuz uygulamasında % değişim

K konsantrasyonu (%)							
Genotip no	Kontrol	NaCl	% değişim	Genotip no	Kontrol	NaCl	% değişim
2	3.90 ab	5.38 a-d	38.0	47	4.68 ab	5.65 a-d	20.8
4	4.88 ab	5.93 a-d	21.7	49	4.41 ab	5.67 a-d	28.5
6	4.04 ab	5.75 a-d	42.0	50	4.01 ab	5.13 a-d	27.8
7	4.32 ab	6.69 a	54.9	51	5.14 ab	6.64 a	29.1
10	3.13 ab	6.12 a-c	95.7	52	4.60 ab	6.47 a	40.5
11	4.05 ab	5.08 a-d	25.5	53	3.94 ab	5.34 a-d	35.5
12	4.46 ab	5.64 a-d	26.5	54	3.96 ab	5.03 a-d	26.7
13	3.67 ab	5.18 a-d	41.0	55	3.82 ab	4.82 a-d	26.2
14	4.03 ab	5.19 a-d	28.7	56	3.86 ab	5.81 a-d	50.2
16	2.89 b	5.33 a-d	84.6	57	3.52 ab	5.48 a-d	55.8
17	3.29 ab	5.26 a-d	59.7	60	4.66 ab	5.13 a-d	10.1
18	3.68 ab	5.87 a-d	59.5	61	4.85 ab	6.33 a	30.7
19	4.20 ab	5.67 a-d	34.9	62	3.37 ab	5.18 a-d	53.7
20	3.34 ab	5.89 a-d	76.2	63	3.89 ab	5.68 a-d	46.1
21	3.39 ab	5.14 a-d	51.8	65	3.77 ab	5.55 a-d	47.1
22	3.43 ab	5.45 a-d	59.0	67	3.46 ab	5.33 a-d	54.0
23	3.49 ab	6.00 a-d	72.1	68	3.95 ab	5.21 a-d	31.9
24	3.31 ab	5.41 a-d	63.6	69	4.00 ab	5.94 a-d	48.7
25	3.78 ab	5.26 a-d	39.2	70	3.85 ab	5.55 a-d	44.2
26	3.91 ab	5.39 a-d	37.7	71	3.62 ab	6.27 ab	72.9
27	3.36 ab	4.78 a-d	42.3	72	3.89 ab	3.04 d	-22.0
28	3.52 ab	5.65 a-d	60.7	73	3.73 ab	5.35 a-d	43.3
29	3.68 ab	5.64 a-d	53.2	74	3.80 ab	6.13 a-c	61.1
30	3.06 b	4.95 a-d	61.8	75	3.83 ab	6.54 a	70.8
31	3.96 ab	5.30 a-d	33.9	76	4.64 ab	5.49 a-d	18.4
33	4.29 ab	5.42 a-d	26.3	77	3.77 ab	5.78 a-d	53.1
35	3.61 ab	5.07 a-d	40.7	78	4.00 ab	5.66 a-d	41.3
36	3.90 ab	5.55 a-d	42.1	80	4.90 ab	3.35 b-d	-31.6
37	3.94 ab	4.82 a-d	22.5	99	4.19 ab	3.21 cd	-23.3
39	5.21 ab	6.03 a-c	15.7	101	4.88 ab	5.68 a-d	16.4
41	5.29 ab	5.69 a-d	7.5	102	4.21 ab	6.66 a	58.2
42	5.79 a	6.28 ab	8.5	104	4.81 ab	6.41 a	33.2
43	4.34 ab	5.37 a-d	23.6	Ortalama	4.02	5.51	
45	4.73 ab	5.72 a-d	20.9	Tukey D	2.73	2.95	
46	3.79 ab	5.85 a-d	54.2		% 1	% 1	

4.2.6. Yeşil Aksamın Ca Konsantrasyonu

Yeşil aksamın Ca konsantrasyonu değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir. Tuz stresi altındaki genotiplerin yeşil aksamında % 1.01 (99 nolu genotip) ile % 3.37 (30 nolu genotip) arasında değişen Ca konsantrasyonları belirlenmiştir. Tüm genotiplerin ortalaması % 2.53 olmuştur. Kontrol koşullarında ise genotiplerin Ca konsantrasyonu % 1.84 (99 nolu genotip) ile % 4.60 (26 nolu genotip) arasında değerler alıp bu değerlerin ortalaması % 3.42 olarak belirlenmiştir.

Genotiplerin yeşil aksamda Ca konsantrasyonlarının kontrol koşullarına göre % değişimi incelenecek olursa; sadece 10 numaralı genotip Ca konsantrasyonunu artırırken (% 17.03), diğer genotipler kontrole göre % 5.8 ile % 47.6 arasında Ca konsantrasyonunu azaltmışlardır.

Çizelge 4.7 İkinci yıl denemesinde 24 günlük fasulye genotiplerinin Ca konsantrasyonu ve kontrole göre tuz uygulamasında % değişim

Ca konsantrasyonu (%)							
Genotip no	Kontrol	NaCl	% değişim	Genotip no	Kontrol	NaCl	% değişim
2	3.68 ab	3.04 a-g	-17.5	47	3.71 ab	2.73 a-i	-26.5
4	3.74 ab	3.25 a-c	-13.1	49	3.23 ab	2.47 a-i	-23.6
6	3.58 ab	3.20 a-e	-10.7	50	3.44 ab	1.80 h-j	-47.6
7	4.32 a	3.01 a-g	-30.3	51	3.03 ab	2.12 c-j	-29.9
10	2.82 ab	3.30 ab	17.0	52	2.96 ab	2.26 a-i	-23.6
11	3.55 ab	2.98 a-g	-16.1	53	2.61 ab	1.91 g-j	-26.9
12	3.48 ab	2.37 a-i	-31.9	54	3.04 ab	2.14 c-j	-29.6
13	3.82 ab	2.93 a-h	-23.4	55	3.18 ab	1.94 f-j	-39.0
14	3.57 ab	2.79 a-i	-21.8	56	3.50 ab	2.19 b-i	-37.5
16	3.03 ab	2.78 a-i	-8.3	57	3.69 ab	2.10 d-j	-43.3
17	3.50 ab	3.21 a-d	-8.3	60	3.79 ab	2.92 a-h	-22.9
18	3.63 ab	2.79 a-i	-23.0	61	3.54 ab	2.70 a-i	-23.6
19	3.19 ab	2.54 a-i	-20.6	62	3.37 ab	2.35 a-i	-30.1
20	3.51 ab	2.51 a-i	-28.4	63	3.31 ab	2.81 a-h	-15.1
21	4.07 a	2.97 a-g	-27.0	65	3.19 ab	2.82 a-h	-11.5
22	3.82 ab	2.75 a-i	-28.1	67	3.23 ab	2.46 a-i	-23.7
23	3.47 ab	2.59 a-i	-25.3	68	3.23 ab	1.94 g-j	-39.9
24	3.23 ab	2.46 a-i	-23.6	69	3.25 ab	2.20 b-i	-32.4
25	3.89 ab	2.64 a-i	-32.0	70	3.11 ab	2.51 a-i	-19.0
26	4.60 a	2.75 a-i	-40.2	71	3.24 ab	2.43 a-i	-25.0
27	3.34 ab	2.68 a-i	-19.6	72	2.88 ab	1.81 h-j	-37.4
28	3.65 ab	2.34 a-i	-36.0	73	3.46 ab	2.30 a-i	-33.4
29	3.77 ab	2.06 d-j	-45.3	74	3.16 ab	2.60 a-i	-17.6
30	3.69 ab	3.37 a	-8.7	75	3.40 ab	2.79 a-i	-18.1
31	3.61 ab	2.06 e-j	-43.0	76	3.11 ab	2.35 a-i	-24.4
33	3.94 a	2.88 a-h	-27.1	77	3.56 ab	2.54 a-i	-28.6
35	3.80 ab	3.26 a-c	-14.3	78	3.91 ab	2.76 a-i	-29.5
36	3.28 ab	3.09 a-f	-5.8	80	2.77 ab	1.66 i-j	-40.0
37	3.38 ab	2.52 a-i	-25.4	99	1.84 b	1.01 j	-45.1
39	4.09 a	2.88 a-h	-29.5	101	3.89 ab	2.89 a-h	-25.7
41	3.33 ab	2.31 a-i	-30.6	102	3.14 ab	2.52 a-i	-19.8
42	3.63 ab	2.32 a-i	-36.2	104	2.88 ab	2.22 a-i	-22.9
43	3.76 ab	2.55 a-i	-32.3	Ortalama	3.42	2.53	
45	3.78 ab	2.13 c-j	-43.6	Tukey D	2.08	1.14	
46	2.96 ab	2.34 a-i	-21.2		(%1)	(%1)	

4.2.7. Yeşil Aksamın Mg Konsantrasyonu

Yeşil aksamda Mg konsantrasyonu bakımından elde edilen veriler ve bunların istatistiksel değerlendirmesi Çizelge 4.8’de sunulmuştur.

Tuz stresi altındaki genotiplerin yeşil aksamında % 0.831 (53 nolu genotip) ile % 1.147 (35 nolu genotip) arasında değişen Mg konsantrasyonları belirlenmiştir. Tüm genotiplerin ortalaması % 0.997 olmuştur. Kontrol koşullarında ise, % 0.783 (53 nolu genotip) ile % 1.100 (7 nolu genotip) arasında değişen Mg konsantrasyonları belirlenmiş ve tüm genotiplerin ortalaması % 0.937 bulunmuştur.

Genotiplerin yeşil aksamda Mg konsantrasyonlarının kontrole göre % değişimleri incelenecek olursa, 48 genotip % 0.96 ile % 34.20 arasında değişen değerlerde artış gösterirken, geriye kalan 19 genotipte ise % 0.35 ile % 12.63 arasında değişen değerler ile azalmaların olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.8 İkinci yıl denemesinde 24 günlük fasulye genotiplerinin Mg konsantrasyonu ve kontrole göre tuz uygulamasında % değişim

Mg konsantrasyonu (%)							
Genotip no	Kontrol	NaCl	% değişim	Genotip no	Kontrol	NaCl	% değişim
2	0.890	1.094	23.00	47	1.006	1.077	7.10
4	0.939	1.106	17.80	49	0.930	0.969	4.20
6	0.937	1.086	15.90	50	0.993	0.880	-11.30
7	1.100	1.049	-4.60	51	0.947	0.914	-3.40
10	0.821	1.102	34.20	52	0.911	0.920	1.00
11	0.992	1.105	11.40	53	0.783	0.831	6.10
12	0.875	0.943	7.80	54	0.904	0.949	4.90
13	0.939	1.035	10.30	55	0.916	0.865	-5.50
14	0.932	1.076	15.40	56	0.973	0.916	-5.90
16	0.789	1.013	28.40	57	0.920	0.899	-2.30
17	0.927	1.072	15.60	60	1.013	1.043	3.00
18	0.950	1.040	9.50	61	0.893	0.965	8.00
19	0.865	0.958	10.80	62	0.994	0.934	-6.10
20	0.894	0.973	8.80	63	0.925	0.990	7.10
21	0.947	1.056	11.50	65	0.872	0.989	13.50
22	0.928	1.014	9.30	67	0.851	1.003	17.90
23	0.937	1.025	9.30	68	0.935	0.931	-0.50
24	0.950	1.009	6.30	69	0.898	0.943	4.90
25	0.961	0.978	1.80	70	0.912	1.034	13.30
26	1.014	1.009	-0.50	71	0.896	1.015	13.30
27	0.861	0.977	13.40	72	0.965	0.947	-1.80
28	1.039	1.001	-3.70	73	0.953	0.992	4.10
29	0.929	0.851	-8.40	74	0.873	0.982	12.40
30	0.994	1.096	10.30	75	0.914	1.088	19.10
31	1.090	0.952	-12.60	76	0.902	0.990	9.80
33	1.033	0.992	-3.90	77	0.935	0.977	4.40
35	1.041	1.147	10.20	78	0.961	1.092	13.60
36	0.925	1.138	23.00	80	0.840	0.889	5.90
37	1.016	1.115	9.70	99	1.003	0.899	-10.40
39	0.952	1.094	14.90	101	1.000	1.063	6.40
41	0.966	0.938	-3.00	102	0.861	1.017	18.20
42	0.893	0.890	-0.30	104	0.850	0.942	10.80
43	1.079	1.021	-5.40	Ortalama	0.937	1.008	
45	0.962	0.918	-4.70	Tukey D	Ö.D	Ö.D	
46	0.853	0.986	15.60		(% 5)	(% 5)	

4.2.8. Yeşil Aksamın Cl Konsantrasyonu

Tuz stresi altındaki genotiplerin yeşil aksamında % 1.880 (72 nolu genotip) ile % 2.924 (16 nolu genotip) arasında değişen Cl konsantrasyonları belirlenmiştir. Tüm genotiplerin ortalaması % 2.404 olmuştur. Kontrol koşullarında ise % 0.158 (29 nolu genotip) ile % 0.310 (73 nolu genotip) arasında değişen Cl konsantrasyon değerleri belirlenmiş olup tüm genotiplerin ortalaması % 0.210 olmuştur.

Tuz stresinde Cl konsantrasyonlarının kontrole göre % değişimleri incelenecek olursa, genotipler % 623 ile % 1440 arasında değişen değerler ile yeşil aksamda Cl konsantrasyonunu artırmışlardır.

Çizelge 4.9 İkinci yıl denemesinde 24 günlük fasulye genotiplerinin Cl konsantrasyonu ve kontrole göre tuz uygulamasında % değişim

Cl konsantrasyonu (%)							
Genotip no	Kontrol	NaCl	% değişim	Genotip no	Kontrol	NaCl	% değişim
2	0.165	2.542 ab	1441	47	0.183	2.567 ab	1307
4	0.200	2.332 ab	1066	49	0.193	2.256 ab	1072
6	0.168	2.454 ab	1365	50	0.170	1.916 ab	1027
7	0.123	2.206 ab	1251	51	0.205	2.276 ab	1010
10	0.200	2.460 ab	1130	52	0.255	2.252 ab	783
11	0.198	2.458 ab	1145	53	0.253	2.214 ab	777
12	0.185	2.344 ab	1167	54	0.195	2.442 ab	1152
13	0.185	2.726 ab	1374	55	0.223	2.300 ab	934
14	0.215	2.880 a	1240	56	0.198	2.332 ab	1081
16	0.198	2.924 a	1381	57	0.213	2.394 ab	1027
17	0.185	2.390 ab	1192	60	0.250	2.570 ab	928
18	0.248	2.192 ab	786	61	0.253	2.578 ab	921
19	0.193	2.748 ab	1327	62	0.243	2.594 ab	970
20	0.200	2.582 ab	1191	63	0.210	2.604 ab	1140
21	0.205	2.106 ab	1133	65	0.230	2.444 ab	963
22	0.235	2.770 ab	1079	67	0.240	2.416 ab	907
23	0.245	2.368 ab	867	68	0.278	2.146 ab	673
24	0.228	2.462 ab	982	69	0.258	2.232 ab	767
25	0.220	2.396 ab	989	70	0.273	2.606 ab	856
26	0.215	2.750 ab	1179	71	0.200	2.572 ab	1186
27	0.218	2.360 ab	985	72	0.133	1.880 b	1023
28	0.200	2.390 ab	1095	73	0.310	2.244 ab	624
29	0.158	2.346 ab	1389	74	0.230	2.304 ab	902
30	0.218	2.564 ab	1079	75	0.260	2.498 ab	861
31	0.193	2.388 ab	1140	76	0.263	2.380 ab	807
33	0.215	2.492 ab	1059	77	0.253	2.380 a	843
35	0.190	2.800 ab	1374	78	0.210	2.890 ab	1276
36	0.193	2.716 ab	1311	80	0.205	2.202 ab	974
37	0.193	2.008 ab	1202	99	0.060	1.486 ab	911
39	0.185	2.180 ab	1399	101	0.205	2.508 ab	1123
41	0.230	2.370 ab	930	102	0.253	2.736 ab	984
42	0.190	2.626 ab	1282	104	0.178	2.246 ab	1165
43	0.185	2.356 ab	1174	Ortalama	0.210	2.404	
45	0.215	2.334 ab	986	Tukey D	Ö.D	0.96	
46	0.203	1.570 ab	1197		(% 5)	(% 5)	

4.2.9. Yeşil Aksamın Na/K Oranı

İkinci yıl denemesinde yeşil aksamdaki Na/K oranıyla ilişkili veriler ve bunların istatistiksel değerlendirmesine ilişkin harflendirmeler Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Tuz stresi altındaki genotiplerin yeşil aksamında 0.47 (7 nolu genotip) ile 2.34 (99 nolu genotip) arasında değişen Na/K değerleri belirlenmiştir. Bu değerlerin ortalaması 0.91 olmuştur. Kontrol koşullarında ise 0.15 (42 nolu genotip) ile 0.64 (16 nolu genotip) arasında değişen değerler belirlenmiş olup tüm genotiplerin ortalaması ise 0.32 olmuştur.

Tuz stresinde, yeşil aksamda Na/K oranının kontrole göre % değişimi incelenecek olursa % 38 ile % 733 arasında artan değerler bulunmuştur.

Çizelge 4.10 İkinci yıl denemesinde 24 günlük fasulye genotiplerinin Na/K oranları ve kontrole göre tuz uygulamasında % değişim

Yeşil aksam Na/K oranı							
Genotip no	Kontrol	NaCl	% değişim	Genotip no	Kontrol	NaCl	% değişim
2	0.36 ab	0.93 cd	158	47	0.21 b	1.00 cd	376
4	0.25 b	0.48 d	92	49	0.21 b	0.68 cd	224
6	0.31 ab	0.66 cd	113	50	0.31 ab	0.73 cd	135
7	0.34 ab	0.47 d	38	51	0.21 b	0.58 cd	176
10	0.39 ab	0.64 cd	64	52	0.23 b	0.59 cd	157
11	0.33 ab	0.94 cd	185	53	0.29 b	0.76 cd	162
12	0.34 ab	0.84 cd	147	54	0.30 ab	1.30 bc	333
13	0.37 ab	0.94 cd	154	55	0.30 ab	1.17 cd	290
14	0.40 ab	1.17 cd	193	56	0.29 b	0.75 cd	159
16	0.64 a	0.97 cd	52	57	0.37 ab	0.90 cd	143
17	0.47 ab	0.77 cd	64	60	0.28 b	0.77 cd	175
18	0.43 ab	0.75 cd	74	61	0.28 b	0.74 cd	164
19	0.35 ab	0.76 cd	117	62	0.37 ab	0.74 cd	100
20	0.43 ab	0.82 cd	91	63	0.36 ab	0.76 cd	111
21	0.41 ab	1.27 bc	210	65	0.36 ab	0.69 cd	92
22	0.36 ab	0.97 cd	169	67	0.36 ab	0.88 cd	144
23	0.38 ab	0.94 cd	147	68	0.31 ab	0.97 cd	213
24	0.39 ab	0.85 cd	118	69	0.33 ab	0.74 cd	124
25	0.33 ab	0.92 cd	179	70	0.39 ab	0.91 cd	133
26	0.30 ab	1.18 cd	293	71	0.42 ab	0.78 cd	86
27	0.35 ab	1.02 cd	191	72	0.40 ab	2.14 a	435
28	0.35 ab	0.83 cd	137	73	0.33 ab	0.86 cd	161
29	0.38 ab	0.81 cd	113	74	0.28 b	0.70 cd	150
30	0.44 ab	0.74 cd	68	75	0.29 b	0.83 cd	186
31	0.29 b	1.04 cd	259	76	0.29 b	0.80 cd	176
33	0.26 b	0.78 cd	200	77	0.31 ab	0.66 cd	113
35	0.31 ab	0.88 cd	184	78	0.30 ab	1.10 cd	267
36	0.31 ab	0.97 cd	213	80	0.24 b	2.00 ab	733
37	0.29 b	1.14 cd	293	99	0.39 ab	2.34 a	500
39	0.22 b	1.10 cd	400	101	0.20 b	1.04 cd	420
41	0.16 b	0.72 cd	350	102	0.23 b	0.87 cd	278
42	0.15 b	0.96 cd	540	104	0.18 b	0.64 cd	256
43	0.21 b	0.86 cd	310	Ortalama	0.32	0.91	
45	0.19 b	0.95 cd	400	Tukey D	0.34	0.77	
46	0.19 b	0.75 cd	295		(%1)	(%1)	

4.3.10. Yeşil Aksamın Na/Ca Oranı

Yeşil aksamdaki Na/Ca oranına ilişkin veriler Çizelge 4.11’de verilmiştir. Tuz stresi altındaki genotiplerin yeşil aksamında 0.90 (4 nolu genotip) ile 7.54 (99 nolu genotip) arasında değişen Na/Ca oranı belirlenmiştir. Bu değerlerin ortalaması 2.09 olmuştur. Kontrol koşullarında ise Na/K oranları 0.24 (45 nolu genotip) ile 0.92 (99 nolu genotip) arasında değişen değerler alırken tüm genotiplerin ortalaması 0.38 olarak belirlenmiştir.

Tuz stresinde genotiplerin Na/Ca oranlarının kontrole göre % değişiminin, % 155 ile % 979 arasında değerler aldığı görülmektedir.

Çizelge 4.11 İkinci yıl denemesinde 24 günlük fasulye genotiplerinin Na/Ca oranları ve kontrole göre tuz uygulamasında % değişim

Yeşil aksam Na/Ca oranı							
Genotip no	Kontrol	NaCl	% değişim	Genotip no	Kontrol	NaCl	% değişim
2	0.38 bc	1.70 d-f	347	47	0.26 c	2.10 c-f	708
4	0.34 bc	0.90 f	165	49	0.29 c	1.59 d-f	448
6	0.35 bc	1.23 d-f	251	50	0.37 bc	2.12 c-f	473
7	0.35 bc	1.10 ef	214	51	0.34 bc	1.84 d-f	441
10	0.46 bc	1.20 d-f	161	52	0.36 bc	1.75 d-f	386
11	0.39 bc	1.64 d-f	321	53	0.45 bc	2.15 c-f	378
12	0.43 bc	2.16 c-f	402	54	0.40 bc	3.02 b-d	655
13	0.37 bc	1.73 d-f	368	55	0.35 bc	2.88 b-e	723
14	0.45 bc	2.38 b-f	429	56	0.32 c	1.98 c-f	519
16	0.74 ab	1.89 c-f	155	57	0.38 bc	2.43 b-f	539
17	0.45 bc	1.33 d-f	196	60	0.33 bc	1.37 d-f	315
18	0.45 bc	1.65 d-f	267	61	0.37 bc	1.86 c-f	403
19	0.47 bc	1.76 d-f	274	62	0.38 bc	1.62 d-f	326
20	0.42 bc	1.99 c-f	374	63	0.43 bc	1.58 d-f	267
21	0.35 bc	2.08 c-f	494	65	0.43 bc	1.43 d-f	233
22	0.33 bc	2.09 c-f	533	67	0.40 bc	2.03 c-f	408
23	0.39 bc	2.15 c-f	451	68	0.40 bc	2.70 b-f	575
24	0.40 bc	1.98 c-f	395	69	0.41 bc	2.11 c-f	415
25	0.31 c	1.89 c-f	510	70	0.49 bc	2.14 c-f	337
26	0.25 c	2.47 b-f	888	71	0.47 bc	2.09 c-f	345
27	0.34 bc	2.00 c-f	488	72	0.56 a-c	3.74 bc	568
28	0.35 bc	2.14 c-f	511	73	0.38 bc	2.17 c-f	471
29	0.38 bc	2.25 b-f	492	74	0.34 bc	1.68 d-f	394
30	0.36 bc	1.14 d-f	217	75	0.35 bc	1.97 c-f	463
31	0.32 c	2.77 b-f	766	76	0.41 bc	1.88 c-f	359
33	0.29 c	1.52 d-f	424	77	0.34 bc	1.50 d-f	341
35	0.29 c	1.39 d-f	379	78	0.33 bc	2.33 b-f	606
36	0.39 bc	1.81 d-f	364	80	0.40 bc	4.14 b	935
37	0.34 bc	2.20 c-f	547	99	0.92 a	7.54 a	720
39	0.29 c	2.27 b-f	683	101	0.26 c	2.11 c-f	712
41	0.26 c	1.75 d-f	573	102	0.31 c	2.72 b-f	777
42	0.24 c	2.42 b-f	908	104	0.29 c	1.93 c-f	566
43	0.25 c	1.81 d-f	624	Ortalama	0.38	2.09	
45	0.24 c	2.59 b-f	979	Tukey D	0.41	1.89	
46	0.24 c	1.90 c-f	692		(%1)	(%1)	

4.2.11. Yeşil Aksamın Na/Mg Oranı

Fasulye genotiplerinin tuz stresi altında ve kontrol koşullarında yeşil aksamdaki Na/Mg oranları ve bunların istatistiksel değerlendirmesine ilişkin harflendirmeler Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Tuz stresi altındaki genotiplerin yeşil aksamında 1.62 (4 nolu genotip) ile 5.13 (99 nolu genotip) arasında değişen Na/Mg oranları belirlenmiştir. Tüm genotiplerin ortalaması 3.00 olmuştur. Kontrol koşullarında ise 0.48 (46 nolu genotip) ile 1.27 (16 nolu genotip) arasında değişen değerler belirlenip bu değerlerin ortalaması ise 0.81 olarak bulunmuştur.

Kontrol koşullarına göre tuz uygulamasındaki değişim incelenecek olursa, % 100 ile % 582 arasında artan değerler görülmektedir.

Çizelge 4.12 İkinci yıl denemesinde 24 günlük fasulye genotiplerinin Na/Mg oranları ve kontrole göre tuz uygulamasında % değişim

Yeşil aksam Na/Mg oranı							
Genotip no	Kontrol	NaCl	% değişim	Genotip no	Kontrol	NaCl	% değişim
2	0.95 ab	2.86 b-g	201	47	0.56 b	3.18 a-g	468
4	0.81 ab	1.62 g	100	49	0.61 b	2.45 c-g	302
6	0.81 ab	2.18 d-g	169	50	0.76 ab	2.57 c-g	238
7	0.81 ab	1.85 fg	128	51	0.65 ab	2.50 c-g	285
10	0.90 ab	2.18 d-g	142	52	0.70 ab	2.52 c-g	260
11	0.84 ab	2.68 b-g	219	53	0.92 ab	2.85 b-g	210
12	1.03 ab	3.17 a-g	208	54	0.80 ab	4.13 a-d	416
13	0.91 ab	2.89 b-g	218	55	0.74 ab	3.93 a-e	431
14	1.04 ab	3.44 a-g	231	56	0.70 ab	2.88 b-g	311
16	1.27 a	3.11 a-g	145	57	0.85 ab	3.33 a-g	292
17	1.04 ab	2.39 c-g	130	60	0.76 ab	2.34 c-g	208
18	1.06 ab	2.67 b-g	152	61	0.89 ab	3.03 b-g	240
19	1.07 ab	2.83 b-g	164	62	0.79 ab	2.44 c-g	209
20	1.00 ab	3.09 b-g	209	63	0.94 ab	2.67 b-g	184
21	0.91 ab	3.51 a-g	286	65	0.95 ab	2.38 c-g	151
22	0.83 ab	3.28 a-g	295	67	0.91 ab	2.90 b-g	219
23	0.89 ab	3.28 a-g	269	68	0.82 ab	3.38 a-g	312
24	0.81 ab	2.82 b-g	248	69	0.90 ab	2.90 b-g	222
25	0.77 ab	3.08 b-g	300	70	1.00 ab	3.04 b-g	204
26	0.69 ab	3.89 a-e	464	71	1.02 ab	2.97 b-g	191
27	0.80 ab	3.11 a-g	289	72	1.00 ab	4.28 a-c	328
28	0.73 ab	2.92 b-g	300	73	0.82 ab	2.85 b-g	248
29	0.96 ab	3.33 a-g	247	74	0.71 ab	2.72 b-g	283
30	0.81 ab	2.10 e-g	159	75	0.75 ab	3.05 b-g	307
31	0.66 ab	3.54 a-g	436	76	0.86 ab	2.72 b-g	216
33	0.68 ab	2.68 b-g	294	77	0.79 ab	2.35 c-g	197
35	0.64 ab	2.36 c-g	269	78	0.80 ab	3.53 a-g	341
36	0.81 ab	2.86 b-g	253	80	0.80 ab	4.65 ab	481
37	0.69 ab	2.98 b-g	332	99	0.96 ab	5.13 a	434
39	0.74 ab	3.66 a-f	395	101	0.60 b	3.42 a-g	470
41	0.55 b	2.52 c-g	358	102	0.64 ab	3.57 a-g	458
42	0.55 b	3.75 a-f	582	104	0.59 b	2.67 b-g	353
43	0.52 b	2.75 b-g	429	Ortalama	0.81	3.00	
45	0.58 b	3.64 a-f	528	Tukey D	0.64	2.02	
46	0.48 b	2.70 b-g	463		(%1)	(%1)	

4.2.12. Yeşil Aksamın Na/Cl Oranı

Fasulye genotiplerinin tuz stresi altında ve kontrol koşullarında yeşil aksamdaki Na/Cl oranları Çizelge 4.13’de sunulmaktadır.

Genotiplerde tuz stresi altında 1.13 (4 nolu genotip) ile 3.13 (72 nolu genotip) arasında değişen Na/Cl oranları belirlenmiştir. Tüm genotiplerin ortalaması 1.78 olmuştur. Kontrol koşullarında ise 3.19 (102 nolu genotip) ile 8.94 (72 nolu genotip) arasında değişen Na/Cl oranları elde edilmiş olup tüm genotiplerin ortalaması 5.56 olmuştur.

Genotiplerin kontrole göre tuz uygulamasında % değişimleri incelenecek olursa, % 41 ile % 84 arasında kontrole göre azalma olmuştur.

Çizelge 4.13 İkinci yıl denemesinde 24 günlük fasulye genotiplerinin Na/Cl oranları ve kontrole göre tuz uygulamasında % değişim

Yeşil aksam Na/Cl oranı							
Genotip no	Kontrol	NaCl	% değişim	Genotip no	Kontrol	NaCl	% değişim
2	7.66	1.79 b-e	-77	47	4.46	1.95 a-e	-56
4	5.75	1.13 e	-80	49	4.40	1.54 b-e	-65
6	7.19	1.39 de	-81	50	6.75	1.80 b-e	-73
7	8.21	1.29 de	-84	51	4.69	1.47 de	-69
10	5.60	1.42 de	-75	52	3.96	1.58 b-e	-60
11	6.34	1.75 b-e	-72	53	4.40	1.53 b-e	-65
12	7.56	1.90 a-e	-75	54	5.95	2.53 a-d	-57
13	7.63	1.60 b-e	-79	55	4.72	2.18 a-e	-54
14	7.23	1.74 b-e	-76	56	5.13	1.65 b-e	-68
16	7.53	1.53 b-e	-80	57	5.38	1.79 b-e	-67
17	8.29	1.57 b-e	-81	60	4.56	1.38 de	-70
18	6.42	1.90 a-e	-70	61	4.93	1.69 b-e	-66
19	7.06	1.43 de	-80	62	5.38	1.29 de	-76
20	6.70	1.64 b-e	-76	63	6.59	1.48 de	-78
21	6.64	2.25 a-e	-66	65	5.92	1.43 de	-76
22	5.68	1.79 b-e	-68	67	5.30	1.79 b-e	-66
23	5.00	2.09 a-e	-58	68	4.32	2.24 a-e	-48
24	5.55	1.69 b-e	-70	69	5.08	1.81 b-e	-64
25	5.78	1.83 b-e	-68	70	5.49	1.78 b-e	-68
26	5.89	2.09 a-e	-65	71	6.51	1.73 b-e	-73
27	5.77	1.93 a-e	-67	72	8.94	3.13 a	-65
28	5.89	1.75 b-e	-70	73	3.71	1.80 b-e	-51
29	8.57	1.75 b-e	-80	74	4.22	1.68 b-e	-60
30	5.47	1.30 de	-76	75	3.99	1.94 a-e	-51
31	5.76	2.05 a-e	-64	76	4.50	1.67 b-e	-63
33	4.90	1.53 b-e	-69	77	4.74	1.47 de	-69
35	5.20	1.42 de	-73	78	5.48	1.87 b-e	-66
36	5.75	1.72 b-e	-70	80	5.17	2.76 a-c	-47
37	5.45	1.95 a-e	-64	99	5.80	2.77 ab	-52
39	5.39	2.15 a-e	-60	101	4.54	2.09 a-e	-54
41	3.37	1.57 b-e	-53	102	3.19	1.88 b-e	-41
42	3.70	1.84 b-e	-50	104	4.07	1.63 b-e	-60
43	4.52	1.72 b-e	-62	Ortalama	5.56	1.78	
45	3.61	2.07 a-e	-43	Tukey D	Ö.D	1.25	
46	3.43	1.52 c-e	-56		(% 5)w	(%1)	

4.3. İkinci Yıl Denemesinde Tuzlu Koşullara Ait Korelasyon İlişkileri

Çizelge 4.14’de ikinci yıl tuz stresi altında yetiştirilen 67 fasulye genotipinin farklı parametreler arasındaki korelasyon katsayıları görülmektedir.

Çizelge 4.15’de parametrelerin değerlendirilmesi sonucu genotiplerin tuz stresi altında ortaya koydukları tolerans seviyeleri verilmiştir.

Bu korelasyon tabloları “Tartışma ve Sonuç” kısmında tezdeki diğer veriler ile beraber yorumlanmaktadır.

Çizelge 4.14. Tuz stresi altındaki fasulye genotiplerinde farklı parametreler arasındaki korelasyon katsayıları

	YAKA D.İ.	Kök D.İ.	Na konsant.	K konsant.	Ca konsant.	Mg konsant.	Cl konsant.	Na/K	Na/Ca	Na/Mg	Na/Cl
Skala	-0,382**	-0,427**	0.121	0.217	0.080	0.014	0.148	-0.174	-0.146	0.095	0.033
YAKA D.İ.		0.821**	0.090	-0.433**	-0.075	0.047	-0.302*	0.385**	0.388**	0.095	0.152
Kök D.İ.			0.024	-0.310**	0.097	0.175	-0.101	0.265*	0.264*	0.035	0.012
Na				-0.473**	-0.311*	0.000	0.237	0.849**	0.736**	0.927**	0.874**
K konsant.					0.363**	0.136	0.171	0.813**	-0.604	- 0.517**	-0.595**
Ca konsant.						0.835**	0.551**	-0.473**	-0.739**	- 0.594**	-0.553**
Mg konsant.							0.499**	-0.138	-0.407**	- 0.351**	-0.243*
Cl konsant.								-0.028	-0.128	0.053	-0.248*
Na/K									0.861**	0.862**	0.877**
Na/Ca										0.860**	0.790**
Na/Mg											0.895**

İşaret yoksa parametreler arasında önemli bir ilişki yoktur.

* : % 5'e göre önemli

** : % 1'e göre önemli

- : parametreler arasındaki ilişkinin negatif olduğunun, biri artarken diğerinin azalması durumunu ifade etmektedir.

+: parametreler arasındaki ilişkinin pozitif olduğunun, biri artarken diğerinin de artma durumunu ifade etmektedir.

YAKA D.İ. : Yeşil aksam kuru ağırlık dayanıklılık indeksi

Kök KA D.İ.: Kök kuru ağırlık dayanıklılık indeksi

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Sibel KOÇ

Çizelge 4.15. İkinci yıl denemesine göre genotiplerin tuz stresi altında ortaya koydukları tolerans seviyeleri

Dayanıklı-Na kabullenen		Orta Dayanıklı- Na kabullenen			Duyarlı- Na kabullenen					
22	TR 38468	13	TR 49668	Na kabullenen	2	TR 46348	Na kabullenen	42	Akman F.	Na kabullenen
56	Magnum	14	TR 35426	Na kabullenen	11	TR 66342	Na kabullenen	45	4-F 89 Sırık	Na kabullenen
72	Acebek Fasulye	24	TR 68588	Na kabullenen	12	TR 66751	Na kabullenen	49	Atlanta	Na kabullenen
73	Kıbrıs Amerikan	43	Yunus 90	Na kabullenen	16	TR 43477	Na kabullenen	55	Roma-2	Na kabullenen
80	Siyah Sürmeli	54	Barbunya Kınalı	Na kabullenen	21	TR 57755	Na kabullenen	67	Boncuk A.	Na kabullenen
99	Serodor Cambados	57	Cina	Na kabullenen	23	TR 53812	Na kabullenen	68	Romalika	Na kabullenen
		61	Amerika-6	Na kabullenen	25	TR 38399	Na kabullenen	69	Arşın F.	Na kabullenen
		71	Siyah Fasulye	Na kabullenen	26	TR 28018	Na kabullenen	70	Sarıköz	Na kabullenen
					27	TR 43862	Na kabullenen	74	Barbunya	Na kabullenen
					28	TR 51364	Na kabullenen	75	Ayşe Kadın	Na kabullenen
					31	TR 50763	Na kabullenen	76	Ayşe Kadın	Na kabullenen
					35	TR 28035	Na kabullenen	78	Dermason	Na kabullenen
					36	TR 66339	Na kabullenen	101	Tufanbeyli	Na kabullenen
					37	TR 53656	Na kabullenen	102	Sırık Ayşe	Na kabullenen
					39	TR 53766	Na kabullenen			
Dayanıklı-Na sakınan		Orta Dayanıklı- Na sakınan			Duyarlı- Na sakınan					
4	TR 68587	30	TR 50771	Na sakınan	10	TR 33548	Na sakınan			
6	TR 38425	33	TR 57749	Na sakınan	17	TR 62848	Na sakınan			
7	TR 38059	41	Çağdaş Tohum-6	Na sakınan	18	TR 53662	Na sakınan			
19	TR 53827	46	Nassau	Na sakınan	20	TR 26774	Na sakınan			
52	Yalova-5	47	Tender	Na sakınan	29	TR 51365	Na sakınan			
60	Amerika-5	51	Yalova-17	Na sakınan	50	Özayşe	Na sakınan			
104	Yerhammadisi	63	Amerika-9	Na sakınan	53	Alman Ayşe	Na sakınan			
		65	Amerika-10-K.2	Na sakınan	62	Amerika-7	Na sakınan			
		77	Barbunya-Hatay	Na sakınan						

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1. Tartışma

Bitkilerin tuza karşı gösterdiği tepkiler; bitkinin içinde bulunduğu gelişme dönemine, stres faktörü olan tuz konsantrasyonuna, tuzun bitkiye etki ettiği süreye göre değişmektedir, ayrıca iklim ve toprak özelliklerine bağlı olarak da farklılık göstermektedir. Qureshe ve ark. (1990), su kültürü ortamında genç bitki aşamasında belirlenen genotip tepkileri ile toprakta olgun bitki aşamasına kadar sürdürülen denemelerde belirlenen genotip tepkileri arasında çok yakın ilişki tespit etmiştir. Familya, cins ve türler arasında hatta aynı türe ait genotipler arasında da tuza tolerans yönünden farklılıkların bulunduğu bilinmektedir. Bu bulgular bir çok araştırmacı tarafından desteklenmesine rağmen tuz stresine dayanıklılık ve duyarlılığın açıklanmasında farklı mekanizmalar kullanılmaktadır. Burada sunulan tezde tuzluluğa dayanıklılıkta “iyon düzenlenmesi” ve skala değeri ile kuru ağırlık dayanıklılık indeksleri esas alınmıştır.

Tuz stresi altında bitkilerin ilk tepkileri görsel olarak tespit edilebilir. Bu tepkilerin bitki büyümesinde duraksamalar, yeşil aksam oluşumunda azalmalar, bitki boyu, yaprak alanında ve yaprak sayısında azalmalar olduğu birçok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur (Greenway ve Munns, 1980; Munns ve Termaat, 1986; Mer ve ark., 2000; Karanlık, 2001; Sarı ve ark. 2004). Bu tezde bu tepkiler genotiplerin kontrole göre yeşil aksam ve kök kuru ağırlıklarındaki değişimler ve skala değerlerinde artışlar (Şekil 3.6 ve 3.7) olarak görülebilir. Tuz stresi altındaki bitkilerde tipik olarak gözlenen, yaşlı yapraklardan başlayarak sararma-nekroze olma ve dökülmedir. En sonunda bitkinin ölümü gerçekleşmektedir (Munns ,1986; Mer ve ark. 2000). Tuz stresi altında yetiştirilen genotiplerin ortaya koydukları görsel tepkileri sayısal olarak ortaya koymak için skala değerlendirmesi yapılmıştır. Verdikleri tepkiye göre 1’den 5’e doğru gidildikçe tuz zararının artışı gösteren skala değerlendirmesi sonunda iki denemede de bazı genotiplerin tepkileri benzer olsa da farklı olan genotipler de bulunmuştur (Çizelge 4.1 ve 4.2).

Salim (1991), arpanın yeşil aksamında yüksek Na biriktirmesine rağmen iyi oransal büyüme göstermesinin nedenini bitkinin iyonları vakuollerde biriktirme yeteneğinin güçlü oluşuna bağlanabileceğini bildirmiştir.

Botella ve ark. (1997), yapraktaki sodyum konsantrasyonu ile bitki biyokütlesi arasında ters bir ilişki olduğunu ve tuzlu ortamlarda bitkinin yeşil aksamı ve kök gelişiminin de olumsuz etkilendiğini saptamışlardır.

Bohra ve Dörffling (1993), Na^+ ve Cl^- iyonlarının dominant olduğu tuzlulukta kök bölgesinde iyon dengesinin olumsuz yönde etkilendiğini ve köklerde hücre zarı geçirgenliğinin bozulduğunu bildirmiştir.

Tuzlu koşullarda yeşil aksam kuru ağırlık dayanıklılık indeksi ile skala değeri arasında ($r = -0.382$ $P = 0.01$) istatistiksel olarak negatif bir ilişki bulunmuştur. Dayanıklılık indeksinin artması ve skala değerinin düşük olması, genotiplerin tolerans seviyelerini yüksek olması anlamına gelmektedir.

Skala değeri ile kök kuru ağırlık dayanıklılık indeksi arasında ($r = -0.427$ $P = 0.01$) istatistiksel olarak negatif bir ilişki belirlenmiştir.

Skala değeri ile yeşil aksam ve kök kuru ağırlık dayanıklılık indeksi korelasyon ilişkileri incelendiğinde kök kuru ağırlık dayanıklılık indeksinin r değerinin, yeşil aksam kuru ağırlık dayanıklılık indeksinden büyük olduğu, bunun da köklerden çok yeşil aksamın büyümesinin engellendiği şeklinde yorumlanabilir. Termaat ve Munns (1986) ile Karanlık 2001'de yaptıkları bir çalışmalarda yeşil aksam gelişiminin kök gelişiminden daha fazla etkilendiğini bildirmişlerdir (Çizelge 4.14, Şekil 4.2).

Yeşil aksam kuru ağırlık dayanıklılık indeksi ile kök kuru ağırlık dayanıklılık indeksi, Na/K ve Na/Ca arasında istatistiksel olarak pozitif önemli bir belirlenmiştir. Yeşil aksam kuru ağırlık dayanıklılık indeksi ile K ve Cl konsantrasyonu arasında istatistiksel olarak negatif bir ilişki belirlenmiştir (Çizelge 4.14).

Kök kuru ağırlık indeksi ile Na/K ve Na/Ca arasında istatistiksel olarak pozitif, K konsantrasyonu negatif önemli bir ilişki belirlenmiştir (Çizelge 4.14).

Na/K oranı ve Na/Ca oranı ile skala değerleri arasında negatif fakat istatistiksel olarak önemsiz ilişkiler bulunurken, skala değerleri ile Na, K, Ca, Mg ve Cl konsantrasyonları arasındaki pozitif ilişkiler de önemli bulunmamıştır. Araştırma

da bu durum aslında fasulye genotiplerinin hepsinin “iyon regülasyonu” ve “osmotik düzenleme” bakımlarından aynı savunma mekanizmasını göstermediğini ortaya koyabilmektedir. Bazı genotipler ortamda bol miktarda bulunan Na iyonlarını almayarak kendilerini iyi korumayı başarmışlardır. Bu şekilde Na iyonunun zararından korunan genotipler “Na – sakınan- excluder” olarak isimlendirilmektedir (Marschner, 1995). İkinci yıl denemelerinde sodyuma “Na-sakınan-exclusion” tepki veren tuza dayanıklı olduğu skala değerleri ile onaylanan genotipler 4 (TR 68587), 6 (TR38425), 7 (TR38059), 19 (TR 53827), 52 (Yalova-5), 60 (5) ve 104 (Yerhammadisi)’dir (Çizelge 4.1, 4.2, 4.4 ve 4.15). Diğer bazı genotipler ise ortamda oldukça fazla bulunan Na iyonundan bol miktarda almalarına karşılık bundan fazla zarar görmemiştir. Bu genotipler, Na iyonunun zararına karşı yüksek doku toleransı gösterebilecekleri gibi sodyumu hücre içerisinde osmotik regülasyonda kullanarak su alımını düzenleyebilmede kullanabilmektedirler. Böyle davranan genotipler “Na-kabullenen-Includer” olarak isimlendirilmektedir (Marschner, 1995). İncelenen genotipler içerisinde sodyumu “kabullenen- inclusion” tepki veren ve tuza dayanıklı olduğu düşük skala değerleri ile de ortaya konan 22 (TR 38468), 56 (Magnum), 72 (Acebek Fasulye), 73 (Kıbrıs Amerikan), 80 (Siyah sürmeli) ve 99 (Serodor Cambados) nolu genotiplerdir (Çizelge 4.1, 4.2, 4.4 ve 4.15). Denemede ele alınan 67 farklı genotipin “Na-sakınan-exclusion” veya “Na-kabullenen-inclusion” tepkileri “orta düzeyde tuza dayanıklı” skala değerleri alan “Na-sakınan-excluder” eğilimli genotipler 30 (TR 50771), 33 (TR 57749), 41(6), 46 (Nassau), 47 (Tender), 51 (Yalova-17), 63 (9), 65 (Amerika-10) ve 77 (Barbunya). “Na-kabullenen-includer” eğilimi olan genotipler ise 13 (TR 49668), 14 (TR 35426), 24 (TR 68588), 43 (Yunus-90), 54 (Barbunya Kınalı), 57 (Cina), 61(Amerika-6) ve 71 (Siyah Fasulye) olmuştur. Sodyum alımı veya yeşil aksam Na konsantrasyonu yönünden “kabullenen -includer” tepkiler veren ve denemeler sırasındaki skala değerlendirmelerinde “tuza duyarlı “olarak belirlenen; 2 (TR 46348), 11 (TR 66342), 12 (TR 66751), 16 (TR 43477), 21(TR 57755), 23 (TR53812), 25 (TR 38399), 26 (TR-28018), 27 (TR 43862), 28 (TR 51364), 31 (TR 50763), 35 (TR 28035), 36 (TR 66339), 37 (TR 53656), 39 (TR 58766), 42 (Akman Fasulye), 45 (4-F 89), 49 (Atlanta), 55 (Roma 2), 67 (Kılçıksız Boncuk Ayşe), 68 (Romalika), 69 (Arşın fasulye), 70 (Sarıköz fasulye),

74 (Barbunya), 75 (Ayşe kadın), 76 (Ayşe Kadın), 78 (Dermoson), 101 (Tufanbeyli) ve 102 (Sırık Ayşe) genotiplerdir. “Sakınan -excluder” tepki veren ve denemeler sırasındaki skala değerlendirmelerinde “tuza duyarlı “olarak belirlenen genotipler; 10(TR 33548), 17 (TR 62848), 18 (TR 53662), 20 (TR 26774), 29 (TR 51365), 50 (Özayşe), 53 (Alman Ayşe No:6) ve 62 (Amerika-7) nolu genotiplerdir (Çizelge 4.2, 4.3, 4.15).

İkinci yıl denemesinde fasulye genotiplerinin yeşil aksamda belirlenen Na konsantrasyonları % 1.70 ile % 4.34 arasında değişirken tüm genotiplerin ortalaması olan değer % 2.80 olarak belirlenmiştir. Yeşil aksamda analiz edilen Cl iyonu konsantrasyonları % 1.88 ile % 2.92 arasında değişmiş, tüm genotiplerin ortalama Cl konsantrasyonu ise % 0.210 olarak belirlenmiştir.

Tuz stresi altındaki bitkilerde ozmotik denge büyüme ortamından inorganik iyonların alınmasıyla sağlanmaktadır (Prat ve Fathi-Ettal, 1990). Bitkilerde K’un aktif absorpsiyon ile alınması ve birikmesi sonucu hücrede ozmotik potansiyelin artışı ile hücreye daha fazla su girişi olabilmektedir. Bu nedenle potasyum bitkide su dengesinin sağlanmasında büyük bir öneme sahiptir. Tuza toleransın Na ve Cl alımının azaltılması ve K alımının yeşil aksamda yükseltilmesi ile sağlandığı belirtilmektedir (Gorham ve ark., 1985). Tuzlu koşullar altında tolerant genotiplerin duyarlı genotiplere ölçütle köklerden yeşil aksama daha fazla miktarda potasyum transferi yaparak Na alımını engelledikleri araştırmacılar arasında yaygın olarak kabul gören bir görüştür (Botella ve ark., 1997; Al- Karaki, 2000).

Fasulye genotiplerinin yeşil aksam analizleri sonucu elde edilen iyon konsantrasyonları arasındaki ilişkilere bakıldığında, Na konsantrasyonu arttıkça K konsantrasyonu ($r = -0.473$ $P = 0.01$) ve Ca ($r = 0.311$ $P = 0.05$) konsantrasyonu azalmaktadır. Dokularda Na artması ile Mg konsantrasyonu arasında hiçbir ilişki görülmez iken, Na ile beraber Cl konsantrasyonunda artma eğiliminde olduğu görülmektedir. Na konsantrasyonu ile Na/K ($r = 0.849$) oranı arasında pozitif bir kriter olarak Na oranı artarken, Na/K oranı da artma eğilimine girerek, dayanıklı genotipler için bir özellik olarak belirlenebilir. Aynı durum Na/Ca, Na/Mg ve Na/Cl oranları için de geçerlidir. (Çizelge 4.14)

Bazı bitki türlerinde olduğu gibi (Karanlık , 2001; Aktaş, 2002; Yaşar, 2003), farklı fasulye genotiplerindeki büyümedeki azalmanın en önemli nedeni bitki bünyesinde gereğinden çok fazla toksik düzeyde biriken Na iyonudur. NaCl konsantrasyonunun yüksek olduğu yetiştirme ortamlarında ki bitkiler, aşırı miktarda Na iyonu almaktadırlar. Na iyonuna, iyonik çapları ve elektriksel yükleri nedeniyle büyük benzerlik gösteren K iyonunun alımı bu nedenle tuzlu koşullarda engellenmektedir.

Aktaş (2002) biberde tuza toleransın belirlenmesinde incelenen özellikler arasında kararlı tutum sergileyen ve tarama çalışmalarında kullanılabilecek bir özellik belirlenmesinin güç olduğundan bahsederken, en etkin seçim kriterlerinin skala değeri ile bitkideki K/Na oranı olduğunu ifade etmektedir.

Sodyum için “kabullenen-includer” olan 22 (TR 38468) ve 73 (Kıbrıs Amerikan) nolu genotipler, CI iyonunu da fazla alırken ve bu durumdan zararlanmaz iken (skala değerleri), Na için “kabullenen- includer” olan 56 (Magnum), 72 (Acebek Fasulye) ve 80 (Siyah sürmeli) nolu genotipler ise yeşil aksam dokularında CI iyonu az düzeylerde tutan 10 genotip içerisinde yer almıştır (Çizelge 4.5, 4.9 ve 4.15). Bu durumdan çıkarılacak sonuç, Na ile CI alımında genotiplerin izledikleri mekanizmalar birbirinden farklı olabilmektedir. Na ve CI alımında izlenen mekanizma beraber hareket etmemektedir. Bir genotip Na için “kabullenen-includer” iken CI için “sakınan- excluder” veya “kabullenen - includer” olabilmektedir.

İkinci yıl Na ile CI konsantrasyonları arasındaki ilişki ($r = 0,237$ Ö.D.) pozitif olmasına karşılık önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.14).

Yeşil aksamda Na ve K konsantrasyonları arasındaki ilişki ($r = - 0,473$ $P = 0,01$) önemli bulunmuştur. Buna göre dokularda Na artarken, K azalmış veya tersi olarak, K artarken Na azalmıştır. İyon alımında katyonlar arası rekabet söz konusu olmaktadır. Sodyum konsantrasyonu dokularında az olan 4 (TR 68587), 6 (TR 38425), 7 (TR 38059), 19 (TR 53827), 33 (TR 57749), 46 (Nassau), 49 (Atlanta), 52 (Yalova-5), 63 (9), 65 (10-K.2), 77 (Barbunya) ve 104 (Yerhammadisi) nolu genotipler, K konsantrasyonlarındaki artış bakımından ise yüksek bulunmuşlardır (Çizelgeler 4.5 ve 4.7). Yeşil aksam dokularında Na konsantrasyonu en yüksek düzeylerde olan 11 (TR 66342), 14 (TR 35426), 21 (TR 57755), 22 (TR 38468), 24

(TR 68588), 27 (TR 43862), 35 (TR 28035) , 43 (Yunus 90), 67 (Kılçıksız Boncuk Ayşe), 72 (Acebek fasulye), 73 (Kıbrıs Amerikan), 80 (Siyah sürmeli) ve 99 (Sreodor Cambados) nolu genotipler ise, K konsantrasyonlarındaki artış bakımından düşük olanlar arasında yer almışlardır (Çizelge 4.6 ve 4.7).

Catalan ve ark. (1994), bitkinin içermiş olduğu yüksek K miktarının tuz toleransını arttırdığını bildirmektedir. Naido (1994), genellikle NaCl tuzluluğunun artması ile potasyum elementinin eksikliğinin görüldüğünü rapor etmiştir. Marschner (1997), potasyum elementinin protein sentezi ve osmotik düzenlemede görev alan önemli bir makro element olduğunu vurgulamıştır.

Hagin ve ark. (1990) ile Botella ve ark., (1997)'nin bildirdiğine göre tuzlu koşullarda köklerden yeşil aksam potasyum transferi daha güç olmakla birlikte bitki bünyesine daha fazla alınan potasyum, sodyum tuzluluğuna karşı engelleyici bir etki yaratmaktadır.

Cuartero ve ark. (1992) ile Perez_Alfocea ve ark. (1996), domates bitkileriyle yaptıkları bir çalışmada ortamdan fazla K^+ alımı yapan genotiplerin daha az Na^+ aldıklarını ve böylece Na^+ / K^+ oranının düşük olduğunu, bu durumun özellikle genç yapraklarda daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

Yapılan bazı çalışmalarda yaprak ve gövde de artan sodyumun, potasyum üzerinde etkisi belirgin bulunmazken, köklerde artan tuzla birlikte potasyum alımının azaldığı saptanmıştır (Ashraf (1994), Lazof ve Cheesmann (1988), Chow ve ark.,(1996)). Bitki genotiplerinin farklı oranlarda Na^+ ve K^+ absorpsiyonu yapması ve böylece bünyelerinde farklı K/Na oranlarına sahip olmasının (Na-K ayırım özelliği = seçerek alma) tuzluluğa dayanım konusunda rol oynadığı, Heimler ve ark. (1995); Lopez ve Satti (1997), Yu ve ark. (1998); Aktaş (2002) ve Daşgan ve ark. (2002) tarafından da gösterilmiştir.

Sodyum ve Ca konsantrasyonları arasındaki ilişki, beklendiği gibi negatif olarak ortaya çıkmıştır ($r = - 0,311$ $P = 0,05$) (Çizelge 4.14). Buna göre, yeşil aksamında Na konsantrasyonu yüksek olan 54 (Barbunya kınalı), 72 (Acebek fasulye), 80 (Siyah sürmeli) ve 99 (Serodor Cambados) nolu genotiplerin Ca konsantrasyonları düşük olmuştur. Ters durumda ise dokularında Na konsantrasyonu düşük olan 4 (TR 68587), 6 (TR 38425), 7 (TR 38059), 19 (TR 53827), 49 (Atlanta),

60 (5) ve 65 (10- K2) gibi genotiplerin de Ca konsantrasyonları yüksek olmuştur (Çizelge 4.5 ve 4.7).

Rengel (1992)'e göre kalsiyum hücre zarına bağlanıp hücre zarı geçirgenliğini sınırlamakta, hücre içi sodyum miktarını ve alımını azaltarak hücre içinde depo halinde bulunan kalsiyumun dışarı verilmesini engellemektedir.

Grattan ve Grieve (1994)'e göre membranların iyon geçirgenliğinde önemli rol oynayan ve membran yapısının sağlamlığından sorumlu olan kalsiyum bitkilerin tuza toleransında önemli role sahiptir.

Kreij (1999), biber bitkisinde yapılan bir çalışmada ortamdaki tuz konsantrasyonunun artmasıyla bitkinin almış olduğu kalsiyum miktarında düşmeler, verimde azalmalar ve çiçek burnu çürüklüğünde ise artışlar olduğunu belirtmiştir.

Tuzluluk stresinin şiddetlenmesiyle sodyum konsantrasyonundaki artış ve potasyum alımında azalmaların olduğu farklı araştırmacılar tarafından daha önce saptanmıştır (Cho ve ark., 1996; Yahya, 1998; Glenn ve ark., 1999). Bitki hücresinde iyon taşınımının düzenli olması tek değerlikli (K, Na) ve çift değerlikli (Ca, Mg) katyonlar arasındaki dengeyle yakından ilişkilidir. Özellikle tek değerlikli olan Na ile K arasındaki rekabetin K lehine sonuçlanması K/Na değerinin yükselmesine neden olmakta bu durumda bitki tuz stresine karşı kendini daha iyi koruyabilmektedir (Yoshida, 2002; Rubio ve ark., 2003). Özellikle bu tez çalışmasında dayanıklı-Na sakınan 4 ve 7 numaralı genotiplerinde bu durum belirgin olarak görülmektedir. Ayrıca K/Na iyon dengesinin yanında Ca/Na oranının da önemli olduğu tuza dayanımda, bitkilerin tepkilerini açıklamak için önemli bir kriter olduğu farklı araştırmacılar tarafından da bildirilmektedir (Volkmar ve ark., 1998; Zeng ve ark., 2003).

Tuzlu koşullarda Ca/Na oranının düşmesinin membran permabilitesinin bozulmasına neden olup başta Na olmak üzere diğer tuzların daha fazla alınması ile toksisite şiddetini artırdığı düşünülmektedir (Davenport ve ark., 1997; Kreij, 1999; Villora ve ark., 2000). Kök bölgesindeki tuz konsantrasyonu artışı ile yeşil aksama doğru Na iyonu hareketliliğinde artışın olduğu birçok araştırmacının ortak görüşüdür (Dionisio-Sese ve Tobita, 2000; Meneguzzo ve ark., 2000; Qian ve ark., 2000).

Burada sunulan tez çalışmasında magnezyum iyonu ile dokulardaki Na ve K konsantrasyonları arasındaki ilişkiler önemli bulunmamıştır. Bununla birlikte, Mg ile Ca arasındaki ilişkiler önemli bulunmuştur ($r = 0,835$ $P = 0,01$) (Çizelge 4.14). Tuz stresi altındaki fasulye genotiplerinin yeşil aksam dokularında Ca ve Mg beraber artmakta veya azalmaktadır (Çizelgeler 4.7 ve 4.8).

Yeşil aksam dokularında Ca konsantrasyonu yüksek olan 10 genotip sıralamasında; 2 (TR 46348), 4 (TR 68587), 6 (TR 38425), 10 (TR 33548), 11 (TR 66342), 30 (TR 50771), 35 (TR 28035) ve 36 (TR 66339) nolu genotiplerin Mg konsantrasyonları da en yüksek 10 genotip içerisinde yer almıştır. Kalsiyum konsantrasyonu en düşük olan 29 (TR 51365), 45 (4-F 89), 50 (Özayşe), 51 (Yalova-17), 52 (Yalova-5), 53 (Alman Ayşe), 55 (Roma-2), 57 (Cina), 68 (Romalıka), 80 (Siyah sürmeli) ve 99 (Serodor Cambados) nolu genotiplerin de Mg konsantrasyonları en düşük bulunmuştur. Tuz uygulanan bitkilerin dokularındaki Mg konsantrasyonu ile CI konsantrasyonu arasında pozitif bir ilişki ($r = 0,499$ $P = 0,01$) belirlenmiştir.

Genotiplerin yeşil aksamlarındaki iyon konsantrasyonlarının oranları incelenmiştir. Na/K, Na/Ca, Na/Mg ve Na/CI oranları genotiplerin tuzluluğa karşı geliştirdikleri dayanıklılık mekanizmasının “Sakınan-Exclusion” veya “Kabullenen-inclusion” olmasına göre önemli ölçüde değişmiştir. Sodyum-includer olan dayanıklı genotiplerde genellikle bu oranlar yüksek çıkmaktadır. Sodyum- sakınan (excluder) dayanıklı genotiplerde ise beklendiği gibi düşük bulunmuştur. Tuz stresine karşı duyarlı olan genotiplerde de benzer durum görülmektedir. Anılan iyon oranları artıkça, bitkilerin görsel olarak tuzdan zararlanmalarını gösteren skala değerleri de artmakta veya tersi olarak oranların değerleri azaldıkça, tuz zararı da azalmaktadır.

Runge ve ark. (1983) ile Brady ve ark. (1984)’na göre kökte K/Na oranının azalması ortamdaki Na^+ iyonu konsantrasyonunun yüksekliğine bağlıdır. Kök etrafındaki tuzluluğun artmasıyla Na pasif absorpsiyon yolu ile kök hücrelerine geçerek protein sentezi ve enzim aktivitesinde problem yaratarak, fizyolojik zararlanmalara neden olabilmektedir.

Florunso ve Yakubu (1988), sorgum ve mısırdaki yapmış oldukları bir çalışmada topraktaki tuz düzeyinin artması ile bitkinin Ca/Na ve K/Na oranlarında azalmaların olduğunu bildirmektedirler.

Yang ve ark. (1990), iki farklı sorgum genotipinde yaptıkları araştırmada, tuza tolerans gösteren genotipin K/Na oranını kökte ve yeşil aksamda yüksek bulurlarken, duyarlı olan genotipte bu oran daha düşük belirlenmiştir.

Greenway ve Munns (1980)'e göre tuz stresine maruz kalan bitkilerde genel olarak karşılaşılan farklılıklar arasında kök, gövde ve sürgün büyümesinde gerileme; bitki yaş ve kuru ağırlıklarında azalma; verimde düşüş, meyve tat ve renklerinde bozulma kaydedilmektedir. Bitki uzun süre tuzluluk stresi altında kaldığında, yaşlı yapraklarda iyon toksisitesi ve su noksanlığı, genç yapraklarda ise karbonhidrat noksanlığı ve buna bağlı belirtilerin ortaya çıktığı kaydedilmektedir (Franco ve ark. 1993; Sivritepe 1995; Tıprıdamaz ve Ellialtıoğlu, 1994 ve 1997).

Fasulye genotiplerinin kök kuru ağırlık dayanıklılık indeksi ile skala değerleri arasında negatif bir ilişki belirlenmiştir ($r = - 0,427$ $P = 0,01$). Buna göre dayanıklılık indeksi büyük olan genotipler, daha az tuz zararına işaret eden düşük skala değerleri alırlarken, dayanıklılık indeksi küçük olan genotiplerin yeşil aksamları tuzdan daha fazla olumsuz etkilenmiştir.

Sonuçlar, tuz stresine dayanıklı tüm genotiplerin Na sakınan olamayacağını, tuz stresine hassas genotiplerinde sodyumdan sakınabildiğini ortaya koymuştur. Benzer şekilde tuz stresine duyarlı tüm genotiplerin Na-kabullenen olmadığı, dayanıklı genotiplerin de sodyumu bünyelerine bol miktarda alabildiğini göstermiştir. Bu nedenle, Na-sakınan ve Na-kabullenen genotipler için iyonların (Na, K, Ca, Mg) ve bunların birbirlerine olan oranlarının ayrı ayrı değerlendirilmesi gerektiğini söyleyebiliriz. Ayrıca, tuz stresinden etkilenmenin bir göstergesi olan simptom skalasının genotiplerin dayanıklılık-duyarlılık düzeylerinin belirlenmesinde iyi bir değerlendirme kriterleri olduğu söylenebilir.

5.2. Sonuç

Bu araştırma sonucunda elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda özetlenmiştir.

Altmış yedi farklı fasulye genotipinin 125 mM tuz uygulamasında oldukça farklı dayanıklılık ve duyarlılık seviyeleri gösterdikleri belirlenmiştir. 13 genotip dayanıklı, 17 genotip orta düzeyde dayanıklı ve 37 genotip ise duyarlı olarak belirlenmiştir. Genotipler tuz stresi altında farklı dayanıklılık mekanizmaları geliştirmişlerdir. Bazı genotipler bünyelerine bol miktarda Na iyonu alarak yüksek doku toleransına sahip olduğu için bundan zararlanmaz iken “Na kabullenen - inclusion mekanizma”, bazı genotipler ise Na iyonunu oldukça az alarak kendilerini korumayı başarmışlardır “Na sakınan - exclusion mekanizma”. Toplam 67 adet fasulye genotipi ile yapılan çalışmada, genotiplerin geniş bir varyasyon gösterdiği belirlenmiştir.

Tuza dayanıklı “Na sakınan” olan genotiplerin dokularında K ve Ca iyonlarının konsantrasyonları yüksek, tuza dayanıklı “Na kabullenen – Na includer” olan fasulyelerin ise dokularında K ve Ca konsantrasyonları düşük olmaktadır. Tuza karşı hasas olan ve önemli ölçüde zararlanan genotiplerin yeşil aksam dokularında Na iyonu fazla ve genellikle “Na sakınan - Na excluder” özellik gösterirlerken, bu genotiplerin dokularında ise Ca ve K iyonları en az düzeylerde görülmüştür.

Fasulye genotiplerinin yeşil aksam dokularında Na iyonunun fazla veya az olması ile Cl arasında niteliği belli olan kesin bir ilişki belirlenememiştir, bununla birlikte genotiplerin tuzluluğa dayanıklılık mekanizmasında Cl ile Na alımının birbirinden bağımsız olduğu söylenebilir.

Na ile Cl arasındaki ilişkinin ayrı bir çalışmada daha detaylı incelenmesi gerekmektedir.

Çok sayıda fasulye genotipinin söz konusu olduğu kitlesel tarama (screening) çalışmaları yapılırken erken bitki gelişme aşamasında kullanılabilecek parametreler bakımından her grup için (Na sakınan – Na kabullenen) kullanılabilecek aynı parametreler ortaya çıkmamıştır. Bitkinin geliştirdiği farklı mekanizmaya göre (Na sakınan veya Na kabullenen) bu parametreler farklı olacaktır.

Na sakınan (Na excluder) genotipler için düşük Na/K, Na/Ca, oranları, düşük Na konsantrasyonu, yüksek K ve Ca konsantrasyonları tarama (screening) parametresi olabilirken, Na kabullenen (Na includer) genotipler için yüksek Na/K, Na/Ca oranları, yüksek Na ve düşük K, Ca konsantrasyonları tarama (screening) parametresi olabilecektir.

Tuzlu koşullarda büyüyen fasulye genotiplerindeki genel bir eğilim ise, nisbeten daha büyük kök sistemi olan genotipler, daha az tuz zararına işaret eden düşük skala değerleri alırlarken, kök sistemi küçük olan genotiplerin yeşil aksamaları tuzdan daha olumsuz etkilendiğini gösteren büyük skala değerleri almıştır.

Gelecekteki çalışmalarda, bu tez ile dayanıklı ve duyarlı olarak belirlenen az sayıda genotiple daha çok parametrenin incelendiği daha detaylı fizyolojik çalışmalar yapılabilir. Bu detaylı çalışmalarda “iyon düzenlemesi – iyon regülasyonu” açısından farklı bitki kısımlarının daha detaylı analiz edilmesi (genç ve yaşlı yaprak ile gövde ve kök) ile iyonların alım ve taşınım mekanizmaları da araştırılabilir.

Deneme sırasında genotiplere kademeli olarak tuz uygulandığı için belli dönemlerde bitki hasatı yaparak iyonların davranışları belirlenebilir. Ayrıca, dayanıklı-“Na sakınan” ve dayanıklı- “Na kabullenen” genotipler ile duyarlı genotipler osmotik düzenleme yönünden incelenebilir.

KAYNAKLAR

- ABBAS, M.A., YOUNIS, M.E., SHUKRY, W.M., 1991. Plant Growth, Metabolism and Adaptation in Relation to Stress Condition. XIV. Effect Of Salinity On The Internal Solute Concentration In Phaseolus. J.Plant Physiol., 138: 722-727.
- AKITA, S., CABUSLAY G.S., 1990. Physiological Basis of Differential Response to Salinity in Rice Cultivars, Plant And Soil. 123, 277-294.
- AKTAŞ, H. 2002. Biberde Tuza Dayanıklılığın Fizyolojik Karakterizasyonu ve Kalıtımı . Ç.Ü. Fen Bilimleri Enst. Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana, 105 s.
- ALIAN, A., ALTMAN, A., HEUER, B., 2000. Gynotypic Difference In Salinity and Water Stress Tolerance of Fresh Market Tomato Cultivars. Plant Science, 152. 59-65.
- ALARCON, J.J., SANCHEZ-BLANCO, M.J., BOLARIAN, M.C., TORRECILLAS, A., 1994. Growth and Osmotic Adjustment of Two Tomato Cultivars During and After Saline Stres. Plant and Soil, 166. 75-82.
- ALFOCEA, P.F., ESTAN, M.T., CARO, M., BOLARIN., M.C., 1993 (a). Responce of Tomato Cultivars to Salinity. Plant and Soil, 150(2): 203-211.
- ALFOCEA, P.F., ESTAN, M.T., CARO, M., GUERRIER, G., 1993 (b).Osmatic Adjusment in *Lycopersicon esculantum* and *L. penelli* under NaCl and Polyethylene Glycol 6000 iso Osmotic Stres. Physiol Plant, 87:493-498.
- AL-KARAKI, G.N., 2000. Growth Water Use Efficiency and Sodium and Potassium Acquisition by Tomato Cultivars Grown Under Salt Stres. J.Plant Nutr., 23(1).1-8.
- AL-RAWAHY, S.A., STROEHLEIN, J.L., PESSARAKLI, M., 1992. Dry Matter Yield and Nitrogen, Na, Cl and K Content of Tomatoes Under Sodium Chloride Stres. Journal Plant Nutr., 15: 341-358.
- ANONYMOUS, 2000. Land And Plant Nutrition Management Service, Prosoil-Problem Soils Database.

- ASADA, K., 1994. Mechanism for Scavenging Reactive Molecules Generated in Chloroplasts Under Light Stress in Baker, N.R., Bowter, J.R.(ed.); Photoinhibition of Photosynthesis from Molecular Mechanisms to the Field. BIOS Scientific Publishers, Oxford, 129-142.
- ASHRAF, M. and RASUL, E., 1988. Salt Tolerance of Mung Bean of Two Growth Stage, Plant and Soil. 110, 63-67.
- ASHRAF, M., 1994. Breeding for Salinity tolerance in tolerance in Plants. Critical Reviews in Plant Sciences, 13(1):17-42.
- ASHRAF, M., 1994. Salt Tolerance of pigeon pea (*Cajanus cajan* L.) Millsp. At Three Growth Stages, Ann. App. Biol. 124.153-164.
- ASHRAF, M. and AHMAD, S., 2000. Influence of Sodium Chloride on Ion Accumulation, Yield Components and Fiber Characteristics in Salt- Tolerant and Salt Sensitive Lines of Cotton (*Goossypium hirsutum* L.). Field Crops Research, 66(2): 115-127.
- ARANDA, R.R., SYVERTSEN, J.P., 1996. The Influence of Foliar Applied Urea Nitrogen and Saline Solutions on Net Gas Exchange of Citrus Leaves. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 12: 501-506.
- ARANDA, R.R., SORİA, T., CUARTERO, J. 2001. Tomato Plant-water Uptake and Plant-Water Relationships Under Saline Growth Conditions. Plant Science, 60: 265-272.
- AYDEMİR, 1992. Tuzlu ve Alkali Şartlarda Çeltik Tarımı. Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü
- AWANG , Y.B., ATHERTON, J.G., TAYLOR, A.J., 1993. Salinity Effects on Strawberry Plants Grown Rockwool Growth and Leaf Water Relations. J. Hort. Sci., 68: 783-790.
- BABOURİNA, O., LEONOVA, T. ve SHABALA, S., 2000. Effect of Sudden Salt Stress on Ion Fluxes in Intact Wheat Suspension Cell. Annals of Botany, 85: 759-767.
- BAHÇECİ, I., 1995. Tarla Fasulyesinde Tuz-Su ve Verim İlişkilerinin İrdelenmesi . Ç.Ü.Fen Bilimleri Enst., Doktora Tezi, Adana.

- BANULS, J. ve PRÍMO-MÍLO, E., 1992. Effect of Chlorid and Sodium on Gas Exchance Parameters and Water Relations of Citrus Plants. *Plant Physiology*, 78: 238-246.
- BATES, L.S., WALDREN, R.P., TEARE, I.D., 1973. Rapid Determination of Free Proline for Water –Stress Studies. *Plant and Soil*, 39: 205-207.
- BEŞER, 2003. Tuzlu ve Alkali Şartlarda Çeltik Tarımı, Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü.
- BOHRA, J.S. ve DÖFFLİNG, K., 1993. Potassium Nutrition of Rice (*Oryza sativa* L.) Varieties Under NaCl Salinity. *Plant and Soil*, 152: 299-303.
- BOTELLA, M.A., MARTÍNEZ, J., CERDA, A., 1997. Salinity Induces Potassium Deficiency in Maize Plants. *Journal plant physiol*, 50: 200-205.
- BRADY, C., GIBSON, T.S., BARLOW, R., SPEIRS, J., WYNJONES, R.G., 1984. Salt Tolerance in Plants, İon Compatible Organik Solutes and The Stability of Plant Ribosomes. *Plant Cell and Environment*, 7: 571-578.
- BRUGNOLİ, E. ve LAUTERİ, M., 1991. Effect of Salinity on Stomal Conductance, Photosynthetiv Capacity and Carbon Isotop Discrimination of Salt Tolerant (*Gossypium hirsitium* L.) and Salt-Sensitive (*Phaseolus vulgaris* L.) C₃ Nonhalofites. *Plant Physiol*, 95: 628-635.
- CATALAN, L., BAZLARINI, Z., TALESNİK, E., SERONO, R., KARLIN, U., 1994. Effect of Salinity on Germination and Seedling Growht of *Prosopis Flexuosa*. *For. Ecil. Mange.*, 63: 347-357.
- CAYUELA, E., ALFOCEA, P.F., CARO, M., BOLARIN, M.C., 1996. Priming of Seeds With NaCl İnduces Physiological Changes in Tomato Plants Grown Under Salt Stres. *Physiol Plantarum*, 96(2): 231-236.
- CHARTZOULAKIS, K., and KLAPAKİ, G., 2000. Responce of Geenhouse Pepper Hybrids to NaCl Salinity During Different Growht Steges. *Scientia Horticulture*, 86: 247-260.
- CHEESMAN, J., 1998. Mechanisms of Salinity Tolerance in Plants. *Plant Physiol*, 7: 547-550.

- CHEN, C.T. and KAO, C.H., 1991. Senescence of Rice Leaves XXIX. Ethylene Production, Polyamine Level and Polyamine Biosynthetic Enzyme Activity During Senescence. *Plant Sci.*, 78: 193-198.
- CHO, D.H., ITOH, R., ISHII, R., 1996. Studies on Salt Tolerance in Korean Rice ciltiyars, Effect of NaCl Treatment on Sodium and Potasium İons Concentration in Leaf Sheath and Root of Rice Plants. *Japanse Journal of Crop Science*. 65(1): 1-7.
- CHOW, W.S., BALL, M.C., ANDERSON, J.M., 1990. Grow and Photosynthetic Responce of Spinach to Salinity: İmplications of K^+ Nutrition for Salt Tolerance. *Aust., J. Plant Physilo.*, 17: 563-578.
- CRAMER, G.R., LAUCLİ, A., POLİTİO, V.S, 1985. Displacement of Calcium by Sodium from The Plasmalemma of Root Cells. Primary Response to Salt Stres, *Plant Physiology*. 79: 207-211.
- CRAMER, G., LAUCLİ, A., EPSTEİN, E., 1986. Effect of NaCl and CaCl on İon Activities in Complex Nutrition Solutions and Root Growht of Cotton. *Plant Nutrition*, 20(9): 1085-1094.
- CRAMER, G., EPSTEİN, E., LAUCLİ, A., 1988. Kinetics of Root Elongation of Maize in Responce to Short-Trem Exposure to NaCl and Elevated Calcium Concentrasyon *J.Exp.Bot.*, 39: 1513-1522.
- CUARTERO, J., FERNÁNDEZ-MUÑOZ, R., 1999. Tomato and salinity. *Scientia Horticulturae*, 78: 83-125.
- CUARTERO, J., YEO, A.R., FLOWERS, T.J., 1992. Selection of Donors for Salt-Tolarence in Tomato Using Physiological Traits. *New Phytologist*, 121: 63-69.
- DASGAN, H.Y., AKTAS, H. ABAK, K. and CAKMAK, İ., 2002. Determination of Screening Techniques to Salinity Tolerance in Tomatoes and İvestigation of Genotype Responses. *Plant Science*, 163: 695-703.
- DELZOPPO, M., GALLESCI, L., ONNIS, A., PARDOSSI, A., 1999. Effect of Salinity on Water Relations, Sodium Accumalition, Chlorophyll Content and Proteolytic Enzymes in a Wild Wheat. *Biologia Plantarum*, 42(1): 97-104.

- DEMİR, İ. ve DEMİR, K., 1992. Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Beş Değişik Fasulye Çeşidinde Çimlenme, Çıkış ve Fide Gelişimi Üzerine Etkileri. GAP 1.Sebze Tarımı Sempozyumu, Şanlıurfa, 335-342.
- DOWNTON, W.J.S., 1977. Photosynthesis in Salt Stress Grapevines. Aust. J. Plant Physiol, 4: 183-192.
- DOWNTON, W.J.S. and MILLHOUSE, J., 1983. Turgor Maintenance During Salt Stress Prevent Loss of Variable Fluorescence in Grapevine Leaves. Plant Science Letters, 31(1): 1-7.
- DOWNTON, W.J.S. and MILLHOUSE, J., 1985. Chlorophyll Fluorescence and Water Relations of Salt Stressed Plants. Plant Science Letters, 37(3): 205-212.
- DOWNTON, W.J.S., LOVEYS, B.R., GRANT, W.J.R., 1990. Salinity Effects on the Stomatal Behaviour of Grapevine. New York Phytol, 16: 499-503.
- ERGENE, 1982. Tuzlu ve Alkali Şartlarda Çeltik Tarımı, Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü
- EPSTEIN, E., NORTLYN, J.D., RUSH, D.W., KINGBURY, R.W., KELLER, D.B., CUNNINGHAM, G.A. and WRONA, A.F., 1980. Saline Culture of Crops. A genetic approach. Sci., 210: 399-404.
- FAO, 2005. FAOSTAT, Agriculture Database. <http://apps.fao.org>
- FLORUNSO, O.A. and YAKUBU, H., 1988. Salinity Tolerance of Selected Sorghum and Millet Varieties. Dept. Of Soil Sci., Faculty of Agric., 24 s, Nigeria.
- FLOWERS, T.J., TROKE, P.F., YEO, A.R., 1977. The Mechanism of Salt Tolerance in Halophytes. Ann. Rev. Plant Physiol., 28: 89-121.
- FLOWERS, T.J., YEO, A.R., 1981. Variability in the Resistance of Sodium Chloride Salinity Within Rice (*Oryza Sativa L.*) Varieties. New Phytol. 88: 363-73.
- FRANCO, J.A., ESTEBAN, C. ve RODRÍGUEZ, C., 1993. Effect of Salinity on Various Growth Stages of Muskmelon cv. Revigal. J.Hort., Sci. 68: 899-904.
- FOOLAND, M.R., 1996. Genetic Analysis of Salt Tolerance During Vegetative Growth in Tomato (*Lycopersicon esculentum L.*). Plant Breeding, 115: 245-250.
- FOYER, C.H., LEANDAIS, M. and KUNERT, K.J., 1994. Photooxidative Stress in Plants. Physiologia Plantarum, 92: 696-717.

- GLENN, E.P., PFISTER, R., BROWN, J., THOMPSON, L., LEARY, J., 1996. Na ve K Accumulation and Salt Tolerance of *Atriplex canescens* (Chenopodiaceae) Genotypes. American Journal of Botany, 83(8): 997-1005.
- GORHAM, J., WYNJONES, MCDONNELL, E., 1985. Some Mechanisms of Salt Tolerance in Crop Plants. Plant and Soil. 89:15-40.
- GORHAM, J., 1993. Genetics and Physiology of Enhanced K/Na Discrimination. Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition, 151-158.
- GRATTAN, S.T., GRİEVE, C.M., 1999. Salinity Mineral Relations in Horticultural Crops, Scientia Hort., 78(1-4): 127-157.
- GREENWAY, H. ve MUNNS, R., 1980. Mechanisms of Salt Tolerans in Nonhallophytes. Ann. Rev. Plant Physiol., 31: 149-190.
- GÜNEŞ, A., ALPASLAN, M., TABAN, S., HATİPOĞLU, F., 1997. Değişik Buğday Çeşitlerinin Tuz Stresine Dayanıklılıkları. Tr. Journal of Agriculture and Forestry, 23: 215-219.
- GÜNGÖR, Y., YURTSEVER, E., 1991. Değişik Tuzluluk Düzeylerinde Sulama Sularının Soya Fasulyesi Verimine Etkisi. Doğa. Tr.J. of Agriculture and Forestry. 15: 80-88.
- GÜNEŞ, A., İNAL, A. ve ALPASLAN, M., 1996. Effect of Salinity on Stomal Resistance, Proline and Mineral Composition of Pepper. J. of Plant Nutrition, 19(2): 389-396.
- HAGİN, J., OLSEN, S.R., SHAVIV, A., 1990. Review of İnteraction of Ammonium Nitrate an Potassium Nutrition of Crops. Journal of Plant Nutrition, 13: 1211-1226.
- HALLEWEL, B. ve GUTTERİDGE, J. M. C., 1985. Free Radicals in Biology and Medicine. Clarendon Pres, Oxford.
- HASEGAWA, P.M., BRESSAN, R.A., HANDA, A.V. 1986. Celllular Mechanisms of Salinity Tolerance. Hort. Sci., 21:1317-1324.
- HASEGAWA, P.M., BRESSAN, R.A., ZHU, J.K., BOHERNT, H.J., 2000. Plant Cellular and Molecular Responses to High Salinity. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol.Biol.51: 463-499.

- HEİMLER, D., TATTİNİ, M., TİCCİ, S., CORADESHİ, M.A. ve TRAVERSİ, M.L., 1995. Growth İon Accumulation and Lipid Compotion of Two Olive Genotypes Under Salinity. J.Plant Nutrition, 18: 1723-1734.
- HELLEBUST, J.A., 1976. Osmoregulation. Ann.Rev.Plant Physiol, 27: 485-505.
- HUANG, J., REDMANN, R.E., 1995. Solute Adjustment to Salinity and Calcium Supply in Cultivated and Wild Barley. Journal Plant Nutrition, 18: 1371-1389.
- İNAL, A., GÜNEŞ. A., AKTAŞ. M., 1995. Effects of Chloride and Partial Substitution of Reduced Forms of Nitrogen for Nitrate in Nutrient Solution of The Nitrate . Total Nitrogen and Chlorine Contents of Onion. Journal of Plant Nutrition, 18:2219-2227.
- JOHNSON, C. M., and ULRICH, A., 1959. II. Analytical Methods for Use in Plant Analysis. California Agricultural Experiment Station. Bull. 766.
- JOHNSON,M., GROF, C.P.L. ve BROWNEL, T.F., 1988. The Effect of Na Nutrition on The Pool Size of The C₄ Photosynthetic Pathway. Aust.J. of Phhsyiol.,15: 749-760.
- JOSE, A.F., FERNANDEZ, A., BANON, S., 1997. Relationship Between The Effects of Salinity on Seedling Leaf Area and Fruit Yield of Six Muskmelon Cultivars. Hort Science, 32(4): 642-644.
- KAMBER, R., KIRDA, C., TEKİNEL, O., 1990. Sulama Suyu Niteliği ve Sulamada Tuzluluk Sorunları. Çukurova Üni. Ziraat Fak., Ders Kitabı No:100, 277s. ADANA
- KARANLIK, S., 2001. Değişik Buğday Genotiplerinde Tuz Stresine Dayanıklılık ve Dayanıklılığın Fizyolojik Nedenlerinin Araştırılması. Doktora Tezi Ç.Ü.Fen Bilimleri Enst. Adana.
- KATKAT, V., TABAN. S., ÖZGÜVEN, N., ÇELİK, H., 1999. Efect of Potassium on Microelements Distribution in Maize Plant Grown under Salt Stres. Dahlia Greidinger International Symposium Nutrient Management Under Salinity and Water Stres. 151-158. 1-4 March 1999, Hafia-İsrael.
- KENDİRLİ ve ÇAKMAK, 2003. Tuzlu ve Alkali Şartlarda Çeltik Tarımı.Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü

- KIRKBY, E.A., KNIGHT. A.H., 1987. The Influence of The Level of Nitrate Nutrition on İon Uptake and Assimilation. Organic Acid Accumulation and Cation Anion Balance in Whole Tomato Plants. *Plant Physiology*, 60: 349-353.
- KREIJ, C., 1999. Production, Blossom-end Wet and Cation Uptake of Sweet Pepper as Affect by Sodium, Cation Ratio and EC of The Nutrient Solution. *Graterbauwissenschaft*, 64(4): 158-164.
- KÜTEVİN, Z. ve TÜRKEŞ, T., 1987. Genel Sebze Tarımı Prensipleri ve Pratik Sebzecilik. İnkilap Kitapevi.
- LAUHLİ, A., 1986. Responses and Adaptations of Crops to Salinity. *Acta Hort.*, 190: 243-246.
- LAUHLİ, A. E., EPSTEİN, 1990. Plant Responses to Saline and Sodic Conditions, in: K.K. Tanji (eds.). *Agricultural Salinity Assessment and Management*, Amer. Soc. of Civil Eng., New York, 113-137.
- LAUHLİ, A., EPSTEİN, E., 1990. Plant Responses to Aline and Sodic Conditions, : K.K. Tanji (eds.). *Agricultural Salinity Assessment and Management*, Amer. Soc. of Civil Eng., New York, 113-137.
- LAZOF, D. ve CHEESEMAN, M., 1988. Sodium and Potasium Compartmenttation and Transport Across The Roots of İntact *Spergularia Marina*. *Plant Physiology*, 88: 1274-1278.
- LECHNO, S., ZAMSKI, E., TEL-OR, E., 1997. Salt stress induced responses in cucumber plants. *J.plant physiol.*, 150: 206-211.
- LEIGH, R.A., AHMAD, N., WYN JONES, R.G., 1981. Assessment of Glycinebetaine and Prolin Compartmentation by Analysis of İsolated Beet Vacuoles. *Planta*, 153: 34-41.
- LEVITT, J., 1980. Responses of Plants to Envirmental Stres Induced Responses in Cucumber Plants. *J.Plant physiol.*, 150: 206-211.
- LEVITT, J., 1980 a. Salt Stersses In Responses of Plants to Environmental Stres. Vol II . Pp. 365-457.
- LEVITT, J., 1980 b. Responses of Plants to Environmental Stress. Academic Pres, Nem York. Pp. 489-530.

- LEVITT, J., 1980 Responses of Plants to Environmental Stress. Academic Press, p.p. 607, USA.
- LOPEZ, M.V. ve SATTI, S.M.E., 1996. Calcium and Potassium – Enhanced Growth and Yield of Tomato Under Sodium Chloride Stress. Plant Sci., 114: 19-27.
- LUTTS, S., KINET, J.M. and BOUHARMONT, J., 1996. NaCl-Induced Senescence in Leaves of Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivars Differing in Salinity Resistance. Ann. Bot., 78: 389-398.
- MAATHUIS, F.J.M. and AMTMANN, A., 1999. K Nutrition and Na Toxicity. The Basis of Cellular K/Na Ratios. Annals Botany, 10: 123-133.
- MAKELA, P., KONTTURI, M., PEHU, E. and SOMERSALO, S., 1999. Photosynthetic Response of Drought and Salt-Stressed Tomato and Salt-Stressed Tomato and Turnip Rape Plants to Foliar-Applied Glycinebetaine, Physiol. Plant., 105:45-50.
- MANGAL, J.L. and LAL, S., 1990. Salt Tolerance Behavior of Khorif Onion Variety N.53. Hort. Abs., 53: 5129
- MARSCHNER, H., 1997. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Edition. Academic Press, London.
- MARSCHNER, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, 657-680.
- MASS, E.V., 1990. Crops Salt Tolerance. Agriculture Salinity Assessment and Management. American Society Civil Engineers, In: K.K. Tanji, New York, 262-334.
- MER, R.K., PRAJITH, P.K., PANDYA, D.H. and PANDEY, A.N., 2000. Effect of Salt on Germination of seeds and growth Young Plants of *Hordeum vulgare*, *Triticum aestivum*, *Cicer aietinum* and *Brassica juncea*. J. Gron. Crop.Sci., 185: 209-217.
- MUNNS, R., TERMAAT, A., 1986. Whole-plant Responses to Salinity, Aust. J. Plant Physiol, 13: 143-160.

- MURATA, Y., OBI, I., YOSHIIHASHI, M., NOGUCHI, M., KAKUTANI, T., 1994. Reduced Permeability to K⁺ and Na⁺ Ions of K Channels in The Plasma Membrane of Tobacco Cells in Suspension after Adaptation to 50 mM NaCl. *Plant Cell Physiol*, 35(1): 87-92.
- NAIDOO, G., 1994. Growth Water and Ion Relations in the Coastal Halophytes *Xylocarpus Bulbosa* and *T. Striata* *Environ. Expl.Bot.*, 34: 419-426.
- NERSON, H., and PARIS, H.S., 1984. Effects of Salinity on Germination, Seedling growth and Yield of Melons Irrigation. *Science*, 5: 265-273.
- NEUMANN, P.M. VOLKENBURGH, E.V., CLELAND, R.E., 1988. Salinity Stress Inhibits Bean Leaf Expansion by Reducing Turgor, Not Wall Extensibility. *Plant Physiol*, 88(1): 233-237.
- NIEVES, M., CERDA, A., BOTELLA, M., 1991. Salt tolerance of Two Lemon Scions Measured by Leaf Chloride and Sodium Accumulation. *J. Plant Nutrition*, 14(6): 623-636.
- NOBLE, C.L., and ROGERS, M.L., 1992. Arguments for the Use of Physiological Criteria for Improving the Salt Tolerance in Crops. *Plant and Soil*. 146(1-2): 99-107.
- PLAUT, X., GRIEVE, C.M. FEDERMAN, E., 1989. Salinity on Photosynthesis in Isolated Mesophyll Cells of Cowpe Leaves. *Plant Physiol*. 91: 493-499.
- PLJAKOFF-MAYER, A. and GALE, J., 1975. *Plant in Saline Environments*. Springer-Verlag, Berlin, .213.
- PÉREZ-ALFOCEA, F. M.T., ESTAN, M., CARO, M.C., BOLARIN, 1993. Responses of Tomato Cultivars to Salinity. *Plant and Soil*, 150: 203-211.
- PEREZ- ALFOCEA, F., BALIBREA, M.E., SANTA CRUZ, A., ESTAN, M.T., 1996. Agronomical and physiological Characterization of Salinity Tolerance in a Commercial Tomato Hybrid. *Plant and Soil*, 180(2): 251-257.
- PRIOR, L.D., GRIEVE, A.M., CULLIS, B.R., 1992 Sodium Chloride and Soil Texture Interactions in Irrigated Field Grown Sultan Grapevines II. Plant Mineral Content. *Growth and Physiology, Aust.J.Agr.Res.*, 43(5): 1067-1083.

- QURESHI, R.H., RASHID, A., AHMAD, N., 1990. Aprocedure for Quick Screening of Wheat Cultivars for Salt Tolerance. N. El Bassam et al. (eds.). Genetics Aspects of Plant Mineral Nutrition, Kluwer Academic Publishers in the Netherlands, pp. 315-324.
- RAINS, D.W., 1972. Salt Transport by Plants in Relation to Salinity. Annu. Rev. Plant Physiol.,14: 341-350.
- RAMADAN, T., 2001. Dynamics of Salt Secretion by *Sporobolus Spicatus* (Vahl) Kunth from Sites Differing Salinity. Annals of Botany. 87: 259-266.
- REGGIANI, R., BOZO, S., BERTANI, A., 1995. The Effect of Salinity on Early Seedling Growth of Seeds of Three Wheat(*Triticum aestivum* L.) cultivars. Canadian Journal of Plant Science. 75: 175-177.
- RENGEL, Z., 1992. The Role of Calcium in Salt Toxicity. Plant Cell and Environ., 15: 625-632.
- RUNGE, M., LANGE, O., NOBEL, P.S., OSMOND, C.B., ZIEGLEL, H., 1983. Encyclopedia of Plant Physiological Plant Ecology III. Responses to The Chemical and Biological Environment. New Ser. 12: 163-200. Springer, Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- SAHU, A.C. ve MISHRA, D., 1987. Changes in Some Enzyme Activities During Excised Rice Leaf Senescence under NaCl-Stress .Biocheime Und Physiol. Der.Pflanzaen, 182: 501-505.
- SARI, N., DAŞGAN, H.Y., AKTAŞ, H., EKİCİ, B., SOLMAZ, İ., 2004. Dihaploid Kavun Hatlarında ve Bunların Melezlerinde Tuza Tolerans Bakımından Farkılıkların Ortaya Çıkarılması.
- SALİN, M.L., 1987. Toxic Oxygen Species and Protective Systems of the Chloroplast. Physiol Plant, 72: 681-689.
- SALISBURY, F.B. and ROSS, C.W., 1992. Plant Physiology. 4th ed. Wadsworth Publishing Com. Belmont. California, 682p.
- SEEMANN, J.R., CRITCHLEY, C., 1985. Effect of Salt Stres on The Growht, Ion Content, Stomatal Behaviour and Photosynthetic Capacity of a Salt Sensitive Species, *Phaseolus vulgaris* L. planta. 164: 151-162.

- SHARMA, S., KUMAR, R., MALİK, C.P., 1986. Salt Stres Induted Changes in Protein Degradations and Proteolytic Activity in Germinations and Proteolytic Activityin Germinations in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Seeds. Legume Reserarch, 9(2): 91-96.
- SHARMA, S.K., 1990. Effect of Salinity on Internal Distrubition of Na, K and Cl and the Mechanism of Salt İnjuirty in Chicpea. Plant Physiol and Biochemistry, 17(1): 41-47.
- SHANNON, M.C., GRİEVE, C.M., 1999. Tolarence of Vegetable Crops to Salinity . Scientia Horticulturae, 78: 5-38.
- SİEGEL, S.M., SİEGEL. B.Z., MASSEY. J., LAHNE. P., CHEN. J., 1980. Growht of Com in Saline Waters. Physiol. Plant. 50: 71-73.
- SİVRİTEPE, N., 1995. Asmalarda Tuza Dayanıklılık Testleri ve Tuza Dayanımda Etkili Bazı Faktörler Üzerinde Araştırmalar. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Bursa, Doktora Tezi, 176s.
- SREENİVASULU, N., GRİMM, B., WOBUS, U. ve WESCHKE, W., 2000. Diffrential Response of Antioxidant Copmounds to Salinity Stres in Salt-Tolerant and Salt-Sensitive Seedling of Fox-Tail Millet (*Setaria İtalica*). Physiol. Plant., 109: 435-442.
- SUBBARAO, G.V., JOHANSEN, C., JANA, M.K., KUMAR KAO, J.V., 1990. Effect of Sodium/Calcium Ratio in Modifing Salinity Responses of Pigeon pea (*Cajamus cajan*), J. Plant Physiol. 136: 439-443.
- TABAN, S., GÜNEŞ, A., ALPASLAN, M., ÖZCAN, H., 1999. Değişik Mısır (*Zea mays* L.cvs.) Çeşitlerin Tuz Stresine Duyarlılıkları. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 23. Ek Sayı. 3: 625-633.
- TAL, M., 1983. Selection for Stres Tolerance. In “Handbook of Plant Cell Culture , Volume 1”(D.e. Evans, W.R. Sharp, P.V. Ammirato, Y.Yamada,eds,), collier Macmillan Publishers, London. 461-487.
- TİPİRDAMAZ, R. ve ELLİALTIOĞLU, Ş., 1994. Domates Genotiplerinde Tuza Dayanıklılığın Belirlemesinde Değişik Tekniklerin Kullanımı. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, Yayın No: 1358, Bilimsel Ar. ve İnc:752,21s

- TIPIRDAMAZ, R. ve ELLİALTIOĞLU, Ş., 1997. Some Physiological and Biochemical Changes in *Solanum melongena* L. Genotypes Grown under Salt Conditions. First Balkan Botanical Congress, Abstracts, pp:121,19-22 September 1997, Thessaloniki, Greece.
- VAN STEVENİNCK, R.F.M., VAN STEVENİNCK, M.E., STELZER, L.R., LAUCHLİ, A., 1982. Studies on Distribution of Na and Cl in Two Species of Lupin (*Lupinus luteus* and *Lupinus angustifolius*) Differing in Salt Tolerance. *Physiol. Plant*, 56: 465-473.
- VİLLORA, G., PULGAR, G., MORENO, D.A ve ROMERO, L., 1997. Salinity Treatments and Their Effect on Nutrient Concentration in Zucchini Plants (*Cucurbita pepo* L. var. *moschata*) Aust. J.Exp. Agric., 37: 605-608
- VİLLORA, G., MORENO, A., PULGAR, G., ROMERO, L., 2000. Yield Improvement in Zucchini Under Salt Stress. Determining Micronutrient Balance. *Scientia Horticulture*, 86: 175-183.
- VOLKMAR, K.M., HU, Y., STEPPUHN, H., 1998. Physiological Response of Plants to Salinity. *Canadian Journal of Plant Science*. 78(1): 19-27.
- YADAV, H.D., YADAV, O.P., DHANKAR, O.P., OSWAL, M.C., 1989. Effect of Chloride Salinity and Boron on Germination, Growth and Mineral Composition of Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Annals of Arid Zone*, 28(1-2): 63-67.
- YANG, Y., W., NEWTON, R., J., MILLER, F., 1990. Salinity Tolerance in Sorghum. I. Whole Plant Response to Sodium Chloride in *S. bicolor* and *S. halepense*. *Crop Science*, 30: 775-781.
- YAŞAR, F., 2003. Tuz Stresi Altındaki Patlıcan Genotiplerinde Bazı Antioksidant Enzim Aktiviteleri *İn vitro* ve *İn vivo* Olarak İncelenmesi. Yüzüncü yıl Üniversitesi Fen Bil.Enst. Doktora Tezi
- YEO, A.R. 1983. Salinity Resistance. *Physiologies and Prices*. *Physiol. Plant*, 58: 214-222.
- YEO, A.R., LEE, K.S., IZARD, P., BOURSİER, P.J. ve FLOWERS, T.J., 1991. Short and Long Term Effects of Salinity on Leaf Growth in Rice (*Oryza sativa* L.). *J.Exp.Bot.* 42: 881-889.

- YU, B., GONG, H. ve LIU, Y., 1998. Effects of Calcium on lipid Composition and function of Plasma Membrane and tonoplast Vesicle Isolated From Roots of Barley Seedlings Under Salt Stress. *J. Plant Nutr.*, 21: 1589-1600.
- WALKER, R.R. TÖRÖKFALVY, E., SCOOT, N.S., KRIEDEMANN, P.E., 1981. An Analysis of Photosynthetic Response to Salt Treatment in *Vitis vinifera*. *Aust.J.Plant Physiol.*, 8: 359-374.
- WHITTINGTON, J., SMITH, F.A., 1992. Calcium-Salinity Interactions Affect Ion Transport in *Chara corallina*, *Plant Cell and Environment.*, 15: 727-733.
- WOLF, B., 1984. The Fertile Triangle (The Interrelationship of Air, Water and Nutrients in Maximizing Soil Productivity). Food Products Press, 463p. Florida
- WOLF, O., MUNNS, R., TONNET, M.L., JESCHKE, W.D., 1991. The Role of the Stem in the Partitioning of Na and K in Salt-Treated Barley. *Journal of Experimental Botany*, 42: 697-704.
- ZHANG, H.X. and KIRKHAM, M.B. 1996. Lipid Peroxidation in Sorghum and Sunflower Seedlings As Affected by Ascorbic Acid, Benzoic Acid ve Propyl Gallate. *Journal of Plant Physiol.* 149: 489-493.
- ZHU, J.K., HASEGAWA, P.M. and BRESSAN, R.A., 1997. Molecular Aspects of Osmotic Stress in Plants. *Plant Sci.*, 16: 253-277.
- ZHU, J.K., 2000. Genetic Analysis of plant salt tolerance using Arabidopsis. *Plant Physiology*, 124: 941-948.
- ZHU, J.K., 2001. Plant Salt Tolerance. *Plant Science*, 6(2): 66-71.

ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Tarsus’da doğdum. İlk ve orta öğretimimi Tarsus’da tamamladım. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümünden 2000 yılında mezun oldum ve 2002 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimime başladım. Halen Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalında yüksek lisans öğrencisiyim.