

2008-17



TÜBİTAK

TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA KURUMU
THE SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH COUNCIL OF TURKEY

Temel Bilimler Araştırma Grubu
Basic Sciences Research Grant Group

90797

EK-1

Proje No: 103T173

**DOMATES'TE (*Lycopersicon esculentum*) TUZA DAYANIKLILIĞIN
FİZYOLOJİK VE GENETİK KARAKTERİZASYONU**

**DOÇ. DR. SAMİ DOĞANLAR
DOÇ. DR. ANNE FRARY
DR. DAVUT KELEŞ
HASAN PINAR
DENİZ GÖL**

**OCAK 2008
İZMİR**

ÖNSÖZ

Tuz stresi tarımsal üretimi tehdit eden en önemli çevresel faktörlerden birisidir. Dünya üzerinde her yıl önemli miktarda arazi tuzluluktan dolayı tarım dışına çıkarılmaktadır. Tarımsal öneme sahip ürünlerin çoğu orta ve yüksek düzey tuzluluğa duyarlıdır. Domates tuza duyarlı bitki türlerinden birisidir. Tuzluluğa dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi üzerinde çok sayıda araştırma bulunmasına rağmen mevcut çeşitler arasında tuzluluğa dayanıklılık sınırlı düzeydedir. Moleküler teknolojilerin bitki ıslah çalışmalarında kullanılmaya başlaması ile birlikte bu teknolojiler tuz toleransı çalışmalarında da çokça kullanılmaya başlanmıştır. Bir çok çalışmada değişik parameteler için kantitatif karakter lokusları belirlenmiştir. Bu çalışmada da çimlenme ve vejetatif gelişme devrelerinde rol oynayan tuza dayanıklılık mekanizmaları morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal parametrelerce karakterize edilmiş ve dayanıklılıkta rol oynayan genlerin kromozom lokasyonları belirlenmiştir.

Bu proje TÜBİTAK tarafından Doç. Dr. Sami Doğanlar'a sağlanan destekle tamamlanmıştır (TÜBİTAK103T173)

İÇİNDEKİLER

ÖZET	6
ABSTRACT	7
1. GİRİŞ	8
2. GENEL BİLGİLER	9
2.1. Tuzluluğun Tanımı	9
2.2. Tuz Stresinin Bitkiler Üzerine Etkisi	9
2.3. Bitkilerde Tuz Stresine Dayanıklılık	11
2.4. Tuza Dayanıklı Tarımsal Ürünlerin Geliştirilmesi	11
2.5. Domates ve Tuzluluk	13
3. GEREÇ VE YÖNTEM	14
3.1. Bitkisel Materyal	14
3.2. Tuz Testlemeleri	15
3.2.1. Besi Ortamı Tuz Testlemeleri	15
3.2.2. Hidrofonik Tuz Testlemeleri	15
3.3. Biyokimyasal Analizler	16
3.3.1. Enzim çalışmaları için ekstrakt hazırlanması	16
3.3.2. SOD Enzim Aktivitesi Tayini	16
3.3.3. KAT Enzim Aktivitesi Tayini	17
3.3.4. Askorbat Peroksidaz Enzim Aktivitesi Tayini	17
3.3.5. Peroksidaz Enzim Aktivitesi Tayini	17
3.3.6. Antioksidan Kapasitesi Tayini	18
3.3.7. Toplam Fenolik İçerik Tayini	18
3.3.8. Flavonoid Miktarının Tayini	18
3.4. Genetik Analizler	19
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	19
4.1. Tuz Dayanıklılık İçin Yapılan Ön Çalışmalar	19
4.2. IBL Hatlarının Çimlenme Dönemi Tuz Dayanıklılığı İçin Testlenmesi	21
4.2.1. 100 mM NaCl Testlemeleri	22
4.2.2. 125 mM NaCl Testlemeleri	22
4.2.3. 150 mM NaCl Testlemeleri	22
4.2.4. 100, 125 ve 150 mM NaCl Testlemeleri Arasındaki Karşılaştırmalar	23
4.3. Çimlenme Dönemi Tuza Dayanıklılık Genlerinin Haritalanması	24
4.3.1. 100 mM NaCl Testlemeleri QTL analizleri	24
4.3.2. 125 mM NaCl Testlemeleri QTL analizleri	24
4.3.3. 150 mM NaCl Testlemeleri QTL analizleri	25
4.4. QTL'lerin Benzer Bölgelerde Toplanması (Colocalization of QTL)	26
4.5. Daha Önceden Haritalanan Lokuslarla Benzerlikler	27
4.6. Vejetatif Dönemi Tuz Testlemeleri	27

4.6.1. Fizyolojik Analizler	27
4.6.1.1. Bitki Boyu	27
4.6.1.2. Sap Genişliği	28
4.6.1.3. Yaprak Sayısı	28
4.6.1.4. Yaprak Yaş Ağırlığı	29
4.6.1.5. Yaprak Kuru Ağırlığı	29
4.6.1.6. Kök Yaş Ağırlığı	29
4.6.1.7. Kök Kuru Ağırlığı	30
4.6.2. Biyokimyasal Analizler	30
4.6.2.1. Fenolik İçerik	30
4.6.2.2. Antioksidan Kapasitesi	30
4.6.2.3. Flavonoid İçeriği	31
4.6.2.4. Peroksidaz Enzim Aktivitesi	31
4.6.2.5. Süperoksit Dismutaz Enzim Aktivitesi	32
4.6.2.6. Askorbat Peroksidaz Enzim Aktivitesi	32
4.6.2.7. Katalaz Enzim Aktivitesi	32
4.6.3. Mineral Analizi	33
4.6.3.1. Sodyum İçeriği	33
4.6.3.2. Potasyum İçeriği	33
4.6.3.3. Kalsiyum İçeriği	34
4.6.4. Karakterler Arasındaki İlişkiler	34
4.7. Vejetatif Dönemi Tuza Dayanıklılık Genlerinin Haritalanması	34
4.7.1. Fizyolojik Karakterler	34
4.7.1.1. Bitki Boyu	34
4.7.1.2. Gövde apı	35
4.7.1.3. Yaprak Sayısı	35
4.7.1.4. Yaş Yaprak Ağırlığı	35
4.7.1.5. Kuru Yaprak Ağırlığı	35
4.7.1.6. Yaş Kök Ağırlığı	36
4.7.1.7. Kuru Kök Ağırlığı	36
4.7.2. Biyokimyasal Karakterler	36
4.7.2.1. Fenolik İçerik	36
4.7.2.2. Toplam Antioksidan Kapasitesi	36
4.7.2.3. Flavonoid İçeriği	37
4.7.2.4. Glutasyon Peroksidaz Enzim Aktivitesi	37
4.7.2.5. Süperoksit Dismutaz Enzim Aktivitesi	37
4.7.2.6. Askorbat Peroksidaz Enzim Aktivitesi	38
4.7.2.7. Katalaz Enzim Aktivitesi	38
4.7.3. Mineral Karakterler	38
4.7.3.1. Sodyum İçeriği	38

4.7.3.2. Potasyum İçeriği	38
4.7.3.3. Kalsiyum İçeriği	38
5. SONUÇLAR	39
5.1. Tuz Stresine Fizyolojik Tepkiler	40
5.2. Tuz Stresine Biyokimyasal Tepkiler: Enzimatik Olmayan Antioksidanlar	41
5.3. Tuz Stresine Biyokimyasal Tepkiler: Enzimatik Antioksidanlar	42
5.4. Tuz Stresine Mineral Tepkiler	42
5.5. Özel Kromozomal Bölgeleri ve Hatlar	43
EK-2: KAYNAKLAR	45
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU	51

TABLO LİSTELERİ

Tablo 1. Tohum Örneği ve Tuz Uygulama Kombinasyonları	89
Tablo 2. IBL Hatlarının 100 mM NaCl Tuz Uygulaması Çimlenme Tepkileri	89
Tablo 3. IBL hatlarının 125 mM NaCl Tuz Uygulaması Çimlenme Tepkileri	90
Tablo 4. IBL hatlarının 150 mM NaCl Tuz Uygulaması Çimlenme Tepkileri	90
Tablo 5. 100 mM NaCl Uygulaması İçin Belirlenen QTL'lerin Listesi	91
Tablo 6. 125 mM NaCl Uygulaması İçin Belirlenen QTL'lerin Listesi	92
Tablo 7. 150 mM NaCl Uygulaması İçin Belirlenen QTL'lerin Listesi	93
Tablo 8. IL Hatlarının ve Ebeveynlerin Bitki Boyları ve Sap Genişlikleri	94
Tablo 9. IL Hatlarının ve Ebeveynlerin Yaprak Sayısı	96
Tablo 10. IL Hatlarının ve Ebeveynlerin Yaş ve Kuru Yaprak ve Kök Ağırlıkları	97
Tablo 11. IL Hatlarının ve Ebeveynlerin Fenolik, Flavonoid ve Antioksidan İçerikleri	99
Tablo 12. IL Hatlarının ve Ebeveynlerin Glutatyon Peroksidaz Enzimi İçerikleri	101
Tablo 13. IL Hatlarının ve Ebeveynlerin SOD Enzim Aktiviteleri	102
Tablo 14. IL Hatlarının ve Ebeveynlerin Askorbat Peroksidaz Enzimi İçerikleri	103
Tablo 15. IL Hatlarının ve Ebeveynlerin Katalaz Enzimi İçerikleri	104
Tablo 16. IL Hatlarının ve Ebeveynlerin Mineral Madde İçerikleri	105
Tablo 17. Fizyolojik, Biyokimyasal ve Mineral İçerikler Arasındaki Korelasyonlar	106
Tablo 18. IL Populasyonunda Belirlenen QTL'lerin Listesi	107

ŞEKİL LİSTELERİ

Şekil 1. M82 ve LA716 Kontrol ve Değişik Tuz Uygulamalarına Tepkisi	52
Şekil 2. M82 Kontrol ve Değişik Tuz Uygulamalarına Çimlenme Tepkisi	53
Şekil 3. SC2121 Kontrol ve Değişik Tuz Uygulamalarına Çimlenme Tepkisi	53
Şekil 4. TA496'in Kontrol ve Değişik Tuz Uygulamalarına Çimlenme Tepkisi	54
Şekil 5. LA1589 Kontrol ve Değişik Tuz Uygulamalarına Çimlenme Tepkisi	54
Şekil 6. L3708 Kontrol ve Değişik Tuz Uygulamalarına Çimlenme Tepkisi	55
Şekil 7. LA2744 Kontrol ve Değişik Tuz Uygulamalarına Çimlenme Tepkisi	55
Şekil 8. LA1223 Kontrol ve Değişik Tuz Uygulamalarına Çimlenme Tepkisi	56
Şekil 9. TA496 ve LA1589 100 mM Tuz Uygulamasına Çimlenme Tepkileri	56
Şekil 10. 100 mM Tuz Uygulaması İçin Çimlenme Dağılım Histogramu	57
Şekil 11. TA496 ve LA1589 125 mM NaCl Uygulamasına Çimlenme Tepkileri	58
Şekil 12. 125 mM Tuz Uygulaması İçin Çimlenme Dağılım Histogramu	59
Şekil 13. 150 mM NaCl ve Kontrol Şartlarında TA496'nın Çimlenme Tepkisi	60
Şekil 14. 150 mM Tuz Uygulaması İçin Çimlenme Dağılım Histogramu	61
Şekil 15. TA496 ve LA1589 Tuz Uygulamalarında Zamana Göre Çimlenmeler	61
Şekil 16. 100 mM QTL Lokasyonlarını Gösteren IBL Genom Haritası	63
Şekil 17. 125 mM QTL Lokasyonlarını Gösteren IBL Genom Haritası	64
Şekil 18. 150 mM QTL Lokasyonlarını Gösteren IBL Genom Haritası	65
Şekil 19. IL Hatlarının Bitki Boyu	66
Şekil 20. IL Hatlarının Gövde Çapı	67
Şekil 21. IL Hatlarının Yaprak Sayısı	68
Şekil 22. IL Hatlarının Yaş Yaprak Ağırlığı	69
Şekil 23. IL Hatlarının Kuru Yaprak Ağırlığı	70
Şekil 24. IL Hatlarının Yaş Kök Ağırlığı	71
Şekil 25. IL Hatlarının Kuru Kök Ağırlığı	72
Şekil 26. IL Hatlarının Toplam Antioksidan Aktiviteleri	73
Şekil 27. IL Hatlarının Fenolik İçerikler	74
Şekil 28. IL Hatlarının Flavonoid Madde İçerikleri	75
Şekil 29. IL Hatlarının Glutatyon Peroksidaz Enzim Aktiviteleri	76
Şekil 30. IL Hatlarının Süperoksit Dismutaz Enzim Aktiviteleri	77
Şekil 31. IL Hatlarının Glutatyon Peroksidaz Enzim Aktiviteleri	78
Şekil 32. IL Hatlarının Askorbat Peroksidaz Enzim Aktiviteleri	79
Şekil 33. IL Hatlarının Sodyum Seviyesi	80
Şekil 34. IL Hatlarının Potasyum Seviyesi	81
Şekil 35. IL Hatlarının Kalsiyum Seviyesi	82
Şekil 36. QTL Lokasyonlarını Gösteren IL Hatlarının Genom Haritası	83
Şekil 37. IL Hatlarının Taşıdıkları QTL'lerin Listesi	86

ÖZET

Tuz stresi bitki büyümesini etkileyen en önemli çevre şartlarından biridir. Toprağın tuzdan arındırılması uzun zaman gerektiren ve çok pahalı bir işlemdir. Tuzluluğun etkisini ortadan kaldırmak için uygulanacak en etkili yöntem tuza dayanıklı ürün yetiştirmektir. Biyoteknolojik uygulamalar (transgenik veya moleküler işaretleyici teknolojisi) tuza dayanıklı bitkilerin geliştirilmesinde önem taşımaktadır. Bu çalışmada, domates bitkisinin çimlenme ve vejetatif dönemlerinde tuz stresine tepkisi çalışılmıştır. Tuza dayanıklı bir tür olan *L. pimpinellifolium* LA1589 ve tuza duyarlı bir tür olan *L. esculentum* cv. TA496 arasında yapılan melezlemeden türetilen safdöl geri melez hatları (IBL = Inbred Backcross Lines) tohum çimlenmesi döneminde tuza dayanıklılıkta rol oynayan kantitatif karakter lokuslarının (QTL) haritalanması için kullanılmıştır. Çimlenme dönemi çalışmalarının sonunda, IBL hatlarının belli dereceye kadar tuza dayanıklı oldukları gözlenmiştir. *L. esculentum* allelleri tuzda toplam çimlenme yüzdesini artırırken, *L. pimpinellifolium* allelleri tuzda çimlenme oranında bir iyileştirme sağlamıştır. Bu sonuçlar, tuza dayanıklılığın değişik parametrelerinin, çimlenme döneminde farklı mekanizmalar tarafından kontrol edildiğini göstermektedir. Tuza dayanıklı bir tür olan *L. pennellii* LA716 ve tuza duyarlı bir tür olan *L. esculentum* cv. M82 arasında yapılan melezlemeden türetilen, *L. pennellii* introgresiyon hatları (IL), vejetatif devrede tuz dayanıklılığı ile ilişkili olan kantitatif karakter lokuslarının haritalanması için kullanılmıştır. Kültür domates çeşidi M82 ve 50 IL hattına ait bitkiler, serada havalandırılmış Hoagland kültür çözeltisi içerisinde yetiştirilmiştir. Yedi gerçek yaprak safhasında, tuz (NaCl) uygulaması başlatılmış ve bu uygulama 150 mM NaCl konsantrasyonuna ulaşıncaya kadar besin çözeltisine kademeli olarak NaCl'nin eklenmesi ile gerçekleştirilmiştir. Kontrol ve tuz stresi uygulanmış bitki yaprak dokularında toplam antioksidan kapasitesi (AO), fenolik ve flavonoid madde içerikleri, süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (KAT), peroksidaz (P), askorbat peroksidaz (AP) enzim aktiviteleri ile sodyum (Na), potasyum (K) ve kalsiyum (Ca) gibi mineral madde içerikleri belirlenmiştir. Ayrıca, bitkiler fizyolojik olarak (bitki boyu, yaş/kuru yaprak ve kök ağırlıkları, yaprak sayısı ve gövde çapı) karakterize edilmiştir. IL hatlarından elde edilen sonuçlar (fizyolojik, enzimatik ve mineral) M82 kontrol hatı ile kıyaslanmış tuz ve kontrol koşullarında üzerinde çalışılan karakterlere ilişkili QTL'ler belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Tuzluluk, domates, saf döl geri melez hatları, introgression hatları, moleküler genetik haritalama, QTL analizleri, KAT, AP, SOD, AO, P, AP enzim aktiviteleri

ABSTRACT

Plant growth is limited by different environmental conditions. Salt stress is one of the most important of these conditions. Elimination of salt from the soil is time consuming and very expensive. The most effective way to eliminate salinity effects is to produce salt tolerant crops. Both transgenic applications and molecular marker technology are of importance in producing salt tolerant plants. In this study, responses to salt stress of tomato were studied during the germination and vegetative stages of the life cycle. Inbred Backcross Lines (IBLs) from a cross between salt-sensitive *L. esculentum* cv. TA496 and a salt-tolerant *L. pimpinellifolium* LA1589 were used for evaluation of salt tolerance during seed germination and QTL mapping. At the end of the germination study, it was observed that the IBLs have some degree of salt tolerance. *L. esculentum* alleles provided improved total percent germination on salt, however, *L. pimpinellifolium* alleles provided an improved rate of germination on salt. Thus, different parameters of salt tolerance are controlled by different mechanisms during seed germination. *L. pennellii* LA716 introgression lines (ILs) generated by crossing *L. pennellii* (LA716) to *L. esculentum* cv. M82 were used to map antioxidant traits related to salt tolerance at the vegetative stage of tomato. Plants of cultivated tomato (M82) and 50 IL lines were grown in aerated Hoagland solution in the greenhouse. At the seven-true leaf stage salt treatment was started and was achieved with the gradual addition of NaCl to the nutrient solution until 150 mM NaCl was reached. Total antioxidant, phenolic and flavonoid contents; superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), ascorbate peroxidase and peroxidase activities; and mineral content (K, Na, Ca) were measured in the leaf tissues of these plants. In addition, physiological traits including plant height, stem diameter, leaf number, and dry and wet leaf and root weights were determined. For each of these characters, the ILs were compared with M82 and QTLs associated with these traits under control and salt conditions were mapped.

KEYWORDS: Salinity, tomato, inbred backcross lines, introgression lines, molecular genetic mapping, QTL analysis, SOD, CAT, AOX, APX, PX enzymes activities

1. Giriş

Toprak tuzluluğu tarımsal üretimi kısıtlayan önemli bir çevresel faktördür. Her yıl, önemli miktarlarda verimli tarım alanları toprak tuz seviyesindeki artıştan dolayı kaybedilmektedir. Bu problem sulama suyu ve bilinçsiz gübreleme ile toprağa daha çok tuz ilave edildiğinden giderek daha ciddi bir durum almaktadır. Aralarında domates bitkisinin de bulunduğu pek çok bitki türü orta ve yüksek düzeylerdeki toprak tuzluluğuna tolerant değildir. Bitki büyüme ve gelişmesi, tuzluluğun sebep olduğu; iyon zehirlenmesi, su potansiyelinin azalması, besin-iyon dengesizliği ve mineral madde alımında azalmalar nedeniyle olumsuz etkilenmektedir. Ayrıca, tuz stresi, membran lipidleri, DNA, proteinler ve diğer organik bileşiklere zararlı etkiler yaparak hücrenin normal metabolizmasını bozan ve hücreye zehir etkisi yapan toksik oksijen türevlerinin oluşmasına neden olmaktadır. Toprak tuzluluğuna karşı bazı bitkiler morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler düzeyde adaptasyon mekanizmaları geliştirmişlerdir. Adaptasyon mekanizmalarının anlaşılması gerek geleneksel ve gerekse biyoteknolojik yöntemlerle tuzluluğa dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. İnsan beslenmesinde önemli olan domates bitkisinin kültür formları tuza duyarlıdır. Buna karşılık bazı yabancı domates türleri tuz stresine toleranttır. Bu projede tuz stresinin, tuza tepkileri farklı yabancı domates türleri ile kültür çeşitlerinin büyüme özellikleri (bitki boyu, gövde çapı, yaprak sayısı ve ağırlığı), mineral içerikleri (Na, K ve Ca), toplam antioksidan kapasiteleri, süperoksit dismutaz, askorbat peroksidaz, katalaz ve glutatyon peroksidaz enzim aktiviteleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Tuza dayanıklılığın değişik komponentleri arasında korelasyonlar yapılmıştır. Ayrıca, elde edilen fizyolojik ve biyokimyasal parametrelerin moleküler düzeyde kontrolleri ortaya konmuş ve tuza dayanıklılık ile ilgili olan karakterleri kontrol eden genlerin domates genomundaki yerleri belirlenmiştir. Tuza tolerant domates çeşitleri tuzluluğun yüksek olduğu verimli araziler, deniz kenarları ve çölleşmiş araziler gibi marjinal olarak sınıflandırılan araziler ile yüksek tuz seviyeli sulama suyu olan araziler için çok değerlidir.

2. Genel Bilgiler

2.1. Tuzluluğun Tanımı

Tuzluluk tüm dünyada bitki büyüme ve verimliliğini sınırlandıran en önemli faktörlerden biridir. Yüksek tuz içeren topraklar bitkilerde verimlilik kaybına yada bitkinin ölümüne sebep olmaktadır. Yeryüzündeki su kaynaklarının 30 gr/L NaCl içerdiği göz önüne alındığında yeryüzünün tuzlu bir gezegen olduğu söylenebilir. Tuzluluk problemi yıllık %10 oranında artmaktadır (FLOWERS, 2004; FOOLAD, 2004).

Toprak tuzluluğu toprakta çözünebilir tuzların toplam miktarının bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Dört dSm⁻¹ üzerindeki doymuş toprak saturasyon ekstraktındaki elektrik iletkenliği olan topraklar tuzlu topraklar olarak isimlendirilmektedir (MARSCHNER ve TERMAAT, 1995). Toprak tuzluluğu düşük yağışlar, yüksek yüzey buharlaşması, doğal kayaların parçalanması, tuzlu su ile sulama, taze su kaynakları içerisinde tuzlu deniz sularının karışması ve kötü kültürel uygulamalar gibi bir çok sebepten dolayı artmakla birlikte, tarımı en çok yoğun sulamadan kaynaklanan tuz birikimi etkilemektedir (FOOLAD, 2004). Toprak buharlaşma ve terlemenin bir sonucu olarak öz suyunu kaybeder ve tuz içeriği bakımından zenginleşmektedir. Sulama yüksek miktarda çözünmüş madde konsantrasyonuna sahip su ile yapılırsa problem daha kötüye doğru gider. Bunun yanı sıra, nemlilik, sıcaklık, ışık ve toprak verimliliği gibi bir çok faktör tuzluluk ile ilişkilidir.

FAO Toprak ve Bitki Besleme İdaresine göre, dünya çapında 800 milyon hektarın üzerinde toprak tuzluluktan etkilenmektedir (MUNNS, 2005). Bu miktar dünya kara parçasının %6'sını oluşturmaktadır. Dünya'da tarım için mevcut 14 milyar ha arazi bulunmaktadır. Bu tarım alanları içerisinde 6.5 milyar ha kurak ve yarı kurak arazilerden oluşmaktadır. Bu arazilerin 1 milyar ha ise tuzlu topraklardan meydana gelmektedir. Toprak tuzluluğunun her geçen gün hızla artması nedeni ile 2050 yılına kadar yeryüzünde tarımsal faaliyetler için mevcut olan toprakların %50'sinin tuzluluktan dolayı kaybedileceği düşünülmektedir. Tuzluluk ürün verim ve kalitesini olumsuz etkileyen en önemli sınırlayıcı faktörlerden birisidir. Gıda temini dünya nüfusu için yeterli miktarda olmasına rağmen, günümüzde 800 milyondan fazla sayıda insan yetersiz beslenmektedir. Yapılan çalışmalarda 2050 insan nüfusunun yılında 9.3 milyara çıkacağını belirlenmesi, yakın bir gelecekte gıda temininde büyük problemlerle karşılaşılacağını düşündürmektedir (FLOWERS, 2004).

Tarımda yüksek tuzluluğun olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için yaygın olarak kullanılan iki yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerden ilki; sulama için yüksek kaliteli su kullanımınıdır. Bu yöntem uygulama maliyetlerinin yüksek olması ve büyük alanlarda uygulama zorluğundan dolayı çoğu zaman uygulamaya aktarılamamaktadır. İkinci yöntem ise yüksek tuzluluk seviyelerine dayanabilen ürünlerin geliştirilmesidir ve tuzlu topraklarda bitki yetiştirmek için en ümitvar yöntem olarak düşünülmüş ve ilk yöntem ile kombinasyon halinde uygulanabilmektedir (EPSTEIN ve ark., 1980).

2.2. Tuz Stresinin Bitkiler Üzerine Etkisi

Bitkiler hayatlarını devam ettirebilmek için mineral besinler (elementler) ve güneşten aldıkları enerjiye gereksinim duyarlar. Bu besin elementlerinden bazıları esasi mineral elementlerdir ve bitkilerin büyüme ve gelişmesi için mutlaka gerekli oldukları belirlenmiştir. Bu elementler enerji depolama, yapısal sağlamlık ve redoks reaksiyonlarındaki rolleri gibi biyolojik fonksiyonları bakımından önemlidir. Esasi elementler bitki yaşamının devamlılığı açısından mutlak gerekli olmasına rağmen özellikle tuz formunda olanlar toprakta fazla miktarda bulduklarında bitkiler için ölümcül olabilirler (XIONG ve ZHU, 2002). Bitkiler yetiştirme ortamlarında bulunan tuza verdikleri tepkilere göre iki gruba ayrılırlar (FLOWERS ve ark., 1977). Glikofitler yüksek tuzluluğa duyarlıdır. Halofitler tuzlu topraklara dayanıklıdır ve çok geniş bitki ailelerini içermektedir. Halofitler tuz stresine dayanıklı oldukları için tuz dayanıklılık mekanizmalarının belirlenmesi çalışmalarında çokça kullanılmıştır (FLOWERS, 2004).

Tuzlu topraklarda yüksek tuz konsantrasyonunun bir sonucu olarak, toprak su potansiyeli azalmakta ve bunun bir sonucu olarak ta bitkide su potansiyeli de düşmektedir (FLOWERS, 1986). Bitki hücresi içerisine sodyum iyonlarının girmesi ile bitki içerisindeki çözünür madde içeriği de değişmektedir. Bitki hücreleri içerisine Na^+ iyonlarının alınım mekanizması spesifik taşınım sistemlerinin eksikliğinden dolayı çok açık değildir. Toprak çözeltisindeki Na^+ iyonlarının miktarı kök hücrelerinin sitosollerindeki Na^+ iyonlarının miktarından çok daha fazla olduğu için Na^+ pasif taşınım yolu ile hücre içerisine girmektedir. Na^+ iyonlarının farklı katyon kanalları ile kök hücrelerine girdikleri rapor edilmiştir. Voltaja bağlı katyon kanalları ve voltaja bağlı olmayan katyon kanalları (VIC) iki ana kategori içerisinde gruplandırılırlar. VIC kanallarının Na^+ iyonlarının bitki hücrelerine taşınmalarındaki anayol oldukları düşünülmektedir (AMTMANN ve SANDERS, 1999; SCHACHTMAN ve LIU, 1999; TYEMAN ve SKERRETT, 1999; WHITE, 1999). VIC kanallarının moleküler mekanizmalarının henüz belli olmamasına rağmen, voltaja bağlı katyon kanallarının mekanizmaları kısmen de olsa gösterilmiştir. Potasyum kanallarının bitki kökleri içerisine Na^+ iyonlarının giriş yollarından birisi olduğu düşünülmektedir. Na^+ ve K^+ iyonları pozitif elektrik yüküne sahip oldukları için muhtemelen bu kanallar da NaCl 'yi taşımak için kullanılmaktadır (BLUMWALD ve ark., 2000).

Tuzluluğun bitkiler üzerinde dört farklı olumsuz etkisi bulunmaktadır. Bunlardan ilki osmotik strestir. Tuz stresi ortamdaki su potansiyelini değiştirir ve bu bitkilerde osmotik strese sebep olur. Yüksek tuzluluktan dolayı bitkiler turgorlarını kaybederler (XIONG ve ZHU, 2002). Tuzluluğun diğer bir olumsuz etkisi ise besin eksikliğidir. Toprakta su alımının azalmasının bir sonucu olarak, bitki büyümesi için gerekli olan fosfor, potasyum, nitrat ve kalsiyum gibi gerekli minerallerin bitkiye girişi de azalır (XIONG ve ZHU, 2002). İyon sitozehirlemesi tuzluluğun diğer bir zarar verici etkilerindendir. Na^+ , Cl^- ve SO_4^{2-} iyonlarının konsantrasyonlarındaki bozulmalar iyon zehirlenmesine sebep olurlar. Oksidatif stres tuzluluğun ikincil bir etkisi olarak oluşur ve hidrojen peroksit, hidroksil radikalleri ve süperoksit anyonları gibi reaktif oksijen türevlerinin oluşmasına neden olur. Aslında, reaktif oksijen türevlerinin oluşumu normal hücrel faaliyetlerin bir sonucudur. Ancak, bitkiler strese uğradıklarında, hücre içerisinde reaktif oksijen türevlerinin miktarı artmaktadır (XIONG ve ZHU, 2002).

Tuzluluk genellikle büyüme oranını etkiler ve bitkilerin yapraklarının daha küçük, boylarının daha kısa olması ve bazen daha az sayıda yaprak oluşturmaya neden olur. Osmotik stres düşük ve orta seviyedeki konsantrasyonlarda tuzluluğun ilk ve esas etkisini oluşturur (MUNNS ve TERMAAT, 1986; JOCOBY, 1994). Tuzluluk kök uzunluk ve yoğunluğunu azaltarak kök yapısını değiştirir ve böylece, kök daha ince yada kalın olur (SHANNON ve GRIEVE, 1999). Tuzluluğun osmotik etkileri büyüme oranını azaltır ve yaprak rengini ve ayrıca kök/sürgün ve olgunlaşma oranı gibi gelişme ile ilgili karakterleri değiştirir. Gelişmenin zamanlaması da tuzluluktan etkilenmektedir. Örneğin, soğan bitkisi tuz stresi altında daha erken çiçeklenirken domates bitkisinin çiçeklenmesi tuzluluk ile gecikmektedir (PASTEMAK ve ark., 1979). Bununla birlikte, tuzluluğun iyonik etkileri genellikle yaprak ve meristem zararı veya tipik besinsel bozukluk belirtileri şeklinde görülür. Yaprakların yanması tuzluluk ve besinsel bozuklukların neden olduğu etkilerdir (SHANNON ve GRIEVE, 1999). Genelde olumsuz etkilerine rağmen, tuzluluğun verim, kalite ve hastalıklara dayanıklılık bakımından iyi etkileri de olabilmektedir. Örneğin, OSAWA (1963) adlı araştırmacı ıspanak bitkisinde düşük ve orta derece tuzluluğun verim artışı üzerine olumlu etkisi olduğunu bildirmiştir. Ayrıca, yapılan başka bir çalışmada tuzlu ortamda havuç bitkisinin şeker ve nişasta içeriğinin artış gösterdiği rapor edilmiştir (BERNSTEIN, 1959).

2.3. Bitkilerde Tuz Stresine Dayanıklılık

Tuz dayanıklılığı bitkilerin tuzlu şartlar altında normal büyümelerini sürdürebilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Bitkilerde tuza dayanıklılık bitki türü gibi bir çok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Tuzlu şartlara gösterdikleri tepkiler ve dayanıklılık seviyesi bakımından bitkiler tuza duyarlı glikofitler ile tuza dayanıklı halofitler arasında yer almaktadır (VOLKMAR ve ark., 1998). Tarımsal öneme sahip çok sayıda bitki türü glikofit olup toprak tuzluluğuna duyarlıdır. Bu türler arasında tuza dayanıklılık derecelerinin (EC_e) ve verimde azalma oranlarının farklılıklar gösterdiği görülmüştür. Bu durumda tuza dayanıklılık mekanizmalarının değişiklik gösterdiğini ortaya koymuştur (CHINNUSAMY ve ZHU, 2005).

2.4. Tuza Dayanıklı Tarımsal Ürünlerin Geliştirilmesi

Toprak tuzluluğu tarımsal verimliliği kısıtlayan en önemli faktörlerden birisidir. Tuza dayanıklı ürün geliştirilmesi günümüzde gittikçe artan bir ihtiyaçtır ve bu konudaki araştırmalar yoğun bir şekilde devam etmektedir. Tuza dayanıklılık ıslahı için iki esas yaklaşım uygulanmaktadır. Bu yaklaşımlardan birisi; tuz stresi uygulanan şartlar altında doğrudan seleksiyonlar yaparak bireylerin tuza tepkileri bakımından karakterize edilmesi, kantitatif karakter lokus haritalaması ile tuza dayanıklılıkta rol oynayan genlerin belirlenmesi ve müteakip moleküler işaretleyiciye dayalı seleksiyonlar yaparak doğal genetik çeşitliliğin kullanımını esasına dayanmaktadır. Diğer yaklaşım ise transgenik bitkilerin geliştirilmesidir (YAMAGUCHI ve BLUMWALD, 2005). Günümüze kadar yapılan tuza dayanıklı ürün geliştirme çalışmaları, bitkilerde strese dayanıklılık mekanizmasının tam olarak anlaşılması nedeniyle hep sınırlı düzeyde kalmıştır. Bu nedenle literatürde tuza dayanıklı ürün geliştirilmesine yönelik sadece bir kaç başarılı örnek çalışma mevcuttur.

Karakterin fizyolojik ve genetik olarak kompleks bir yapıda olması bu zorluğun ana sebebidir (FOOLAD, 2004). Farklı tuz dayanıklılığına sahip olan bitkiler (halofitler) ve tuza duyarlı bitki türleri (glikofitler) tuza tepkinin genetik bir temeli olduğuna işaret etmektedir. Arpa, portakal, çeltik ve domates bitkileri ile yapılan çalışmalar

tuza dayanıklılığın bir çok genin rol oynadığı multigenik bir karakter olduğunu göstermektedir (FLOWERS, 2004). Bununla birlikte, bu genlerin fonksiyonları bir çok çevresel faktörlerden etkilenmektedir. Bitkilerde tuz dayanıklılığının diğer önemli bir özelliği de dayanıklılığın bitki gelişim dönemlerine göre değişmesidir. Örneğin, domates, arpa, mısır, çeltik ve buğday bitkilerinde tuza dayanıklılık bitkinin yaşı ile artış göstermektedir (FOOLAD, 2004). Domates (FOOLAD, 2004), arabidopsis (QUESADA ve ark., 2002) ve arpa (MANO ve TAKEDA, 1997) bitkilerinde tuza dayanıklılık için çimlenme ve gelişmenin erken dönemlerinde (genç sürgün) farklı kantitatif karakter lokusları belirlenmiştir.

Genetik transformasyonlar, işaretleyici haritalaması ve kantitatif karakter lokus analizleri bitki tuz dayanıklılığının genetik, fizyolojik ve biyokimyasal esaslarının daha iyi anlaşılmasını sağlamıştır. Bitkilerde tuza dayanıklılıkta organizmal veya hüresel seviyede önemli etkileri olan gen, enzim veya bileşiklerin belirlenmesi tuza dayanıklı bitkilerin geliştirilmesindeki işlemler için anahtar rol oynamaktadır (SHEN ve ark., 1997; WINICOV, 1998; APSE ve ark., 1999; GROVER ve ark., 1999). Moleküler işaretleyici teknolojisi farklı gelişme dönemlerinde bitki tuz dayanıklılığı üzerine önemli etkisi olan QTL'lerin belirlenmesi, karakterizasyonu ve kıyaslanmasında da oldukça etkili teknolojilerdir (ELLIS ve ark., 1997; FOOLAD ve LIN, 1998; FOOLAD ve LIN, 2001). Tuza dayanıklılık ile ilişkili QTL'lerin saptanması tuza dayanıklılığı bakımından farklılık gösteren iki anacın melezlenmesi ve bu melezlemelerden elde edilen döllerin genotipik ve fenotipik olarak analiz edilmesi ile mümkün olmuştur (FOOLAD, 2004). Genetik işaretleyiciler tuz dayanıklılığı gibi karmaşık karakterlerin genetik esaslarının daha iyi anlaşılmasına katkı sağlarlar ve ayrıca karakteri kontrol eden QTL'lerin etkili bir şekilde seleksiyonlarına imkan sağlarlar. Moleküler işaretleyici teknolojisinin keşfi ile, kantitatif karakter lokuslarının bireysel ve interaktif etkileri, sayıları ve kromozom lokasyonları belirlenmektedir. İşaretleyiciye dayalı seleksiyon olarak bilinen işlem faydalı kantitatif karakter lokuslarının istenilen elit hatlara muteakip aktarılmasına izin vermektedir. Bununla birlikte, tuz dayanıklılığı üzerine önemli etkileri olan kantitatif karakter lokuslarının belirlenmesi bitki tuz dayanıklılığının genetik esaslarının anlaşılmasında önemlidir.

Tuz stresine bitkilerin tepkisi çok sayıda gen tarafından kontrol edilmekte ve bu genlerin fonksiyonları bitkilerde birçok biyokimyasal ve fizyolojik değişikliklere sebep olmaktadır. Toksik iyonların vokuoller içerisine alınarak etkisiz hale getirilmesi iyon zehirlenmesini etkisiz hale getiren enzimlerin aktivasyonu, geç embriyogenez proteinlerinin sentezlenmesi ve çeşitli çözülmüş maddelerin birikimi bu genlerin rollerinden bazılarıdır. Tuz dayanıklılığına bitki tepkisinin poligenik yapıda olması konvensiyonel bitki ıslahı veya işaretleyiciye dayalı seleksiyon yöntemleriyle bu genlerin aktarılmasını zorlaştırmaktadır. Transgenik yaklaşım tuz stresine dayanıklı genetik olarak değiştirilmiş bitkilerin elde edilmesinde uygulanmıştır. Fizyolojik mekanizmalar ile ilişkili dayanıklılıkta yeralan genlerin aşırı ifadesi bu karakter için genetik mühendisliğinde kullanılan ana yaklaşımdır (BAJAJ ve ark., 1999; SERRANO ve ark., 1999; RONTEIN ve ark., 2002). Bitkiler köklerinin bulunduğu ortamda meydana gelen basınç değişikliklerine osmotik uyum yolu ile karşılık verirler. Osmotik uyum: tuzluluk, kuraklık ve su eksikliği gibi stres koşullarına karşı iyonların, serbest amino asitlerin ve çözünebilir şekerlerin birikimi ile osmotik potansiyelin düşürülmesidir. Osmotik uyumlu bileşikler osmotik denge sağlarlar ve bu bileşikler bitki tuz dayanıklılık ıslahında yardımcı olurlar (RATHINASABAPATHI, 2000; RONTEIN ve ark., 2002). Son yıllarda osmotik uyum sağlayan bileşiklerin sentezinde rol oynayan enzimleri kodlayan genler ile

yapılan çalışmalarda bu bileşiklerin sentezinin artırılması için çalışmalar yapılmaktadır. Örneğin, THOMAS ve ark., (1995) mannitol; LILIUS ve ark., (1996) glisin betain; ZHU ve ark., (1997) prolin ve GALSTON ve ark., (1997) poliaminler üzerinde çalışmışlardır. Hücre sitoplazmasından toksik iyonların çıkarılmasını sağlayan farklı vokuol antiport proteinlerinin aşırı ifadesi çalışılmış ve stres toleransı iyileştirilmiş transgenik bitkiler üretilmiştir (APSE ve ark., 1999; SERRANO ve ark., 1999; ZHANG ve BLUMWALD, 2001; ZHANG ve ark., 2001). Bunun yanı sıra, oksidatif stresin zararlı etkilerini azaltan toksik etkiyi ortadan kaldıran enzimler çalışılmış ve transgenik bitkiler üretilmiştir (TANAKA ve ark., 1999). Transgenik yaklaşım hem tuza dayanıklı bitkilerin üretilmesinde ve hem de tuza dayanıklılık mekanizmasının daha iyi anlaşılmasında önemlidir (FOOLAD, 2004). Na^+/H^+ antiport proteinlerini aşırı ifade eden transgenik domates bitkileri geliştirilmiştir. Bu çalışmada, *Arabidopsis thaliana* bitkisinden Na^+/H^+ antiport proteinini kodlayan *AtNHX1* geni izole edilmiş ve domates bitkisine aktarılmıştır (ZHANG ve BLUMWALD, 2001).

2.5. Domates ve Tuzluluk

Kültür domatesi, *Lycopersicon esculentum* Mill., Solanaceae ailesi içerisinde yer alan ve çok geniş bir coğrafyaya yayılmış tek yıllık bir sebze türüdür. Yüksek besin değerine sahip olan domates, C vitamini, likopen ve farklı fenolik bileşikler bakımından oldukça zengindir ve bu nedenle kanser riskini azalttığı bildirilmiştir (SCALFI ve ark., 2000). Yabani ve kültür domatesleri arasında melezleme yapmak oldukça kolaydır ve domatesin yabani akrabaları zengin germplazm havuzu sağladıkları için, domates ıslah çalışmaları içinde çok değerli bir model sistemdir. Domates oldukça geniş bir coğrafya üzerinde yetiştirilmekle birlikte, üretimi Akdeniz, Güney ve Doğu Amerika ve Meksika'da yoğunlaşmıştır (FOOLAD, 2004). Domates çoğu ürünler gibi orta seviye tuzluluğa duyarlıdır ve üretimi toprak ve sulama suyundaki yüksek tuzluluk düzeyi nedeniyle sınırlanmıştır. Tohum çimlenmesi, vejetatif büyüme ve üreme dönemlerini kapsayan bitki gelişiminin bütün evreleri tuz stresine duyarlılık göstermekte ve ekonomik verim tuz stresi altında azalmaktadır (JONES ve ark., 1988; MAAS 1986; BOLARIN ve ark., 1993). Rick (1979) tuza dayanıklılık ıslahı için faydalı genlerin potansiyel kaynağının yabani türlerde mevcut olduğunu ancak kültür çeşitlerinin tuz dayanıklılığı için çok sınırlı düzeyde varyasyon gösterdiklerini rapor etmiştir. Domates bitkisinde tuz dayanıklılığı için gen kaynaklarını belirleyen ilk araştırmacı olan LYON (1941), *L. pimpinellifolium* (Jusl.) Mill. bitkisinden belirlediği genleri aktararak elde ettiği yeni domates bitkilerinin tuza dayanıklı olmasını sağlamıştır. Domates bitkisinde tuz dayanıklılığı bitkinin gelişme evrelerine bağlı olarak değişim göstermektedir ve tuz dayanıklılığı bitkinin yaşı ile artmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, tuz dayanıklılığı çimlenme ve çıkış, genç fide ve büyüme, vejetatif büyüme ve üreme dönemleri için ayrı ayrı çalışılmalıdır. Ayrıca, bu devrelerin her biri tuz dayanıklılığı çalışmaları için farklı bir testleme işlemine gereksinim duymaktadır (FOOLAD ve LIN 1997a).

Tuz toleransını etkileyen QTL'lerin sayılarını, genomik lokasyonlarını ve bireysel etkilerini belirlemek için çok kantitatif karakter lokus çalışması yürütülmekle birlikte BRETO ve ark., (1994) tarafından yapılan araştırma tuz dayanıklılık analizleri için ilk çalışma özelliğindedir. Bu çalışmada, kültür domatesi, *L. esculentum*, ile yabani domates türü, *L. pimpinellifolium*, arasında yapılan bir melezlemeden geliştirilmiş bir populasyon kullanılmış ve tuzlu şartlar altında meyve verimi için kantitatif karakter lokusları bulunmuştur. Bu çalışlardan sonra, FOOLAD ve ark., (1999) ve MONFORTE ve ark., (1997) tarafından verim karakterleri ile ilişkili bu tip

kantitatif karakter lokuslarının farklı çevresel koşullardan etkilendikleri gösterilmiştir. FOOLAD ve ark., (1997b) domates bitkisinde tohum çimlenmesi sırasında tuz toleransı ile ilişkili kantitatif karakter lokuslarının haritalanması üzerinde yaptıkları çalışmada, *L. esculentum* (tuza duyarlı) ve *L. pennellii* (tuza dayanıklı) melezeninden türetilen bir F₂ populasyonunun tuz stresine çimlenme tepkisini testlemiştir. 1, 3, 9 ve 12. kromozomlar üzerinde tuza dayanıklı anacın arzu edilen allelerini taşıyan tuza dayanıklı kantitatif karakter lokuslarını içerdiği rapor edilmiştir. Aynı şekilde, 2, 7 ve 8. kromozomlar üzerinde tuza duyarlı anacın arzu edilen allellerini taşıyan kantitatif karakter lokusları belirlenmiştir. Domates bitkisinde vejetatif ve generatif devrelerde tuz dayanıklılığı için kantitatif karakter lokuslarını haritalamak için değişik dayanıklılık ile ilişkili parametreler kullanılmıştır. Örneğin, hayatta kalabilme oranı parametresi kullanılarak, tuza duyarlı ve dayanıklı ebeveynler arasında yapılan melezelemeden geliştirilen ve havalandırılmış hidrofonic sistem içerisinde denenen bir BC₁F₁ populasyonunda tuz dayanıklılığı için beş kantitatif karakter lokusu belirlenmiştir (FOOLAD ve CHEN 1999).

Bu çalışmanın esas amacı farklı çeşitler ve yabancı domates türleri arasında tuz toleransını morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal parametreler kullanarak belirlemek ve domates bitkisinin çimlenme ve vejetatif devrelerinde tuz dayanıklılık mekanizmaları ile ilişkili genleri haritalamaktır.

3. Gereç ve Yöntem

3.1. Bitkisel Materyal

Çimlenme döneminde tuza dayanıklılık için yapılan ön çalışmalarda, farklı tuz konsantrasyonlarında bir çok domates genotipi ile denemeler yapılmıştır. Bu hatlar arasında *L. esculentum* cv. SC2121, *L. esculentum* cv. M82, *L. esculentum* var. *cerasiforme* LA1310, *L. esculentum* cv. E6203, *L. pimpinellifolium* L3708, *L. peruvianum* LA2744, *L. peruvianum* LA2172, *L. peruvianum* LA1278, *L. pennellii* LA716 ve *L. hirsutum* LA1223 gibi kültür çeşitleri ve yabancı domates türlerine ait tohum örnekleri yer almıştır. Tohumlar Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü – İzmir ve TGRC – Davis, USA'den temin edilmiştir.

Çimlenme döneminde tuz toleransı ile ilişkili olan kantitatif karakter lokuslarının belirlenmesi için safdöl geri melez (IBL = Inbred Backcross Lines) populasyonları kullanılmıştır. Bu populasyon yabancı bir domates türü olan *L. pimpinellifolium* LA1589 ile *L. esculentum* cv. TA496 arasında yapılan melezelemeden geliştirilmiştir. Elde edilen F₁ çalışmada tekrarlanan anaç olarak kullanılan TA496 ile geriye mezezenerek BC₁F₁ generasyonu elde edilmiştir. Bu generasyonda populasyon *SP* lokusu ile bağlantılı olan işaretleyici kullanılarak *sp* genotipinde olan bireyler işaretleyiciye dayalı seleksiyon (MAS) ile seçilmiştir. Bu ön seleksiyon işleminin amacı bitkilerin yer (determinate) tipi olmalarını sağlamaktır. *sp* genotipine sahip BC₁F₁ bitkileri tekrarlanan anaçla geriye mezezenerek BC₂F₁ generasyonu oluşturulmuştur. İki generasyon geriye mezeleme yapmanın amacı TA496 genomu geri kazanmaktır. Her bir hatı homozigotlaştırmak için altı generasyon kendilenmiştir. Böylece BC₂F₆ gibi büyük oranda lokusları fikslenmiş ve *esculentum*a benzeyen safdöl geri melez hatları (inbred backcross lines) elde edilmiştir (DOGANLAR ve ark., 2002).

Vejetatif dönemde tuz toleransı ile ilişkili olan kantitatif karakter lokuslarının belirlenmesi için yabancı bir domates türü olan *L. pennellii* bitkisinden geliştirilmiş introgresiyon hatları (ILs) kullanılmıştır. Bu hatlar *L. pennellii* LA716 ile *L. esculentum* cv. M82 bitkileri arasında yapılan melezleme çalışmalarından geliştirilmiştir (ESHED ve ZAMIR, 1995). Bu bir grup *L. pennellii* IL hattı *L. esculentum* M82 genetik yapısında yabancı türün bütün genomunu kapsamakta ve her bir IL hattı yabancı türün değişik kromozom bölgelerini kapsayan tek bir introgresiyonu içermektedir. Bu fiks populasyon her bir hatta yabancı türden tek bir introgresiyon DNA parçasına sahip olduğu için kantitatif karakter lokusu analizleri için idealdir.

3.2. Tuz Testlemeleri

3.2.1. Besi Ortamı Tuz Testlemeleri

Çimlenme döneminde bazı domates hatlarının tuza dayanıklılıklarını belirlemek için farklı tuz konsantrasyonlarında tuz içeren besi ortamları hazırlanmıştır. Bu amaç için iki farklı besi ortamı yapılmış, sterilize edilmiş ve 100 x 15 mm'lik petrilere dökülmüştür. Her iki besi ortamında %0.8 agar ve biri diğerinden farklı olarak 17.5 mM CaCl₂ içermektedir. Tuz içeren besi ortamı farklı konsantrasyonlarından (100 mM, 125 mM, 150 mM ve 17.5 mM NaCl; %0.8 agar; 17.5 mM CaCl₂) oluşmaktadır. Her bir deneme birbirini takip eden 30 gün süresince yürütülmüştür. Petriler karanlıkta ve 20°C'ye ayarlanmış etüvde muhafaza edilmiştir. Tohumların çimlenme hızı her güne ait çimlenen tohum sayısının belirlenmesi esasına dayanılarak tespit edilmiştir. Her güne ait yüzde çimlenme oranı ve son çimlenme yüzdesi kullanılarak grafikler çizilmiştir.

IBL'lerin tuzluluğa tepkisi farklı tuz konsantrasyonlarında (100 mM, 125 mM ve 150 mM) ve kontrol koşullarında test edilmiştir. Her bir IBL hattına ve ana babaya ait 50 adet tohum 2 dakika süreyle etanol ile yıkanarak ve takiben 10 dakika süreyle %10 Domestos ve %0.1 Tween-20 ile yüzey sterilizasyon işlemine tabi tutulmuşlardır. Tohumlar daha sonra 3 kez sterile su ile yıkanmıştır. Her bir IBL hattına ve ebeveynlere ait 25 adet tohum steril koşullarda NaCl içeren ve kontrol olmak üzere iki farklı ortama ekilmiştir ve petriler 20°C'ye ayarlanmış etüvde karanlıkta 30 gün süreyle tutulmuştur. Tohumların çimlenme hızı her güne ait çimlenen tohum sayısının belirlenmesi esasına dayanılarak tespit edilmiştir. Toplanan veri her bir hattın ve ana babanın tuz stresine cevabını belirlemek için değerlendirilen çeşitli parametrelerin hesaplanmasında kullanılmıştır. Her bir hatta ait tuz ve kontrol denemelerinin her ikisi içinde hesaplanan yüzde çimlenme değeri kullanılan parametrelerden biridir. Çimlenme yüzdesindeki farklılık her bir hat için [(tuz % çimlenme / kontrol % çimlenme) X 100] formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Bu hesaplama kontrol koşullarında %100 çimlenme göstermeyen hatların doğrulama işlemi sağlamaktadır. Çalışmada, tuz stresinin neden olduğu çimlenmedeki gecikme ile tuz ve kontrol koşullarında her bir hatta ait çimlenmenin sağlanması için geçen toplam gün sayısı da belirlenmiştir. Bir diğer parametrede tohumların %50'nin çimlenmesi için geçen gün sayısının tespit edilmesidir. Çimlenme testlemede kullanılan 100 mM ve 125 mM NaCl konsantrasyonlarına ait testlemeler bir kez, 150 mM NaCl konsantrasyonuna ait testleme ise 2 kez yapılmıştır.

3.2.2. Hidrofonik (Su Kültürü) Tuz Testlemeleri

Fide dönemi tuz testlemeleri Mersin Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü'nde sıcaklık ve gölgelendirmenin kontrol edildiği, nemin ise kısmen kontrol edildiği bir cam sera içerisinde yapılmıştır. Sistemin

çalışıp çalışmadığının kontrol edilmesi için ise üç değişik domates çeşidine ait tohumlardan fideler yetiştirilmiştir. Yetiştirilen fideler farklı su kültürü ortamlarında yetiştirilmiş ve domates için en uygun su kültürü ortamı belirlenmiştir. Su kültürü ortamında tuz testlemeleri için domates tohumları 0.4 EC değerine sahip peat içerisinde çimlendirilmiş ve iki gerçek yapraklı döneme gelen 15 günlük fideler su kültürü ortamına iç yüzeyleri köpük ile kaplanmış 4 L'lik plastik saksılara aktarılmışlardır. Su kültür çözeltisinin bileşimi 3×10^3 M $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 1×10^3 M K_2SO_4 , 1×10^3 M MgSO_4 , 0.2×10^3 M KH_2PO_4 , 1×10^5 M H_3BO_3 , 1×10^6 M MnSO_4 , 1×10^7 M CuSO_4 , 1×10^8 M $(\text{NH}_4)_6\text{MgO}_7\text{O}_{24}$, 1×10^6 M ZnSO_4 ve 1×10^4 M Fe EDTA içerecek şekilde hazırlanmıştır. Bitkiler su kültür ortamına aktarıldıkları gün, kültür çözeltisi yoğunluğu yukarıdaki seviyeden %10 daha az seviyede tutulmuş ve çözelti yoğunluğu istenilen yoğunluğuna bir hafta içerisinde ulaştırılmıştır. Bitkiler, yedi gerçek yapraklı devreye geldiklerinde tuz uygulaması başlatılmış ve su kültürü ortamı tuz stresi uygulaması başlatıldığından itibaren her yedi günde bir yenilenmiştir.. Tuz uygulaması kültür çözeltisi içerisinde belirli miktarlarda ve sürekli NaCl eklenmesi şeklinde yapılmıştır. İlk tuz uygulamasına 25 mM ile başlanmış ve her gün sistem içerisine ilave 25 mM NaCl eklenerek toplam 150 mM NaCl seviyesine (elektrik iletkenliği 15.45 dS/m) ulaşılmıştır (kontrol kültür çözeltilerinin elektrik iletkenliği 1.30 dS/m dir). Bitkiler 150 mM tuz içeren kültür ortamında 15 gün daha büyütülmüştür ve bu sürenin sonunda tüm analizlerin (SOD, KAT, APX, GPX enzim aktiviteleri, fenolik, flavonoid ve toplam antioksidan madde içerikleri) yapılması için tuz içeren kültür çözeltileri içerisinde yetiştirilen her bitkiye ait yapraklardan yeterli miktarda örnek alınarak sıvı azot içerisinde dondurulmuş ve İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Laboratuvarlarında analizler yapılmaya kadar -80 ± 0.5 °C de derin dondurucuda saklanmıştır. Ayrıca, tuz uygulamasından sonra bitkilerin boyu ve gövde çapı ölçülmüş, yaprak sayısı tespit edilmiş, kök ve yaprak yaş ve kuru ağırlıkları bulunmuş, yaprak ve köklerde makro element analizleri (Ca, K, Na) CHAPMAN ve PRATT (1961) tarafından verilen yöntemle yapılmıştır. Fizyolojik (bitki boyu, gövde çapı, Ca, K ve Na içeriği vb.) ve biyokimyasal analizler sonucunda elde edilen IL hatlarına ait değerler, M82 genotipi için elde edilen değerlerle kıyaslanmış, tuz ve kontrol koşullarındaki bu karakterler ile ilişkili QTL'ler haritalanmıştır.

3.3. Biyokimyasal Analizler

3.3.1. Enzim Aktivitesinin Belirlenmesinde Kullanılacak Ekstraktın Hazırlanması

Kontrol ve tuz uygulanmış bitki yaprak dokularında antioksidan enzim aktivitesini belirlemek üzere 1 gram domates yaprağı dokusu 0.1 g PVP içeren 20 ml 100 mM soğuk Na-fosfat tamponu (pH 6.8) içerisinde 2 dakika süre ile Waring blender kullanılarak homojenize edilmiştir. Homojenize edilen yapraklardan elde edilen bitki ekstraktı tülbentten süzülümüş ve 20 dakika süre ile $+4$ °C'de, 35.000 g'de santrifüj edilmiştir. Elde edilen süpernatant bir tüp içerisinde toplanmış ve analizlerde kullanılana kadar geçen kısa süre içerisinde buz banyosunda muhafaza edilmiştir. Enzim aktiviteleri spektrofotometrik olarak ölçülmüştür.

3.3.2. SOD Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi

Kontrol ve tuz uygulanmış bitki yaprak dokularında süperoksit dismutaz enzim aktivitesi GIANNOPILITIS ve RIES (1997) tarafından verilmiş olan yöntemle ve 25 °C sabit sıcaklıkta belirlenmiştir. Bu yöntem ekstraktta bulunan antioksidant enzimin reaksiyon karışımındaki oksidasyonu yavaşlatması ve nitro blue tetrazolium boyasının (NBT) fotokimyasal indirgenmesini engelleme kapasitesinin ölçülmesi esasına dayanmaktadır.

Ölçümlerde kullanılan reaksiyon karışımı sırasıyla 1.9 ml, 10 mM Na-fosfat tamponu (pH 6.8), 0.3 ml 75 µM NBT, 0.2 ml 0.1 µM EDTA, 0.2 ml 13 mM metiyonin, 0.2 ml 2 µM riboflavin ve 0.2 ml enzim ekstraktından oluşturulmuştur. Kontrol olarak enzim yerine destile su kullanılmıştır. Reaksiyon karışımı karıştırıldıktan sonra 10 dakika boyunca fotoindirgenmeyi sağlamak amacıyla 15 W'lık floresans bir lamba ile aydınlatılan 25°C'de çalışan bir inkübatör içerisinde bekletilmiş ve başlangıç ve 10 dakika sonundaki absorbans değerleri 560 nm'de belirlenmiştir. Bir ünite SOD aktivitesi 1 dakika içerisinde NBT indirgenmesini %50 oranında azaltan enzim aktivitesini göstermektedir. SOD aktivitesi sonuçları U/g taze yaprak olarak verilmiştir.

3.3.3. KAT Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi

Kontrol ve tuz uygulanmış bitki yaprak dokularında katalaz enzim aktivitesi LESTER ve ark., (2004) tarafından verilmiş yöntem kullanılarak 30 °C sabit sıcaklıkta ölçülmüştür. Bu yöntem hidrojen peroksitin katalaz enzimi etkisi ile su ve oksijene parçalanması sonucunda 240 nm dalga boyunda meydana gelen absorbans düşüşünün spektrofotometrede izlenmesi esasına dayanmaktadır. Aktivite ölçümlerinde kullanılan reaksiyon karışımı önceden 30°C'e getirilmiş 2.65 ml 10 mM Na-fosfat tamponu (pH 6.8), türündeki aktiviteye göre 0.05 ile 0.2 ml arasında değişen miktarlarda enzim ekstraktı (reaksiyon karışımı son hacmi tampon miktarı değiştirilerek her zaman 3 ml olarak tutulmuştur) ve 0.3 ml 50 mM H₂O₂ çözeltisinden oluşturulmuştur. Enzim aktivitesi ölçülen absorbans değerlerinin süreye karşı işlenmesiyle elde edilen kurvenin başlangıç doğrusal kısmının eğiminden hesaplanmış ve U/g taze yaprak olarak verilmiştir. Ünite 1 dakika içerisinde meydana gelen 0.001 absorbans azalışı olarak hesaplanmıştır.

3.3.4. Askorbat Peroksidaz Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi

Kontrol ve tuz uygulanmış bitki yaprak dokularında askorbat peroksidad **enzim** aktivitesi LESTER ve ark., (2004) tarafından verilen yöntem kullanılarak spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Bu yöntem hidrojen peroksit ve askorbik asit varlığında enzimin çalışması ve 290 nm dalga boyunda ve 30 °C sabit sıcaklıkta neden olduğu absorbans azalış hızının belirlenmesi esasına dayanmaktadır. Aktivite ölçümünde kullanılmış olan reaksiyon karışımı 2.7 ml önceden 30°C'e getirilmiş 10 mM Na-fosfat tamponu (pH 6.8), 0.1 ml 0.1mM EDTA, 0.05 ml 0.65 mM askorbik asit, türündeki aktiviteye göre 0.05 ile 0.15 ml arasında değişen miktarlarda enzim ekstraktı (reaksiyon karışımı son hacmi tampon miktarı değiştirilerek her zaman 3 ml olarak tutulmuştur) ve 0.05 ml 1 mM H₂O₂'den oluşturulmuştur. Enzim aktivitesi ölçülen absorbans değerlerinin süreye karşı işlenmesiyle elde edilen kurvenin başlangıç doğrusal kısmının eğiminden hesaplanmıştır. Ünite 1 dakika içerisinde meydana gelen 0.001 absorbans azalışı olarak hesaplanmıştır.

3.3.5. Peroksidaz Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi

Kontrol ve tuz uygulanmış bitki yaprak dokularında peroksidad enzim aktivitesi enzimin guaiacol substratını H₂O₂ varlığında okside etmesi ve oluşan koyu esmer renkli pigmentlerin 470 nm ve 30 °C sabit sıcaklıkta neden olduğu absorbans artışının görüntülenmesi yoluyla belirlenmiştir. Aktivite ölçümünde kullanılan reaksiyon karışımı önceden 30°C'e getirilmiş 2.7 ml 10 mM Na-fosfat tamponu (pH 6.8), 0.1 ml enzim, 0.1 ml 10 mM guaiacol ve 0.1 ml 10 mM H₂O₂'den oluşturulmuştur. Enzim aktivitesi ölçülen absorbans değerlerinin süreye

karşı işlenmesiyle elde edilen kurvenin başlangıç doğrusal kısmının eğiminden hesaplanmıştır. Unite 1 dakika içerisinde meydana gelen 0.001 absorbans artışı olarak hesaplanmıştır.

3.3.6. Antioksidan Kapasitenin Belirlenmesi

Kontrol ve tuz uygulanmış bitki yaprak dokularında toplam antioksidan kapasitesini belirlemek için 1 g domates yaprak dokusu (-80°C'de depolanan) Waring Blenderda 20 ml soğuk su ile 2 dakika homojenize edilmiştir. Homojenize edilen yapraklardan elde edilen bitki ekstraktı tülbentten süzölmüş ve 20 dakika +4°C'de, 35.000 x g'de santrifüj edilmiştir. Bu şekilde elde edilen ekstrakt antioksidant aktivite miktarlarının tayininde kullanılmıştır. Elde edilen ekstraktın antioksidant kapasitesi RE ve ark.(1999) tarafından verilen yöntem kullanılarak belirlenmiştir. Bu yöntemin esası potasyum persülfatla okside edilerek pH 7.4 PBS (phosphate buffer saline) içerisinde hazırlanmış olan koyu mavi renkli ABTS [2,2'-azinobis-(3-ethyl-benzothiazoline-6-sulfonic acid)] radikalının örnek tarafından belli süre içerisindeki indirgenme düzeyinin belirlenmesine dayanmaktadır. İndirgenen ABTS serbest radikali maviden renksiz forma dönüşmekte ve indirgenme düzeyi 734 nm'deki absorbans değerine göre belirlenmektedir. Reaksiyon karışımları 2 mL başlangıç absorbans değeri 0.7 olacak şekilde PBS ile seyreltilmiş ABTS çözeltisi ve 7.5, 15 veya 20 µL örnek karıştırılarak hazırlanmıştır. İnhibisyon testi 6 dakika boyunca sürdürölmüş ve farklı süreler sonunda ulaşılan inhibisyon değerlerinden AUC değeri belirlenmiştir. Standart olarak Troloks kullanılmış ve sonuçlar µM Troloks/g taze yaprak olarak verilmiştir.

3.3.7. Toplam Fenolik Madde Miktarının Belirlenmesi

Kontrol ve tuz uygulanmış bitki yaprak dokularında toplam fenolik madde miktarını belirlemek için, 1 g domates yaprak dokusu (-80°C'de depolanan) Waring blenderda 20 ml soğuk su ile 2 dakika homojenize edilmiştir. Homojenize edilen yapraklardan elde edilen bitki ekstraktı tülbentten süzölmüş ve 20 dakika +4°C'de, 35.000 x g'de santrifüj edilmiştir. Bu şekilde elde edilen ekstrakt fenolik madde miktarlarının tayininde kullanılmıştır. Toplam fenolik madde tayininde antioksidant kapasitenin belirlenmesinde kullanılan ekstrakttan faydalanılmıştır. Yöntem olarak SINGLETON ve ROSSI (1965) tarafından geliştirilmiş Folin-Ciocalteu reaktifi kullanılan spektrofotometrik yöntem kullanılmıştır. Absorbans ölçümleri 765nm'de gerçekleştirilmiş, standart kurvenin hazırlanmasında gallic asit kullanılmıştır. Sonuçlar µg gallik asit/g taze yaprak olarak verilmiştir. Ölçümler sırasında 2 ml örnek 10 ml Folin-Chiocalteu (1/10 oranında seyreltilmiş) reaktifi ile karıştırılmış ve 3 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Ardından ortama 8 ml % 7.5'lik Na₂CO₃ çözeltisi eklenmiş ve örnek karanlıkta 2 saat bekletilerek 765 nm 'deki absorbansı belirlenmiştir.

3.3.8. Flavanoid Miktarının Tayini

Kontrol ve tuz uygulanmış bitki yaprak dokularında flavonoid madde miktarını belirlemek için, 1 g domates yaprağı (-80°C'de depolanan) Waring blenderda 20 ml soğuk su ile 2 dakika homojenize edilmiştir. Homojenize edilen yapraklardan elde edilen bitki ekstraktı tülbentten süzölmüş ve 20 dakika +4°C'de, 35.000 x g'de santrifüj edilmiştir. Bu şekilde elde edilen ekstrakt flavanoid madde miktarının tayininde kullanılmıştır.

Flavanoid miktarının belirlenmesinde LEE ve ark., (2003) tarafından verilmiş spektrofotometrik yöntem kullanılmıştır. Standart olarak epikateşin kullanılmış ve sonuçlar μg epikateşin/g taze yaprak olarak verilmiştir. Deney sırasında 1250 μL örnek 75 μL %5 NaNO_2 ile karıştırılmış ve karanlıkta 5 dakika bekletilmiştir. Ardından bu karışımın üzerine 75 μL % 10 AlCl_3 ilave edilmiş ve 1 dakika daha beklenmiştir. Son olarak karışım üzerine 0.5 ml 1M NaOH ve 0.6 ml destile su ilave edilmiş oluşan rengin şiddeti 510nm'de belirlenmiştir.

3.4. Genetik Analizler

IBL popülasyonunda yapılan genetik analizler için genotipik veriler DOĞANLAR ve ark., (2002) tarafından sağlanmıştır. QTL analizleri için 127 RFLP işaretleyicisine ait genotipik veriler kullanılmıştır. Genetik haritalar LANDERS ve ark., (1987) tarafından geliştirilen Mapmaker programı kullanılarak oluşturulmuştur. Kantitatif karakter lokus (QTL) analizlerinde NELSON (1997) tarafından geliştirilmiş Qgene programı kullanılmıştır. QTL belirlenmesi için istatistiki sınır olarak $P \leq 0.01$ değeri alınmıştır. R^2 değeri her bir QTL lokusunun toplam fenotipe olan etkisini göstermektedir. AA; her bir işaretleyicideki *L. esculentum* allelleri için homozigot olan bireylerin ortalama değerlerini vermektedir. aa; her bir işaretleyicideki *L. pimpinellifolium* allelleri için homozigot olan bireylerin ortalama değerlerini vermektedir.

IL domates hatlarındaki SOD, CAT, APX and PX enzim analizlerini yapmak için, 2 çeşit hesaplama yapılmıştır. İlk hesaplama için, kontrol koşullarındaki her bir IL'in enzim aktivitesi yine kontrol koşullarındaki M82'ninki ile karşılaştırılmıştır. Bu özellik için kullanılan formül; IL hatlarına ait kontrol koşullarındaki enzim aktivitesi M82'ninkine bölünmüş ve bu değer 100 ile çarpılmıştır. Bu yolla kontrol koşullarındaki IL hatlarının enzim aktivitesi, yüzde M82 enzim aktivitesi olarak ifade edilmiştir. İkinci hesaplama için ise, tuz koşullarındaki IL enzim aktivitesi yine tuz koşullarındaki M82 genotipinin enzim aktivitesi ile karşılaştırılmıştır. Kontrol koşullarında IL hatlarının enzim aktivitelerini M82 enzim aktivitesi şeklinde ifade etmekte kullanılan formül, aynen tuz stresi altında yetiştirilen domates hatları içinde kullanılmıştır. Elde edilen değerler ile her bir enzim için kontrol ve tuz koşullarını ayrı ayrı kapsayacak şekilde grafikler çizilmiştir. Tuza dayanıklılık ile ilgili olan QTL'ler bu grafikler yardımı ile tespit edilmiştir. Grafikte gözlemlenen M82'den %30 değerindeki artış tuza tolerans ile ilgili QTL'lerin varlığının ifadesinde esas alınmıştır.

4. Bulgular ve Tartışma

4.1. Tuza Dayanıklılık İçin Yapılan Ön Çalışmalar

Tuz stresi çimlenme denemelerinde kullanılacak optimum şartları ve parametreleri belirlemek için ön çalışmalar gerçekleştirilmiştir. İlk olarak, *Lycopersicon esculentum* cv. M82 çeşidinin kontrol olarak kullanıldığı çalışmada, bu çeşidin sadece kontrol (su + agar içeren) besi ortamı ve CaCl_2 (17.5 mM) içeren ve içermeyen iki değişik seviyede (100 ve 17.5 mM NaCl) tuz içeren besi ortamlarındaki çimlenme tepkimesi test edilmiştir. Benzeri uygulamalar tuza dayanıklı olarak bilinen yabancı domates türü *Lycopersicon pennellii* LA716'nin tuza tepkimesini belirlemek içinde uygulanmıştır. Fakat, tohum azlığından dolayı, sadece bir tuz stresi uygulaması (175 mM + CaCl_2) bu tür için kullanılmıştır. Tuz uygulamalarına CaCl_2 eklenmesi daha önceki yapılan

çalışmaya göre yapılmıştır (FOOLAD ve ark., 1997). Bu deneme için her bir hattan 10 tohum değişik tuz uygulamaları içeren besi ortamlarına ekilmiştir. Her uygulama için iki petri kabı hazırlanmıştır (toplam 20 tohum / uygulama). Çimlenme bir ay boyunca günlük olarak izlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçları Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu verilerden bir kaç sonuç çıkarılmıştır: (1) beklenildiği gibi çimlenme yüzdesi her iki hat içinde artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak azalmıştır (M82 tohumları 100 mM NaCl uygulamasında kontrolden biraz daha yüksek çimlenme oranı göstermiştir. Bu durum belki de tohum canlılığındaki farklılıklardan dolayıdır); (2) tuz stresinin tohum çimlenme başlangıcını geciktirdiği de görülmüştür. Örneğin, kontrol olarak kullanılan LA716 tohumlarının %70'i deneme başladıktan bir gün sonra çimlenmişken tuz uygulamalarında ilk çimlenme 6 gün sonra gözlenmiştir; (3) Tuz stresi tam çimlenme için gerekli olan zamanı da geciktirmiştir. Dolayısıyla, kontrol besi ortamında (su + agar ortamı) M82 tohumları 5 gün içerisinde tam çimlenmeye ulaşırken 100 mM NaCl içeren besi ortamında tutulan M82 tohumlarının tam çimlenmelerini tamamlaması 10 gün geçmiştir; (4) besi ortamına CaCl₂ eklemenin bitki üzerine olan stresi artırmasından dolayı daha az sayıda tohum çimlenmiş ve çimlenme tuz uygulamalarına CaCl₂ eklendiğinde daha da gecikmiştir.

İkinci denemede, bazı kültür ve yabani domates türlerinin tuza dayanıklılıkları belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada kullanılan hatlar (kültür çeşitleri ve yabani türler) Tablo1'de listelenmiştir. *L. esculentum* cv. M82 ve TA496 hatları esas olarak tuza dayanıklı olmayan ve bir çok yabani türle yapılan melezlemelerden türetilmiş genom haritalama populasyonlarının geliştirilmesinde anaç olarak kullanılmış hatlardır. *L. esculentum* cv. SC2121 Ege Bölgesinde yaygın olarak yetiştirilen bir çeşit olduğu için denemede kontrol olarak alınmıştır. Denemede kullanılan bazı yabani türlere ait tohum örnekleri (*L. esculentum* var. *cerasiforme*, *L. pimpinellifolium*, *L. peruvianum* ve *L. hirsutum*) önceki çalışmalarda değişik düzeylerde tuz dayanıklılığına sahip oldukları rapor edildiği için bu çalışmada kullanılmıştır. Bütün kültür ve yabani türlere ait tohumlar University of California-Davis'te bulunan Tomato Genetics Resource Center'dan sağlanmıştır. *L. esculentum* cv. SC2121 çeşidi ise Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü, İzmir tarafından sağlanmıştır. Çok sayıda tohum bulunan hatlar dört değişik tuz uygulaması (100 mM, 125 mM, 150 mM ve 175 mM NaCl) ile test edilmiştir. Ayrıca, bütün tuz uygulamaları nispi tuz stres seviyesini artırmak için besi ortamlarına 17.5 mM CaCl₂ da eklenmiştir. Daha az sayıda tohum bulunan hatlar için ise daha az sayıda tuz uygulaması kullanılmıştır (Tablo 1). Bütün hatlar sadece su ve agar içeren kontrol besi ortamı ile birlikte kontrol besi ortamı + 17.5 mM CaCl₂ içeren besi ortamlarında da test edilmiştir. Bu uygulamanın amacı, CaCl₂ diğer tuz streslerinin yokluğunda çimlenmeye olan etkisini görmektir.

Genelde, her bir tuz uygulaması için uygulama başına toplam 20 tohum kullanılmıştır (10 tohum / petri kabı). Tohum sayısının az olduğu durumlarda daha az tohum kullanılmıştır. Dolayısıyla, LA2744, LA2172 ve LA1278 hatları için petri kabı başına 10 tohum LA1310 için ise 5 tohum kullanılmıştır. Petri kablari çimlenmenin belirlenmesi için günlük olarak kontrol edilmiş ve ayrıca özellikle kök uzamasının analiz edilmesi bir HP scanner kullanarak taranmıştır. Kök uzamasını belirlemek için ise NIH Image bilgisayar programı kullanılmıştır. Bu analiz için, çimlenmiş tohumların kök uzunluğu kökler yaklaşık olarak 3 cm uzunluğa ulaşana kadar günlük olarak ölçülmüştür. Çimlenme (%) yüzdesi, çimlenmiş tohumların toplam tohum sayısına oranı ile belirlenmiştir. Farklı tohum çimlenme parametreleri (ilk tohum çimlenmesi için geçen gün sayısı, bütün tohumların çimlenmesi için geçen gün sayısı) ayrıca hesap edilmiştir.

Yapılan ikinci denemeye ait sonuçlar Tablo 1 ve Şekil 1-8'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, denemede kullanılan hatların (bazı kültür çeşitleri de dahil olmak üzere) çoğunun çeşitli düzeylerde tuz dayanıklılığına sahip olduğu belirlenmiştir. Örneğin, *L. esculentum* cv. M82 125 mM NaCl tuz uygulamasında nispi olarak iyi sayılabilecek bir çimlenme oranına sahip olduğu (%50) ve olağanüstü bir şekilde, *L. esculentum* cv. SC2121 çeşitinin ise en yüksek tuz stresinde (175 mM NaCl) bile çimlenme gösterdiği belirlenmiştir. Yabani türlerden *L. peruvianum* LA2744 175 mM NaCl konsantrasyonunda bile %78'lik bir çimlenme oranı göstermesinden dolayı en iyi tuz dayanıklılığına sahip olan tür olarak belirlenmiştir.

Ayrıca, tuz stresi bitkilerde ilk tohum çimlenmesi ve tam çimlenme için gerekli olan zamanda gecikme meydana getirmiştir (Tablo 1 ve Şekil 1-8). Örneğin, *L. esculentum* cv. M82 tohumlarının 125 mM NaCl uygulamasında tamamen çimlenmesi için geçen zaman kontrole göre 10 gün daha uzun bulunmuştur. Kontrol besi ortamında *L. peruvianum* LA2744 tohumları hızlı çimlenmiş ve besi ortamına konulduktan 5 gün sonra tam çimlenmeye ulaşmış, yüksek tuz içeren besi ortamında bulunan tohumların çimlenmesi ise 18 gün almıştır. Genç fidelerin kök uzunluklarının kontrol ve farklı konsantrasyonlarda tuz içeren besi ortamlarında önemli farklılıklar göstermediği görülmüştür. Dolayısıyla, bu parametre daha sonraki çalışmalarda tuz dayanıklılığını belirlemede bir kriter olarak kullanılmamıştır.

Yapılan bu ön çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, çimlenme devresinde tuz dayanıklılığını belirlemek için kullanılacak testleme yönteminin oluşturulmasına olanak sağlamış, tuz dayanıklılığını belirlemek için en faydalı parametrelerin (çimlenme yüzdesi ve ilk çimlenme için geçen zaman, kök uzunluğu iyi bir parametre değildir) ne olduğunda ortaya koymuş ve yabani türlerin ne seviyede tuz dayanıklılığına sahip olduklarını göstermiştir. Ayrıca, bu sonuç daha sonra yapılacak denemelerde en uygun seleksiyon kriterinin ne olduğunun belirlenmesinde yardımcı olmuştur.

4.2. IBL Hatlarının Çimlenme Dönemi Tuz Toleransı İçin Testlenmesi

Lycopersicon esculentum cv. TA496 (tekrarlanan anaç) and *L. pimpinellifolium* LA1589 (donor ebeveyn) melezlemesinden türetilmiş 131 adet IBL safdöl gerimelez hattı çimlenme döneminde rol oynayan kantitatif karakter lokuslarının belirlenmesi için kullanılmıştır. Bu deneme için iki anaç ve her bir IBL hattundan 50'şer tohum %70 ethanol'de 2 dakika süre ile yüzeysel olarak sterilize edilmiş ve müteakiben 10 dakika süre ile %10 Domestos + %0.1 Tween-20 ile muamele edilmiştir. Daha sonra tohumlar steril su ile 3 defa yıkanmıştır. Her bir hattan tohumların yarısı (25 tohum) 17.5 mM CaCl₂'lü su agar içeren petri kablarına ekilmiştir. Diğer tohumlar ise 100 (ilk deneme) veya 125 mM (ikinci deneme) NaCl içeren aynı besi ortamına ekilmiştir. Hatların çimlenme tepkilerini tayin etmek için petri kapları 20°C'de karanlıkta tutulmuş ve günlük olarak 30 gün boyunca izlenmiştir. Her bir deneme sonunda, elde edilen veriler her bir hattın tuz stresine tepkisini tayin etmek için belirlenen bir kaç parametrenin hesaplanmasında kullanılmıştır. Böylece, her bir hat için çimlenme % hem kontrol ve hem de tuz uygulamaları için hesaplanmıştır. İlaveten, kontrol ve tuz uygulamaları arasındaki çimlenme % farklılıkları her bir hat için hesaplanmıştır ((kontrol besi ortamında çimlenme %/tuz içeren besi ortamında % çimlenme) x 100). Bu parametre bakımından, tuzda daha çok çimlenme gösterebildikleri için, tuza

dayanıklı hatlar genelde yüksek değerler vermişlerdir. Kontrol ve tuzlu besi ortamında ilk tohumların çimlenmesi için geçen gün sayısı ayrıca kayıt edilmiş ve tuz stresinin sebep olduğu çimlenmedeki gecikmelerin hesaplanmasında (gün sayısı olarak) kullanılmıştır. Bu parametre için ölçülen düşük değerler tuza dayanıklılığı göstermektedir. Her bir hattın her bir besi ortamında (kontrol ve tuzlu) tam çimlenmeye ulaşmak için gereken gün sayısı da belirlenmiş ve tuz stresinin sebep olduğu tam çimlenmedeki gecikmelerin hesaplanmasında kullanılmıştır. Son olarak, her bir uygulamada (tuzlu ve kontrol) %50 çimlenme için geçen gün sayısı tuza dayanıklılık parametresi olarak kayıt edilmiş ve tuz stresinin sebep olduğu %50 çimlenme için geçen gün sayısının hesaplanmasında kullanılmıştır.

4.2.1. 100 mM NaCl Testlemeleri

IBL hatları kullanılarak yapılan ilk çimlenme testlemelerinde 100 mM NaCl konsantrasyonu kullanılmıştır. İlk testlemelerde elde edilen kontrol ve 100 mM NaCl uygulamalarına ait ebevenlerin çimlenme oranları (Şekil 9 a/b) ve çimlenme yüzdesindeki farklılıkları (Şekil 10) gösterilmiştir. Şekil 9 ve 10 incelendiğinde 100 mM NaCl uygulamasının *L. esculentum* cv. TA496'nın çimlenme yüzdesi üzerine olumsuz etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Çünkü tuzlu besi ortamında tutulan TA496 tohumlarının en sonunda %100 çimlenme oranına ulaştığı görülmektedir. *L. pimpinellifolium* LA1589 bitkisinde ise toplam çimlenmenin tuz uygulamasında %84 oranında azaldığı görülmektedir (Tablo 2). Her iki anaç için, tuz uygulamasının çimlenme oranında belirgin bir gecikmeye sebep olduğu belirlenmiştir (Şekil 1 ve Tablo 1). Örneğin, tuz uygulaması LA1589 tohumlarının tam çimlenmesini sadece 8 gün geciktirirken TA496'nın tam çimlenmesini 11 gün geciktirmiştir. IBL hatlarının ortalama çimlenme yüzdelерinin hem kontrol ve hem de tuz uygulamasında her iki anaçtan daha düşük olduğu saptanmıştır (Tablo 2). Ayrıca, IBL hatları anaçların 100 mM NaCl uygulamasında gösterdikleri gecikmeye benzer bir şekilde çimlenmede gecikmeler göstermiştir.

4.2.2. 125 mM NaCl Testlemeleri

Daha önce yapılan çalışmalarda 100 mM NaCl tuz uygulamasında çimlenme yüzdelерinin ön deneme sonuçlarına göre beklenildiğinden daha düşük seviyelerde olmasından dolayı IBL hatlarının ikinci defa testlemelerinde tuz konsantrasyonu 125 mM'a çıkarılmıştır. Sonuç olarak, LA1589 tohumlarının çimlenmesi %52 azalırken TA496 tohumlarının çimlenmesi %92 oranında azalmıştır (Şekil 11 a/b, Tablo 3). Şekil 12'de 125 mM tuz uygulaması yapılan hatların çimlenme yüzdelерindeki farklılıklar görülmektedir. 125 mM tuz konsantrasyonunda IBL hatları iki anaç arasında ortalama bir çimlenme yüzdesi değeri göstermiştir (%68.2). Beklenildiği gibi, 100 mM NaCl uygulamasına kıyasla tuz konsantrasyonunun 125 mM'a çıkarılması IBL hatları arasında çimlenme oranının düşmesine ve çimlenmede daha uzun gecikmelere sebep olmuştur (Tablo 3).

4.2.3. 150 mM NaCl Testlemeleri

L. esculentum TA496 ve *L. pimpinellifolium* LA1589 melezlemelerinden türetilen IBL hatlarının çimlenme dönemi tuz toleransı denemeleri için en son doz olarak 150 mM NaCl uygulaması kullanılmıştır. Diğer denemelerde olduğu gibi, her hattın ve iki ebeveyne ait 50 tohum 2 dakika %70'lik etanol ile yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuş ve müteakiben %0.1'lik Tween 20 + %10'luk Domestos ile 10 dakika muamele

edilmiştir. Daha sonra tohumlar steril su ile üç defa yıkannuşlardır. Her bir hatta ait tohumların yarısı (25 tohum) su agarı + 17.5 mM CaCl₂ içeren Petri kaplarına ekilmiştir ve diğer yarısı ise aynı besi ortamı (su agarı) + 150mM NaCl içeren Petri kaplarına ekilmiştir. Petri kapları 20°C’de karanlıkta tutulmuş ve 30 gün süre ile her gün çimlenme tepkisini tayin etmek için gözlenmiştir. Her bir denemenin sonunda, veriler tuz stresine her bir hattın tepkisini tayin etmede kullanılacak parametrelerin hesaplanmasında kullanılmıştır. Böylece, çimlenme yüzdesi (% çimlenme) kontrol ve tuz uygulamalarında her bir hat için hesaplanmıştır. İlaveten, kontrol ve tuz uygulamaları arasında çimlenme yüzdesindeki farklılık her bir hat için (kontrol uygulamasında çimlenme yüzdesi / tuz uygulamasında çimlenme yüzdesi) * 100 formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Bu parametre için tuz uygulamalarına daha dayanıklı olan hatlar daha yüksek değerler göstermiştir. Bunun sebebi de tuz uygulamalarında tam çimlenme gösterebilmesidir. Kontrol ve tuz uygulamalarında ilk tohum çimlenmesi için geçen gün sayısı ayrıca kayıt edilmiştir ve tuz stresinin sebep olduğu çimlenme gecikmesinin (gün olarak) hesaplanmasında kullanılmıştır. Bu parametre için daha düşük değerler tuz toleransının arttığını işaret etmektedir. Ayrıca, her bir hattın her iki besi ortamında tam çimlenmeye ulaşması için gerekli olan gün sayısı belirlenmiş ve tuz stresinin sebep olduğu tam çimlenmeye olan gecikmenin hesaplanmasında kullanılmıştır. Son olarak, her bir uygulama için %50 çimlenmeye gereken gün sayısı kayıt edilmiş ve tuz stresinin sebep olduğu %50 çimlenmedeki gecikmenin hesaplanmasında kullanılmıştır. 150 mM tuz testlenmesi sadece bir kez tekrarlanmıştır.

Şekil 13 a ve b incelendiğinde 150 mM NaCl konsantrasyonunun *Lycopersicon esculentum* TA496 tohumlarının çimlenmesi üzerine düşük miktarda etkili olduğu görülmektedir (%92). Yapılan denemelerde kontrol besi ortamında *Lycopersicon pimpinellifolium* LA1589 tohumlarının zayıf bir çimlenme gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 13 a/b). Şekil 14’de 150 mM tuz uygulaması yapılan hatların çimlenme yüzdelilerindeki farklılıklar görülmektedir. Bu hat (LA1589) tuz içeren besi ortamında toplam çimlenmede çok düşük oranda bir azalma göstermiştir. Ayrıca, tuz uygulaması her iki hattın tohum çimlenmesinde gecikmelere sebep olmuştur. Bununla birlikte TA496 çeşidindeki gecikmenin çok daha uzun olduğu saptanmıştır. Örneğin, TA496 tohumlarının tam çimlenmesi tuz uygulaması ile 23.5 gün gecikmişken LA1589 tohumlarının tam çimlenmesi sadece 5 gün gecikmiştir. Tuz uygulamasında IBL’lerin ortalama çimlenme yüzdeleri (%58.7) her iki ebeveyne (TA496 %92; LA1589 %68) göre daha düşüktür (Tablo 4). IBL çimlenmedeki gecikme bakımından her iki anaç arasında bir değer göstermiştir.

4.2.4. 100, 125 ve 150 mM NaCl Testlemeleri Arasındaki Karşılaştırmalar

Farklı çimlenme denemelerinden elde edilen verilerin karşılaştırılması her bir hattın artan NaCl konsantrasyonlarına farklı tepkilere sahip olduklarını göstermiştir. *Lycopersicon esculentum* var. TA496’ın toplam çimlenmesinin artan tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak belirgin olmayan azalmalar gösterdiği (Şekil 15a), ancak çimlenmenin zamanlamasının büyük oranlarda etkilendiği belirlenmiştir. Örneğin, 125 mM NaCl besi ortamındaki TA496 tohumlarının tam çimlenmeye ulaşmaları 18 gün alırken 150 mM NaCl besi ortamındaki TA496 tohumlarının tam çimlenmeye ulaşmaları ise 28 gün almıştır. *L. pimpinellifolium* tohumlarının çimlenmesi üzerinde en çok 125 mM NaCl konsantrasyonunun etkili olduğu, 100 mM (%84) ve 150 mM (%88) NaCl uygulamaları arasında göze çarpan herhangi bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir (Şekil 15b). Artan tuz konsantrasyonunun TA496’nın tersine LA1589’un çimlenmesi üzerinde daha fazla gecikmeye

neden olduğu saptanmıştır. Örneğin, tam çimlenme 100, 125 ve 150 mM uygulamalarında sırasıyla sadece 8, 9 ve 5 gün gecikme göstermiştir. IBLs artan tuz konsantrasyonlarına her iki ebeveynin tepkilerinin kombinasyonu şeklinde tepkiler göstermiştir. Hem toplam çimlenme ve hem de çimlenmenin zamanlanmasının artan tuz konsantrasyonlarından olumsuz etkilendiği saptanmıştır. Böylece, çimlenme yüzdesi 100, 125 ve 150 mM NaCl uygulamalarında sırasıyla %87.6'dan %78.2 ve %59.4'e düşmüştür. Benzer şekilde, tam çimlenmedeki gecikme artan tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak sırasıyla 5.9 günden (100 mM) 10.2 (125 mM) ve 14.3 güne (150 mM) çıkmıştır.

4.3. Çimlenme Dönemi Tuza Dayanıklılık Genlerinin Haritalanması

Qgene bilgisayar programı 100 mM ve 150 mM tuz stresi denemelerinde ölçülen tuza dayanıklılık ile ilişkili kantitatif karakter lokuslarını (QTL) belirlemek için kullanılmıştır. Bu analizler için toplam 127 moleküler işaretleyicilere ait genotipik veriler kullanılmıştır (DOGANLAR ve ark., 2002).

4.3.1. 100 mM NaCl Testlemeleri QTL Analizleri

$P \leq 0.01$ seviyesinde yedi karakter için toplam 18 QTL belirlenmiştir (Tablo 5). Tam çimlenme için gereken gün sayısı için önemli bir QTL bulunmamıştır. Tuzlu besi ortamında toplam çimlenme için 2. domates kromozomu üzerinde, bu karakter için var olan toplam fenotipik varyasyonun %10'luk bir kısmını kontrol eden 1 QTL (*spgerm2.1*) belirlenmiştir (Şekil 16). Bu QTL'de *L. esculentum* alleli tuz besi ortamında daha iyi çimlenme ile ilişki göstermiştir. Tohumların çimlenmesi üzerine tuz stresinin etkisi kontrol uygulama ile kıyaslanarak iki uygulama için çimlenme yüzdesindeki farklılık hesaplanarak ayrıca tayin edilmiştir. Bu karakter için, 2, 6 ve 10. kromozomlar üzerinde 3 QTL belirlenmiştir (Şekil 16). Bu karakter için en önemli QTL (*diffp2.1*) 2. kromozom üzerinde haritalanmış ve bu karakter için var olan toplam fenotipik varyansın %11'lik bir kısmına denk gelmektedir. Her üç lokus için *L. esculentum* alleleri tuz toleransını artırıcı etkiye sahiptir. İlk çimlenme için gereken gün sayısı içinde 3 QTL belirlenmiştir. Bu lokuslar 2, 3 ve 11. kromozomlar üzerinde haritalanmış ve 2. kromozom üzerindeki QTL en önemli etkiye sahip bulunmuştur (Şekil 16). Bu lokus için (*sdfirst2.1*) *L. pimpinellifolium* alleli tuz dayanıklılığı ile ilişkili bulunmuştur. Diğer iki lokusta, tuz dayanıklılığı *L. esculentum* alleleri tarafından kontrol edilmektedir. İlk tohum çimlenmesindeki gecikmeyi ölçen parametre için 4 QTL belirlenmiştir. Bu karakter için QTL'ler 2, 3 ve 9. kromozomlar üzerinde haritalanmıştır (Şekil 16). En kuvvetli etkiye sahip olan lokus (*delfirst2.1*) bu karakter için var olan toplam genetik varyasyonun %29'unu açıklamaktadır. Tersine, tuz dayanıklılığı diğer 3 *delfirst* QTL'leri için *L. esculentum* allelleri ile ilişkili bulunmuştur. %50 çimlenme için gereken gün sayısı sadece bir lokus tarafından kontrol edilmektedir. Bu QTL (*sd50%2.1*) 2. kromozom üzerinde haritalanmış olup bu karakter için var olan toplam genetik varyasyonun %21'ini açıklamaktadır. Bu QTL lokusunda, *L. pimpinellifolium* alleli tuza dayanıklılıktan sorumludur. %50 çimlenmedeki gecikme için 3 QTL belirlenmiştir. Her bir QTL'in toplam fenotipik varyans üzerine etkileri yaklaşık olarak birbirine yakın (%8-12) bulunmuştur. Tam çimlenmedeki gecikme 3, 6 ve 10. kromozomlarda haritalanan 3 QTL tarafından kontrol edilmektedir (Şekil 16). Bu QTL'lerden birisinde (*delfull3.1*) *L. pimpinellifolium* alleli artan tuz dayanıklılık ile ilişkili bulunmuştur.

4.3.2. 125 mM NaCl Testlemeleri QTL Analizleri

125 mM NaCl tuz stres denemesinde ölçülen tuza dayanıklılık karakterleri ile ilişkili kantitatif karakter lokusları (QTL = quantitative trait loci)'ni belirlemek için QGene bilgisayar programı kullanılmıştır. Bu analizler için DOĞANLAR ve ark., (2002)'de tanımlanan 127 RFLP moleküler işaretleyicisine ait genotipik veriler kullanılmıştır. Altı tuza dayanıklılık parametresi için $P \leq 0.01$ önemlilik derecesinde toplam 20 QTL belirlenmiştir (Tablo 6). Tam çimlenmedeki gecikme ve %50 çimlenmedeki gecikme parametreleri için önemli bir QTL belirlenmemiştir. Tuz uygulamalı besi ortamındaki toplam çimlenme için 2 QTL belirlenmiştir (2. kromozom üzerinde *pgerm2.1* ve 9. kromozom üzerinde *pgerm 9.1*) (Şekil 17). 2. kromozom üzerindeki QTL diğerine göre daha önemli bir etkiye sahip olup tuz dayanıklılığı için var olan toplam fenotipik varyasyonun %16'ını göstermektedir. Her iki QTL lokusunda *L. esculentum* allelleri tuz dayanıklılığını artırmaktadır. Ayrıca, kontrol uygulaması ile kıyaslanarak tohum çimlenmesi üzerine tuz stresinin etkisi her iki uygulama için çimlenme yüzdesindeki farklılıklar hesaplanarak tayin edilmiştir. Bu karakter için, 2'si kromozom 2 ve 1'i kromozom 10 üzerinde olmak üzere toplam 3 QTL belirlenmiştir (Şekil 17). En önemli QTL lokusu (*diffp2.2*) olup çimlenme yüzdesindeki farklılık için var olan toplam fenotipik varyasyonun %23'ünü karşılamaktadır. 2. kromozom üzerindeki 2 QTL lokusunda *L. esculentum* allelleri tuz dayanıklılığını artırırken 10. kromozom üzerindeki 1 QTL lokusunda *L. pimpinellifolium* allelleri tuz dayanıklılığını artırmaktadır. Ayrıca, ilk çimlenme için geçen gün sayısı parametresi (*dfirst*) için 3 QTL lokusu belirlenmiştir. Bu lokuslar 2, 8 ve 10. kromozomlar üzerinde yer almaktadır ve 10. kromozom üzerindeki QTL lokusu bu karakter için en önemli etkiye sahip bulunmaktadır (Şekil 17). 3 QTL lokusu için, *L. esculentum* allelleri tuz toleransını artırmaktadır. İlk çimlenmedeki gecikme parametresi için 10 QTL belirlenmiştir. Bu karakter için 2, 5, 9 ve 12. kromozomların her birinde 2'şer adet QTL belirlenmişken 10 ve 11. kromozomlar üzerinde birer adet QTL belirlenmiştir (Şekil 17). En büyük etkiye sahip olan QTL lokusları (*delfirst2.1* ve *delfirst9.1*) olup bu karakter için var olan toplam fenotipik varyasyonun sırasıyla %22 ve %21'ini açıklamaktadır. Bu karakter için belirlenen QTL lokuslarının yarısında, *L. pimpinellifolium* allelleri tuza toleransta önemli ilişkiler göstermişlerdir. Tam tohum çimlenmesi için geçen gün sayısı parametresi için 5. kromozom üzerinde yer alan 1 QTL (*dfull5.1*) belirlenmiştir (Şekil 17). Bu QTL lokusunda, *L. esculentum* allelleri gün sayısını azaltmıştır. Gün sayısındaki azalma ise tuza toleransa doğrudan ilişkilidir. %50 çimlenme için geçen gün sayısı parametresinde bir QTL lokusu tarafından kontrol edilmektedir. Bu QTL (*d50%3.1*) 5. kromozom üzerinde bulunmaktadır ve bu karakter için var olan toplam fenotipik varyasyonun %14'ünü açıklamaktadır (Şekil 17).

4.3.3. 150 mM NaCl Testlemeleri QTL Analizleri

150 mM tuz stresi denemesinde ölçülen tuz dayanıklılık karakterleri ile ilişkili kantitatif karakter lokuslarını (QTL) belirlemek amacıyla Qgene bilgisayar programı kullanılmıştır. Fenotipik veriler üç tekerrürün ortalaması alınarak elde edilmiştir. 127 işaretleyici ait genotipik değerler QTL analizlerinde kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda sekiz karakter için 25 QTL belirlenmiştir (Tablo 7). Tuzda toplam çimlenme için 3 ve 8. kromozomlarda haritalanan 2 QTL belirlenmiştir (Şekil 18). Her iki lokus için, *L. esculentum* allelleri tuz dayanıklılığı ile ilişkili bulunmuştur. Her iki uygulamada (150 mM NaCl tuz ve kontrol) çimlenme yüzdesindeki farklılık için 2 QTL belirlenmiştir. Bu 2 QTL'de 3 ve 8. kromozomlarda *spgerm* lokusu ile aynı pozisyonda haritalanmıştır (Şekil 18). İlk çimlenme için geçen gün sayısı (*sdfirst*) için 2 QTL saptanmıştır. Bu 2 QTL 8 ve 10. kromozomlar üzerinde haritalanmıştır (Şekil 18). *sdfirst10.1* lokusunda *L. pimpinellifolium* alleli tuza dayanıklılık ile ilişkili bulunmuştur. İlk çimlenmedeki gecikme ile ilişkili *sdfirst* QTL ile aynı pozisyonda 2

QTL belirlenmiştir. Tuzda tam çimlenme için geçen gün sayısı ile ilişkili ve 1, 3, 9 ve 11. kromozomlarda haritalanan 4 QTL belirlenmiştir (Şekil 18). En önemli lokus (*sdfull9.1*) bu karakter için var olan toplam varyansın %15'ini açıklamaktadır. Dört QTL lokusunda *L. pimpinellifolium* allelleri tuza dayanıklılığı artırmaktadır. Tam çimlenmedeki gecikme karakteri üç lokus tarafından kontrol edilmektedir (Şekil 18). Bu lokuslardan ikisi (*delfull3.1* ve *delfull11.1*) *sdfull* QTL ile aynı kromozom pozisyonundadır. Diğer QTL 10. kromozomda yer almış ve bu karakter için var olan toplam fenotipik varyansın %11'ini açıklamaktadır. %50 tohum çimlenmesi için geçen gün sayısı için beş QTL belirlenmiştir (Şekil 18). En önemli QTL ($P=0.0002$, $R^2 = 14\%$) 9. kromozom üzerinde yer almıştır. Bu karakter için belirlenen QTL'lerden üç tanesinde (1, 9 ve 12. kromozomlarda haritalanmıştır). *L. pimpinellifolium* allelleri tuza dayanıklılık ile ilişkili bulunmuştur. %50 çimlenmedeki gecikmede 5 QTL tarafından kontrol edilmektedir. Bu QTL'lerden dördü *sdfifty* QTL (*delfifty2.1*, *delfifty8.1*, *delfifty9.*, ve *delfifty12.1*) ile aynı pozisyonda haritalanmıştır (Şekil 18). Bütün QTL'ler benzeri etki büyüklüğüne sahiptirler (%9-12) ve *L. pimpinellifolium* allelleri bu dört lokusta tuza dayanıklılığı artırmaktadır. Belirlenen 25 QTL'den 16'sında (%64) *L. pimpinellifolium* tuza tolerans ile ilişkili alleller sağlamıştır. İlginç bir şekilde, *L. pimpinellifolium* allelleri tuzda daha hızlı çimlenme sağlayarak tuz dayanıklılığını artırmaktadır. Halbuki, *L. esculentum* allelleri tuzda toplam çimlenme yüzdesini arttırarak tuz dayanıklılığı sağlamaktadır. Bu sonuçlar bazı önemli soruları da ortaya çıkarmıştır. Birincisi, *L. pimpinellifolium* allelik etkileri tuz şartlarına özgün çimlenme oranını mı etkilemektedir yoksa kontrol şartlarda da görülen genel bir etkimidir? Bu durum kontrol besi ortamında (su + agar) çimlenme için yapılan QTL analizlerinin sonuçları incelenerek saptanabilir (veri gösterilmemiştir). Bu verilere göre, genelde, *L. pimpinellifolium* allelleri kontrol besi ortamında (su + agar) daha hızlı çimlenme ile ilişkilidir. Bununla birlikte, tuz içeren besi ortamında daha hızlı çimlenme için belirlenmiş olan lokusların hiç birisi kontrol besi ortamında (su + agar) çimlenme için belirlenen lokuslarla aynı kromozom bölgelerinde haritalanmamıştır. Bu durum farklı genetik mekanizmaların tuzlu ve tuzsuz şartlarda çimlenme oranının kontrolünden sorumlu olduklarını ortaya koymaktadır. Aynı soru *L. esculentum* allellerinin tuzda toplam çimlenme yüzdesine olan etkisini belirlemek içinde sorulabilir: Acaba bu *L. esculentum* allellik etkileri kontrol besi ortamında da görülen genel bir etki midir? Veriler bu şekilde analiz edildiğinde *L. esculentum* allellerinin kontrol besi ortamı üzerinde daha iyi çimlenme ile ilişkili oldukları, bununla birlikte, belirlenen QTL'lerin hiç birinin tuzda çimlenme yüzdesi için belirlenen QTL'lerle aynı kromozom bölgelerinde haritalanmadıkları görülmüştür. Sonuç olarak, çimlenme oranında olduğu gibi, tuz içeren ve kontrol besi ortamındaki toplam çimlenme parametresi farklı genetik mekanizmalar tarafından kontrol edilmektedir.

4.4. QTL'lerin Benzer Bölgelerde Toplanması (Colocalization of QTL)

Tuza dayanıklılıkta rol oynayan farklı karakterler için bir çok kantitatif karakter lokusu (aynı verilerin analizi ile türetilmemiştir) genom içerisinde benzeri bölgelerde haritalanmıştır. Birbiriyle çok yakın kromozom pozisyonlarında haritalanan QTL'lerin özgün olup olmadıklarını sınıflamak için iki kriterden en az birini karşılamaları gerekmektedir. Herhangi bir karakteri kontrol eden QTL için en önemli olan işaretleyiciler birbirinden en az 20 cM mesafede olmalı veya her bir lokusun allelik etkisi farklı olmalıdır. Örneğin 100 mM denemesinde *spgerm2.1* ve *sd50%2.1* lokuslarının her ikisi 2. kromozom üzerinde haritalanmış ve her iki QTL içinde TG308 en önemli işaretleyici olarak belirlenmiştir (Şekil 16). Bu 2 QTL'in 20 cM içerisinde olması ve aynı bölgedeki diğer 2 QTL'inde (*del50%2.1* ve *diffp2.1*) aynı allelik etkiye sahip olmasından dolayı aslında bu

4 QTL'inde tuz dayanıklılığını artıran ve *L. esculentum*'dan gelen tek bir lokus olduğu sonucuna varılmıştır. Bununla beraber aynı bölgede bulunan diğer 2 QTL, *sdfirst2.1* ve *delfirst2.1*, özgün QTL'ler olarak kabul edilmiştir. Bunun da sebebi bu lokuslardan kaynaklanan tuz toleransı diğer anaç olan *L. pimpinellifolium*'dan gelmektedir. Eldeki verileri bu şekilde analiz ederek, 100 mM NaCl denemelerinde tuz dayanıklılığında rol oynayan 12 özgün QTL belirlenmiştir. Benzer şekilde, 125 mM NaCl denemeleri için 16 (Şekil 17) ve 150 mM NaCl denemeleri içinde 9 özgün QTL (Şekil 18) elde edilmiştir. Üç NaCl konsantrasyonu ile yapılan tuz denemeleri sonuçları kıyaslandığında bazı QTL'lerin birden çok denemede belirlendiği işaret edilmektedir. Böylece, 100 mM tuz denemesinde belirlenen 3 özgün QTL (2. kromozom üzerinde 2 QTL ve 10. kromozom üzerinde 1 QTL) 125 mM tuz denemesinde belirlenen lokuslarla aynı bölgede haritalanmıştır. 150 mM tuz denemelerinde belirlenen lokusların hiç birisi 100 mM tuz konsantrasyonunda belirlenen lokuslarla uyuşmamıştır. Bununla beraber, 8 ve 10. kromozomlarda haritalanan iki lokus 125 mM tuz denemelerinde belirlenen QTL'lere karşılık gelmiştir. Bu sonuçlar düşük ve yüksek tuz konsantrasyonlarında tuz toleransını kontrol eden genetik mekanizmaların farklı olabileceğini sonuçlamaktadır. 100 mM tuz denemelerinde belirlenen tuz dayanıklılığı ile ilişkili 12 QTL'den 10 tanesinde (%83) *L. esculentum* allelleri tuz dayanıklılığında katkı yapmaktadır (Tablo 5). 125 mM tuz denemelerinde *L. esculentum* allelleri belirlenen QTL'lerden sadece %62.5'ünde tuza dayanıklılıkla ilişki göstermiştir (Tablo 6). Buna karşıt olarak, 150 mM tuz denemelerinde belirlenen 9 QTL'den sadece 3'ünde (%33) tuza dayanıklılığını sağlayan alleller *L. esculentum*'dan gelmektedir (Tablo 7). Bu verilerden iki önemli sonuç çıkmıştır. İlk sonuç, *L. esculentum* TA496 orta seviyede tuz dayanıklılığı göstermesine rağmen, *L. esculentum* allelleri yüksek tuz konsantrasyonlarında etkili olmadıkları gözlenmiştir. İkinci olarak, 150 mM tuza dayanıklılıkta önemli olan *L. pimpinellifolium* allellerinin belirlenmesi için en uygun NaCl konsantrasyonu olduğu saptanmıştır.

4.5. Daha Önceden Haritalanan Lokuslarla Benzerlikler

Bu çalışmadan elde edilen lokuslar (tuza dayanıklılık sağlayan kantitatif karakter lokusları) diğer bir yabancı domates türü *Lycopersicon pennellii* (FOOLAD ve ark., 1997) kullanılarak yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlarla kıyaslanmıştır. Araştırmacılar yaptıkları çalışmada çimlenme dönemi tuz testlemeleri (%25 ve %50 çimlenme için geçen gün sayısı) yapmışlar ve bu dönemde aktif olan tuza dayanıklılık genlerini belirlemeye çalışmışlardır. Bu iki değişik tür kullanılarak yapılan tuza dayanıklılık sonuçları kıyaslandığında yüksek derecede benzerlikler belirlenmiştir. Özellikle, mevcut projemiz kapsamında yapılan ön haritalama çalışmalarında belirlenen kromozom 2 (*diffp2.1* ve/veya *delfirst2.1*), 3, 8, 9 (üç gen) ve 12 (*delfirst12.1* ve muhtemelen *delfirst12.2*) bölgeleri FOOLAD ve ark., (1997) tarafından %25 ve %50 çimlenme için geçen gün sayısı için belirledikleri bölgelerle örtüşmektedir. Bu iki çalışmadaki yüksek düzey benzerlikler mevcut çalışmada elde edilen tuza dayanıklılık genlerinin geçerliliğini ortaya koymaktadır.

4.6. Vejetatif Dönemi Tuz Testlemeleri

4.6.1. Fizyolojik Analizler

4.6.1.1. Bitki Boyu

Yapılan çalışmada, kontrol grubundaki IL hatlarının ortalama boy bakımından 14.3 cm. (IL1.1) ile 58.3 cm. (IL2.4) arasında değişiklik gösterdiği görülmektedir (Tablo 8). Tablo 8 incelendiğinde, IL hatlarının boy bakımından 13 tanesinin (%25) M82'den (32.3 cm.) daha kısa olduğu geri kalan hatların (%75) ise boy bakımından M82'dan daha uzun olduğu görülmektedir (Şekil 19a). Tuz uygulamasında, IL hatlarının ortalama boyları 11.3 cm. (IL1.1) ile 50.7 cm. (IL5.2) arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Kontrol grubunda olduğu gibi, NaCl uygulama gruplarında hatların çoğunun (%75) ortalama boy bakımından M82'den daha uzun olduğu görülmektedir (Şekil 19b). Tablo 8 incelendiğinde, NaCl uygulamasının ortalama bitki boyunda azalmaya neden olduğu, M82 hatında tuz uygulaması ile birlikte bitki boyunda 1.4 kat azalma görülürken LA716 hatında ise 1.2 kat azalma olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, bu azalmaların istatistiksel olarak ($P>0.05$ değerinde) önemli olmadığı belirlenmiştir. IL hatları arasında sadece IL5.2 nolu hat bitki boyu bakımından önemli artış (1.6 kat) göstermiştir. Hatların %57'si bitki boyu açısından azalma gösterirken geri kalan hatların bitki boylarında önemli bir değişiklik saptanmamıştır. Yapılan çalışmada, NaCl uygulaması ile birlikte bitki boyundaki en fazla azalma IL8.1 nolu hatta 1.9 kat olarak saptanmıştır.

4.6.1.2. Sap Genişliği

Kontrol ve NaCl uygulaması yapılan domates hatlarının sap genişliklerine ait değerler Tablo 8'de verilmiştir. IL hatlarına ait bitkilerin kontrol grubunda sap genişliği 4.0 mm. (IL2.3 ve IL9.3) ile 6.9 mm. (IL10.3) arasında değişiklik göstermiştir. IL hatlarının çoğunun (%96) sap genişliğinin (kalınlığı) M82'dan (6.7 mm.) daha ince olduğu belirlenmiştir (Şekil 20a). Tuzlu şartlar altında yetiştirildiklerinde, IL hatlarının sap kalınlığının 3.3 mm. (IL7.4.1) ile 7.0 mm. (IL8.1.1) arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Bu şartlar altında, hatların çoğunun (%79) sap kalınlığı bakımından M82'den (4.5 mm.) daha kalın olduğu da saptanmıştır (Şekil 20b). Tablo 8 incelendiğinde, tuz uygulamasının çok az örnekte sap kalınlığında değişikliğe neden olduğu görülmektedir. Tuzlu şartlar altında hem M82 ve hem de LA716'nın sap kalınlığının, sırasıyla, 1.5 ve 1.3 kat azaldığı belirlenmiştir. Bununla beraber, bu değişikliklerin istatistiksel olarak ($P>0.05$ değerinde) önemli olmadığı bulunmuştur. Benzer şekilde, IL hatlarının sadece %10'u sap kalınlığı bakımından önemli azalmalar gösterirken hatların sadece %17'si artış göstermiştir. IL hatları arasında sap kalınlığı bakımından en büyük azalma 1.8 kat azalma ile IL9.2 nolu hatta gözlenmiştir. En büyük artış ise 1.4 kat artış ile IL8.1.1 nolu hatta görülmüştür.

4.6.1.3. Yaprak Sayısı

Kontrol ve NaCl uygulaması yapılan IL hatlarının yaprak sayıları Tablo 9'da verilmiştir. Kontrol grubunda IL hatlarının yaprak sayısı 6.3 (IL1.1, IL1.2) ile 13.0 (IL12.1) arasında değişiklik gösterirken M82 hattının yaprak sayısının bitki başına ortalama 9.0 olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, IL hatlarının %50'sinin M82 hattından daha fazla %50'sinde M82 hattından daha az yaprak oluşturduğu saptanmıştır (Şekil 21a). Tuz stresi altında yetiştirildiklerinde, IL hatlarının yaprak sayısı 5.3 (IL1.1) ile 10.3 (IL12.1) arasında değişiklik gösterirken M82 hattının yaprak sayısının 7.3 olduğu belirlenmiştir (Şekil 21b). Kontrol ve NaCl uygulama gruplarında LA716 hattının M82'den daha fazla sayıda yaprak oluşturduğu saptanmıştır. Tuzlu şartlar altında, IL hatlarının %64'ü M82'den daha fazla yaprak oluşturmuştur (Şekil 21b). M82 ve LA716 hatlarının yaprak sayısı tuzlu koşullarda, sırasıyla, 1.2 ve 1.1 kat azalma göstermiş ancak bu azalmaların M82 hattında istatistiksel olarak ($P>0.05$ değerinde) önemli olmadığı bulunmuştur. Benzer şekilde, yaprak sayısı tuz stresi altında IL hatlarının

çoğunluğunda azalmasına rağmen sadece üç IL hattında yaprak sayısı bakımından istatistiksel olarak ($P \leq 0.05$ değerinde) önemli azalmalar gözlenmiştir. Yaprak sayısı bakımından en büyük azalma 1.5 kat ile IL1.3 nolu hatta görülürken en büyük artış ise 1.3 kat artışla IL1.2 nolu hatta gözlenmiştir.

4.6.1.4. Yaprak Yaş Ağırlığı

Kontrol ve NaCl uygulaması yapılan IL hatlarının yaprak yaş ağırlıkları Tablo 11’de verilmiştir. Buna göre, IL hatlarının yaprak yaş ağırlıklarının 4.0 g. (IL4.2) ile 36.7 g. (IL11.4) arasında değişiklik gösterdiği saptanmıştır. Kontrol şartlarda, M82 hattı 12.5 g. yaprak yaş ağırlığına sahipken LA716 hattı sadece 5.5 g. yaprak yaş ağırlığına sahip olmuştur. IL hatlarının çoğunluğunun (%86) yaprak yaş ağırlıklarının M82 hatından daha fazla olduğu belirlenmiştir (Şekil 22a). Tuzlu şartlar altında, IL hatlarının yaprak yaş ağırlıkları 2.0 g. (IL10.1) ile 33.5 g. (IL2.1) arasında değişiklik göstermiştir (Tablo 11). IL hatlarının çoğunluğu (%79) tuzlu şartlar altında M82’den daha fazla miktarda yaprak yaş ağırlığı oluşturmuşlardır (Şekil 22b). Tuz uygulamasının yaprak yaş ağırlıklarında kontrole göre M82 hattında (1.3 kat), LA716 hattında (3.6 kat) ve IL hatlarının büyük (%90) bir çoğunluğunda azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. En fazla yaprak yaş ağırlığı kaybı 7.2 kat azalma ile IL1.1 nolu hatta gözlenmiştir. IL hatlarının sadece %2’lik bir kısmında yaprak yaş ağırlıklarının tuz uygulamasına bağlı olarak değişiklik göstermediği belirlenmiştir. Hatların %8’inde ise tuz uygulamasının yaprak yaş ağırlığında kontrol grubuna göre artışa neden olduğu ve en fazla artışın ise IL4.2 nolu hatta görüldüğü belirlenmiştir.

4.6.1.5. Yaprak Kuru Ağırlığı

Kontrol şartları altında büyütülen IL hatlarının yaprak ağırlıkları 0.26 g. (IL1.2, IL1.3) ile 3.9 g. (IL2.1) arasında değişiklik göstermiştir (Tablo 10). IL hatlarının çoğunluğunun (%73) yaprak kuru ağırlıkları M82’nin (1.5 g.) yaprak kuru ağırlığından daha düşüktür (Şekil 23a). Tuz uygulaması yapılan IL hatlarının yaprak kuru ağırlıklarının 0.1 g. (IL1.3) ile 3.3 g. (IL2.1), M82’nin ise 1.1 g. olduğu saptanmıştır (Tablo 10). Tuz uygulaması yapılan çoğu IL hatlarının (%83) yaprak kuru ağırlıklarının M82’den daha düşük olduğu belirlenmiştir (Şekil 23b). Tuz uygulaması yapılan M82, LA716 ve IL hatlarının %90’nında yaprak kuru ağırlığının kontrol gruba göre azalma gösterdiği saptanmıştır. NaCl stresi uygulanan M82 bitkisinde yaprak kuru ağırlığında kontrol gruba göre 1.4 kat azalma belirlenmiştir. Yaprak kuru ağırlığı bakımından IL hatları arasında kontrol gruba göre en büyük azalma 9.5 katlık bir azalma IL10.1 nolu hatta gözlenmiştir. IL hatlarının %10’luk bir kısmında yaprak kuru ağırlığında artış gözlenmiştir. En büyük artış ise 2.4 kat ile IL6.1 nolu hatta olmuştur.

4.6.1.6. Kök Yaş Ağırlığı

Kontrol ve tuz uygulaması yapılan IL hatlarının kök yaş ağırlıkları Tablo 10’da verilmiştir. Kontrol grubunda M82 hattının ortalama 38.4 g. yaş kök oluşturduğu buna karşılık LA716 hattının ise sadece 4.0 g. yaş kök oluşturduğu saptanmıştır. IL hatlarının kök yaş ağırlıklarının 3.5 g. (IL12.1) ile 32.6 g. (IL11.2) arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 10). IL hatlarının tamamı M82 hatından daha az miktarda yaş kök oluşturmuştur (Şekil 24a). Tuzlu koşullar altında, IL hatlarının ortalama kök yaş ağırlıkları 3.7 g. (IL12.2, IL12.2) ile 40.8 g. (IL11.1) arasında değişiklik göstermiştir. Bu koşullarda, IL hatlarının çoğunluğu (%81)

ortalama yaş kök ağırlığı bakımından M82 hattından (14.2 g.) daha yüksek değerler göstermiştir (Şekil 24b). M82, LA716 ve IL hatlarının %42'sinde tuzlu koşullarda ortalama kök yaş ağırlığında azalma meydana gelmiştir. Tuz uygulamasında M82 hattının ortalama kök yaş ağırlığı 2.7 kat azalma gösterirken LA716 hattının ortalama kök yaş ağırlığında 1.5 kat azalma olmuştur. Tuzlu şartlar altında, ortalama kök yaş ağırlığı bakımından en yüksek miktarda azalma 3.3 kat'lık azalma ile IL7.4.1 nolu hatta gerçekleşmiştir. İlginç bir şekilde, IL hatlarının %58'i tuzlu şartlarda kontrol şartlardan daha fazla miktarda kök oluşturmuştur. Tuzlu şartlar altında, ortalama yaş kök ağırlığı bakımından en yüksek miktarda artış 1.4 kat'lık artış ile IL10.1 nolu hatta gerçekleşmiştir.

4.6.1.7. Kök Kuru Ağırlığı

Kontrol ve tuz uygulaması yapılan IL hatlarının kök kuru ağırlıkları Tablo 10'da verilmiştir. IL hatlarının kontrol şartlar altında kök kuru ağırlıkları 0.1 g. (IL5.1) ile 1.35 g. (IL11.1) arasında değişiklik gösterdiği saptanmıştır. Şekil 25a incelendiğinde en yüksek kök kuru ağırlığına sahip olan hattın M82 hattı (1.68 g.) olduğu görülmektedir. Tuzlu koşullar altında, IL hatlarının kök kuru ağırlıkları 0.15 g. (IL3.5) ile 1.85 g. (11.1) arasında değişiklik göstermiş ve IL hatlarının %77'sinin tuz stresi altında M82 hattından daha fazla miktarda kök kuru ağırlığına sahip olduğu saptanmıştır (Şekil 25b). Tuz stresinde kök kuru ağırlıkları M82 ve IL hatlarının %54'ünde azalma göstermekle birlikte, IL hatlarındaki en yüksek düzeydeki azalma 3.3 katlık azalma değeri ile IL7.3'te görülmüştür. Bu koşullarda kök kuru ağırlığı bakımından en yüksek artış ise 3.5 katlık artış ile IL5.1 nolu hatta gözlenmiştir.

4.6.2. Biyokimyasal Analizler

4.6.2.1. Fenolik İçerik

Kontrol ve tuz uygulaması yapılan şartlar altında yetiştirilen IL hatlarının ve ebevenyelerinin fenolik madde içerikleri Tablo 11'de verilmiştir. Tablo 11 incelendiğinde IL hatlarının fenolik madde içeriklerinin 98.8 mg/ml (IL2.4) ile 714.5 mg/ml (IL6.1) arasında değişiklik gösterdiği görülmektedir. IL hatlarının çoğunluğunun (%92) ortalama fenolik içeriklerinin M82'den (559.0 mg/ml) daha düşük olduğu ve sadece dört IL hattının (%8) ortalama fenolik içeriklerinin M82'den daha yüksek olduğu saptanmıştır (Şekil 26a). Tuz uygulama gruplarında ise IL hatlarının ortalama fenolik içeriklerinin 231.5 mg/ml (IL2.3) ile 580.6 mg/ml (IL1.1) arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. IL hatlarından 33 tanesinin (%66) tuz stresi altında M82'den (330.6 mg/ml) daha yüksek miktarda ortalama fenolik madde içeriğine sahip oldukları görülmüştür (Şekil 26b). Tuz uygulamasına bağlı olarak M82'nin ortalama fenolik madde içeriğinin 1.7 kat azalma gösterdiği, aynı şartlar altında LA716 nolu hattın ortalama fenolik madde içeriğinin ise 2.4 kat artış gösterdiği belirlenmiştir. Tuz uygulamasının IL hatlarının %60'ında fenolik içerikte azalmaya neden olduğu, buna karşılık, hatların %38'inin ise ortalama fenolik madde içeriklerinin artış gösterdiği belirlenmiştir. Sadece bir IL hattında (IL12.4) tuz uygulamasının ortalama fenolik madde içeriği üzerine hiç etkisi olmadığı, fenolik madde içeriği bakımından tuz stresinden dolayı en büyük artışın ise 3.3 katlık artış ile IL2.4 nolu hatta olduğu saptanmıştır. Tuz uygulamasının fenolik içerikte en fazla azalmaya neden olduğu hattın 3.0 katlık azalma ile IL6.1 nolu hat olduğu belirlenmiştir.

4.6.2.2. Antioksidan Kapasitesi

Kontrol ve tuz uygulaması yapılan IL hatlarının ve ebeveynlerinin toplam antioksidant kapasitesi Tablo 11’de verilmiştir. Tablo 11 incelendiğinde, kontrol koşullarında yetiştirilen IL hatlarının antioksidan kapasitesinin 293 µmol Trolox/100g (IL2.1) ile 1407.7 (IL6.1) µmol Trolox/100g arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. M82 hattının antioksidan kapasitesinin 681.1 µmol Trolox/100g olup bu değer LA716’nın antioksidan kapasitesinden (307.6 µmol Trolox/100g.) iki kat daha fazla olduğu saptanmıştır. IL hatlarının çoğunun (%74) ortalama antioksidan kapasitesinin M82’den daha az düşük olduğu belirlenmiştir (Şekil 27a). Tuz uygulaması yapılan IL hatlarının antioksidan kapasitesinin 331.9 µmol Trolox/100 g. (IL2.6) ile 996.4 µmol Trolox/100 g. (IL12.2) arasında değişiklik gösterdiği ve IL hatlarının %70’inin antioksidan kapasitesinin tuz stresi altında M82’den daha düşük olduğu saptanmıştır (Şekil 27b). Tuz stresinin M82 (1.1 kat) ve IL hatlarının %32’sinde antioksidan kapasitesinde azalmaya neden olduğu, buna karşılık, LA716 (2.2 kat) ve IL hatlarının %46’sında tuz uygulamasının antioksidan kapasitesini artırdığı belirlenmiştir. Tuz uygulaması IL hattının (%22) antioksidan kapasitesinde önemli bir değişikliğe neden olmamıştır. Antioksidan kapasitesindeki en büyük artışın 2.4 kat artış ile IL2.1 nolu hatta, en fazla azalmanın ise 3.1 katlık azalma ile IL6.1 nolu hatta olduğu gözlenmiştir.

4.6.2.3. Flavonoid İçeriği

Kontrol ve tuz uygulaması yapılan IL hatları ve ebeveynlerin flavonoid içerikleri Tablo 11’de verilmiştir. Tablo 11 incelendiğinde, kontrol şartları altında M82 hattının ortalama flavonoid içeriğinin (229.0 mg/ml) LA716 hattından (93.2 mg/ml) daha yüksek olduğu görülmektedir. IL hatlarının flavonoid içeriklerinin 78.1 mg/ml (IL7.5) ile 384.0 mg/ml (IL6.1) arasında değişiklik gösterdiği ve bu hatların çoğunluğunun (%74) flavonoid içeriklerinin kontrol koşulları altında M82’den daha düşük olduğu belirlenmiştir (Şekil 28a). M82 hattının flavonoid içeriğinin tuz uygulaması ile kontrole göre 1.2 kat artışa neden olduğu, buna karşılık, LA716 nolu hattın flavonoid içeriğinin kontrole göre 2.5 kat azaldığı belirlenmiştir. Tuz stresi altında yetiştirilen IL hatlarının ortalama flavonoid içerikleri 96.9 mg/ml (IL3.5) ile 462.0 mg/ml (IL11.1) arasında değişiklik göstermiştir. Kontrol grubuna benzer şekilde, tuz uygulama gruplarında, IL hatlarının çoğunluğunun (%76) M82 hattından daha düşük miktarlarda flavonoid içerdiği belirlenmiştir (Şekil 28b). Tuz uygulaması IL hatlarının %74’ünün flavonoid içeriklerinde kontrole göre artış ve %22’sinde de kontrole göre azalmaya neden olduğu saptanmıştır. Ayrıca, uygulamanın sadece iki hattın (IL2.6, IL12.4) flavonoid içeriğinde önemli bir etkiye sahip olmadığı ve uygulama ile birlikte ortalama flavonoid içeriği bakımından en fazla artışın 4 kat artış ile IL5.4 nolu hatta, en fazla azalmanın ise 3.2 katlık azalma değeri ile IL6.1 nolu hatta olduğu gözlenmiştir.

4.6.2.4. Peroksidaz Enzim Aktivitesi

Kontrol ve tuz uygulaması yapılan IL hatları ve ebeveynlerinin peroksidaz enzim aktiviteleri Tablo 12’de verilmiştir. Tablo 12 incelendiğinde, kontrol koşullarında IL hatlarının ortalama peroksidaz enzim aktivitelerinin 55.778 U/g yaprak (IL12.2) ile 812.000 U/g yaprak (IL6.1) arasında değişiklik gösterdiği görülmektedir. Kontrol grubunda M82 hattının (700.920 U/g yaprak) IL hatlarına kıyasla daha yüksek miktarda peroksidaz enzim aktivitesi gösterdiği ve IL hatlarının hemen hemen tamamının (%98) peroksidaz enzim aktivitesinin M82’den daha düşük olduğu belirlenmiştir (Şekil 29a). Tuz uygulaması yapılan IL hatlarının peroksidaz enzimi aktivitelerinin 50.400 (IL1.1) ile 251.260 U/g yaprak (IL12.1) arasında değişiklik gösterdiği, yine tuz uygulaması yapılan M82 hattının peroksidaz enzim aktivitesinin 113.050 U/g yaprak olduğu

saptanmıştır. Tuzlu koşullarda IL hatlarının %63'ünün peroksidaz enzim aktivitesinin M82'den daha yüksek olduğu ve uygulamanın M82 hattının enzim aktivitesinde 6.2 kat azalmaya neden olduğu saptanmıştır (Şekil 29b). Tuz uygulamasının IL hatlarının %33'ünde peroksidaz enzim aktivitesinde azalmaya, %59'unda artışa ve %8'inde de aktivitede hiç bir değişikliğe neden olmadığı belirlenmiştir. Tuz stresinde peroksidaz enzim aktivitesi bakımından en büyük artış 2.3 kat ile IL12.1 nolu hatta; en yüksek düzeyde azalma ise 6.2 kat ile IL6.1 nolu hatta gözlenmiştir. İlginç bir şekilde, aynı hatta fenolik, flavonoid ve antioksidant içerikler bakımından da en yüksek düzeyde azalmalar gözlenmiştir.

4.6.2.5. Süperoksit Dismutaz Enzim Aktivitesi

Kontrol ve tuz uygulaması yapılan IL hatları ve ebeveynlerinin süperoksit dismutaz enzim aktiviteleri Tablo 13'de verilmiştir. Tablo 13 incelendiğinde kontrol koşullar altında IL hatlarının SOD enzim aktivitesinin 14.46 U/g yaprak (IL5.4) ile 17.42 U/g yaprak (IL7.3) arasında değişiklik gösterdiği görülmektedir. Yine kontrol koşullardaki M82 hattının SOD enzim aktivitesinin ise 14.91 U/g yaprak düzeyinde olduğu ve IL hatlarının çoğunluğunun (%93) M82'ye kıyasla daha yüksek düzeyde SOD enzim aktivitesine sahip oldukları bulunmuştur (Şekil 30a). Tuz stresi altında yetiştirildiklerinde, IL hatlarının SOD enzim aktivitesi 14.03 U/g yaprak (IL4.3) ile 19.04 U/g yaprak (IL6.3) arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 13). IL hatlarının büyük bir çoğunluğunun SOD enzim aktivitelerinin M82 hattından daha yüksek düzeyde olduğu görülmektedir (Şekil 30b). Tuz uygulaması yapılan M82 hattında SOD enzim aktivitesinin kontrole göre 1.1 kat artış gösterdiği belirlenmiştir. Yine tuz uygulamasının IL hatlarının %57'sinde SOD enzim aktivitesinde kontrole göre artışa, %11'inde azalmaya ve %33'ünde ise hiç bir değişikliğe neden olmadığı belirlenmiştir. Tuz stresinde en büyük artış ve azalma, sırasıyla, 1.2 kat ile IL5.4 ve IL4.3 nolu hatlarda gözlenmiştir.

4.6.2.6. Askorbat Peroksidaz Enzim Aktivitesi

Kontrol ve tuz uygulaması yapılan IL hatları ve ebeveynlerinin askorbat peroksidaz enzim aktiviteleri Tablo 14'de verilmiştir. Tablo 14 incelendiğinde M82 hattının askorbat peroksidaz enzim aktivitesinin kontrol grubunda 572.760 U/g yaprak olarak bulunduğu görülmektedir. Yine kontrol grubundaki IL hatlarının ortalama askorbat peroksidaz enzim aktivitelerinin 32.522 U/g yaprak (IL4.2) ile 738.192 U/g yaprak (IL2.2) arasında değişiklik gösterdiği ve bu hatların büyük bir çoğunluğunun (%96) askorbat peroksidaz enzim aktivitelerinin M82'den daha düşük olduğu belirlenmiştir (Şekil 31a). Tuz stresi altında yetiştirilen IL hatlarının askorbat peroksidaz enzim aktivitelerinin 72.522 U/g yaprak (IL11.4) ile 790.856 U/g yaprak (IL11.1) arasında değişiklik gösterdiği ve IL hatlarının %96'sının askorbat peroksidaz enzim aktivitelerinin M82'den daha düşük düzeyde olduğu saptanmıştır (Şekil 31b). Tuz stresi altında M82 hattının askorbat peroksidaz enzim aktivitesinin (655.200 U/g yaprak) kontrole göre 1.1 kat artış gösterdiği belirlenmiştir. Tuz stresi altında askorbat peroksidaz enzim aktivitesi bakımından IL hatlarının %70'inde artış, %18'inde azalma ve %12'sinde ise hiç bir değişiklik gözlenmediği, IL11.1 nolu hattın 9.2 katlık artış ile en fazla artış gösteren hat olduğu bulunmuştur. Buna karşılık, IL6.1 nolu hat 4.4 kat azalma miktarıyla askorbat peroksidaz enzim aktivitesi bakımından en fazla azalma gösteren hat olmuştur.

4.6.2.7. Katalaz Enzim Aktivitesi

Kontrol ve tuz uygulaması yapılan IL hatları ve ebeveynlerinin askorbat peroksidaz enzim aktiviteleri Tablo 15'de verilmiştir. Tablo 15 incelendiğinde kontrol koşullar altında IL hatlarının katalaz enzim aktivitelerinin 64.050 U/g yaprak (IL6.1) ile 490.312 U/g yaprak (IL12.2) arasında değişiklik gösterdiği görülmektedir. Yine kontrol grubunda M82 hattının (266,328 U/g yaprak) nispeten yüksek düzeyde enzim aktivitesine sahip olduğu belirlenmiştir. IL hatlarının %81'inin M82'den daha düşük ve %19'unun ise daha yüksek düzeyde katalaz enzim aktivitesine sahip olduğu saptanmıştır (Şekil 32a). Tuz stresi altında, IL hatlarının katalaz enzim aktivitesinin 63.896 ile 260.752 U/g yaprak arasında değişiklik gösterdiği, aynı şartlar altında, M82 hattının katalaz enzim aktivitesinin ise 201.960 U/g yaprak olduğu belirlenmiştir (Tablo 15). IL hatlarının %80'ini M82 hattına göre daha düşük ve %20'si ise daha yüksek düzeyde katalaz enzim aktivitesi göstermiştir (Şekil 32b). Tuz uygulaması M82 hattında katalaz enzim aktivitesinde kontrole göre 1.3 kat azalmaya neden olmuştur. Tuz uygulanan IL hatlarının %71'inde kontrole göre katalaz enzim aktivitesinde azalma, %23'ünde artış görülmüş ve %6'sında ise tuz uygulaması enzim aktivitesinde hiç bir değişikliğe neden olmamıştır. Tuz uygulaması yapılan hatlar içerisinde enzim katalaz enzim aktivitesinde kontrole göre en fazla artış IL7.1 nolu hatta (3 kat artış), buna karşılık, kontrole göre en fazla azalma ise IL11.2 nolu hatta 4.5 kat olarak belirlenmiştir.

4.6.3. Mineral Analizi

4.6.3.1. Sodyum İçeriği

Kontrol ve tuz uygulaması yapılan IL hatları ve ebeveynlerinin Na içerikleri Tablo 16'da verilmiştir. Kontrol koşullarında M82 hattının sodyum seviyesi %1.59 iken, LA716 hattının sodyum seviyesi %0.14 olarak belirlenmiştir. IL hatlarının sodyum içeriklerinin %0.7 (IL7.4) ile %2.04 (IL7.4.1) arasında değişiklik gösterdiği ve bu hatların büyük bir çoğunluğunun (%96) M82'den daha düşük düzeyde sodyum içerdiği belirlenmiştir (Şekil 33a). IL hatlarının Na seviyelerinin tuz uygulama gruplarında %0.09 (IL11.3) ile %5.3 (IL7.4.1) arasında değiştiği saptanmış ve IL hatlarının büyük bir çoğunluğunun (%96) tuz stresi altında M82'den daha düşük seviyede sodyum içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 33b). Tuz uygulamasının sodyum içeriğinde M82 hattında kontrole göre 2.7 kat, LA716 hattında kontrole göre 5.5 kat ve IL hatlarının %96'sında da artışa neden olduğu bulunmuştur. Tuz stresi ile ilişkili olarak Na içeriği bakımından kontrole göre en yüksek artış 109 kat ile IL12.1 nolu hatta gözlenmiştir. Yine tuzlu koşullarda sadece iki hatta (IL2.1 ve IL11.3) sodyum içeriği bakımından azalma olmuştur. Sodyum içeriği bakımından en fazla azalma seviyesi 11.5 kat azalma ile IL11.3 nolu hatta bulunmuştur.

4.6.3.2. Potasyum İçeriği

Kontrol ve tuz uygulaması yapılan IL hatları ve ebeveynlerinin K içerikleri Tablo 16'da verilmiştir. Tablo 16 incelendiğinde kontrol koşullar altında yetiştirilen IL hatlarının K seviyesinin %1.61 (IL4.2) ile %7.72 (IL5.4) arasında değişiklik görülmektedir. Yine kontrol şartlar altında LA716 ve IL hatlarının çoğunluğu (%73) M82'den daha yüksek seviyede K içerdiği belirlenmiştir (Şekil 34a). Tuz stresi altında yetiştirilen IL hatlarının potasyum içeriklerinin %0.37 (IL1.1) ile %8.02 (IL11.3) arasında değişiklik gösterdiği bulunmuş ve yine tuzlu koşullardaki M82 hattının K seviyesi %3.27 olarak saptanmıştır. Kontrol koşullarından farklı olarak tuz stresi uygulanan IL hatlarının çoğunluğu (%71) M82'den daha yüksek düzeyde potasyum içerdikleri bulunmuştur (Şekil 34b). Tuzlu koşullar altında M82'nin potasyum seviyesi kontrole göre 1.1 kat artış, buna karşılık,

LA716'nın potasyum seviyesi ise 9.3 katlık bir azalma göstermiştir. Benzer şekilde tuz uygulaması yapılan IL hatlarının %92'sinin K içeriklerinin kontrole göre daha düşük düzeyde olduğu saptanmıştır. Tuz stresi altında yetiştirilen IL hatlarında potasyum seviyesinde kontrole göre en fazla azalma 8.3 kat azalma ile IL5.3 nolu hatta gözlenirken kontrole göre en fazla artış ise 1.6 kat ile IL1.2 nolu hatta gözlenmiştir.

4.6.3.3. Kalsiyum İçeriği.

Kontrol ve tuz uygulaması yapılan IL hatları ve ebeveynlerinin Ca içerikleri Tablo 16'da verilmiştir. Kontrol koşullarında M82'nin kalsiyum içeriği %1.64 iken IL hatlarının kalsiyum içeriklerinin %0.18 (IL4.2) ile %3.62 (IL8.3) arasında değiştiği saptanmıştır. Hatların %59'unun Ca içeriklerinin M82 hattından daha yüksek miktarda olduğu belirlenmiştir (Şekil 35a). Tablo 16 incelendiğinde tuz stresi altında IL hatlarının kalsiyum seviyelerinin %0.04 (IL2.3) ile %4.07 (IL8.2) arasında değişiklik gösterdiği görülmektedir. Tuz uygulaması yapılan IL hatlarının %90'ının kalsiyum içeriklerinin M82'den (%0.34) daha yüksek olduğu saptanmıştır (Şekil 35b). Tuz stresi altında yetiştirilen M82 ve LA716 hatlarının kalsiyum içeriklerinin kontrole göre sırasıyla 4.8 ve 4.1 kat azalma gösterdiği ve IL hatlarının %51'inde de Ca içeriği bakımından azalma gözlenmiştir. Kalsiyum içeriğinde kontrol grubuna göre meydana gelen en büyük azalma 40.6 kat ile IL2.3 nolu hatta ve en büyük artış ise 4.0 kat ile IL4.2 nolu hatta bulunmuştur.

4.6.4. Karakterler Arasındaki İlişkiler

Karakterler arasındaki ilişkileri belirlemek için korelasyon analizi uygulanmıştır. Fizyolojik karakterler için en güçlü korelasyonlar birbirleri ile ilişkili karakterler arasında görülmüştür. Örneğin, yaş ve kuru kök ağırlıkları önemli bir şekilde korelasyon göstermiştir (kontrol için $r=0.71$; tuz uygulaması için $r=0.64$; Tablo 17). Kontrol ve tuz uygulamasında bitki boyu ve yaprak ağırlığı arasında düşük te olsa pozitif korelasyon (sırasıyla, $r=0.55$ ve $r=0.67$, Tablo 17) belirlenmiştir. Biyokimyasal karakterler arasında en güçlü korelasyonların kontrol uygulamasında toplam antioksidan kapasitesi ile fenolik madde içeriği arasında olduğu gözlenmiştir (sırasıyla, $r=0.73$ ve $r=0.66$, Tablo 17). İlginç bir şekilde, bitkiler tuz stresi altında yetiştirildiklerinde bu korelasyonlar daha zayıf olmasına rağmen yine de önemli bulunmuştur. Tablo 17 incelendiğinde mineral karakterler arasında kontrol ve tuz uygulamasında en güçlü korelasyonun potasyum ve kalsiyum içeriği arasında olduğu görülmektedir (sırasıyla, $r=0.67$ ve $r=0.58$). Fizyolojik, biyokimyasal ve mineral karakterleri arasındaki korelasyonlar genellikle çok zayıf bulunmuştur. Ancak, potasyum içeriği ve bitki boyu arasındaki korelasyon bu genel duruma uymamıştır ve genellikle önemli bulunmuştur (sırasıyla, kontrol ve tuz uygulamaları için $r=0.62$ ve $r=0.50$, Tablo 17). Aynı şekilde potasyum içeriği ve yaprak yaş ağırlığı arasında da önemli korelasyonlar saptanmıştır (sırasıyla, $r=0.49$ ve $r=0.68$, Tablo 17).

4.7. Vejetatif Dönemi Tuza Tolerans Genlerinin Haritalanması

4.7.1. Fizyolojik Karakterler

4.7.1.1. Bitki Boyu

Kontrollü koşullar altında yetiştirilen 30 IL hattının bitki boyu bakımından M82'dan enaz %30 daha yüksek değerler verdiği belirlenmiştir (Şekil 19a). Bitki boyu üzerine etkisi olan kantitatif karakter lokuslarını taşıyan *L. pennellii*'den geliştirilen introgresiyon hatları 12. kromozom hariç bütün kromozomlarda bulunmuştur. Bu

sonuçlar IL hatlarında kontrollü Şartlarda bitki boyunu artıran en az 19 adet kantitatif karakter lokusunun bulunduğunu göstermiştir (Şekil 36). Tuz stresi altında yetiştirilen 33 adet IL hattı bitki boyu bakımından aynı Şartlarda yetiştirilen M82'den en az %30 daha yüksek değerler vermiştir (Şekil 19b). Bu 33 IL hattı tuz stresi altında bitki boyunu etkileyen en az 22 kantitatif karakter lokusunun olduğunu göstermiştir (Şekil 36). Bu QTL'lerden 17 (%77)'si kontrollü Şartlar altında bitki boyu için belirlenen QTL'lerle aynı kromozom bölgesinde yer almıştır. Böylece, tuz stresi altında bitki boyunu spesifik olarak artıran yada aynı miktarda kalmasını sağlayan 5 QTL belirlenmiştir (Tablo 18). Bu lokuslar 1. kromozom (2 QTL), 2. kromozom (2 QTL) ve 3. kromozom (1 QTL) (Şekil 36'da altı çizili yazılmıŐ QTL'ler) olarak tespit edilmiştir. Bitki boyu üzerine bu QTL'lerin etkisi IL1.3 nolu hatta görülen *phs1.1* tarafından oluŐturulan %49'luk artış ile IL1.4 nolu hatta görülen *phs1.2* tarafından oluŐturulan %87 artış arasında değerlik göstermiştir (Tablo 18).

4.7.1.2. Gövde apı

Kontrollü Şartlar altında yetiştirilen IL hatlarının hiç birisinin sap kalınlığı M82'den önemli Şekilde daha geniş olmadığı belirlenmiştir (Şekil 20a). Tuz stresi altında yetiştirilen sekiz IL hattının ise M82'den daha geniş sap oluşturduğu saptanmıştır (Şekil 20b). Bu sonuçlar tuz stresi altında en az sekiz kantitatif karakter lokusunun sap/gövde çapını artırdığını göstermiştir. Bu QTL lokuslarının hiç biri kontrol Şartlarda gövde çapı üzerine önemli bir etki göstermemiştir. Bu QTL'ler 2. ve 8. kromozomlar (2 QTL), 3., 4., 10. ve 11. kromozomlar (1 QTL) üzerinde belirlenmiştir (Şekil 36). Genelde, bu lokuslar gövde/sap çapı bakımından toplam %30-40'lık bir artış sağlamaktadır. Ancak, IL8.1.1 nolu hatta görülen *dias8.1* lokusu gövde çapı üzerinde %56 artıştan sorumludur (Tablo 18).

4.7.1.3. Yaprak Sayısı

Kontrol Şartlar altında yetiştirilen tek bir IL hattı (IL2.1) M82'dan enaz %30 daha fazla miktarda yaprak oluşturduğu saptanmıştır (Şekil 21a). Sonuç olarak, normal büyüme Şartlarında, sadece 1 QTL yaprak sayısında artış ile ilişkili bulunmuştur (Şekil 36). Tuz stresi koşullarında, iki IL hattı önemli bir Şekilde M82'den daha fazla yaprak oluşturmuştur (Şekil 21b). Dolayısıyla, tuz stresi altında, enaz 2 QTL bu karakteri kontrol etmektedir. İkinci kromozomda belirlenen QTL hem tuz stresi ve hem de kontrol Şartlar altında belirlendiği için, sadece 11. kromozomda belirlenen QTL (*lno11.1*) tuz uygulamasına spesifik olduğu düşünülmektedir (Şekil 36). Bu lokus tuz stresi altında M82 ile kıyaslandığında yaprak sayısını %42 artırmıştır (Tablo 18).

4.7.1.4. Yaprak Yaş Ağırlığı

Kontrol Şartlar altında, 38 adet IL hattının yaprak yaş ağırlıklarının M82'den enaz %30 daha fazla olduğu belirlenmiştir (Şekil 22a). Bu sonuçlar, bu Şartlar altında yaprak yaş ağırlığı karakteri için en az 23 QTL olduğunu göstermiştir (Şekil 36). Tuz stresi altında, 34 IL hattının yaprak yaş ağırlıklarının M82'den en az %30 daha fazla olduğu saptanmıştır (Şekil 22b). Bu sonuçlar tuz stresi Şartlarında yaprak yaş ağırlığı karakteri için en az 25 lokusun sorumlu olduğunu ortaya koymuştur (Şekil 36). Bu QTL'lerden sadece beş tanesi tuz uygulamasına spesifiktir. Bu QTL'ler 1, 5, 6, 9 ve 10. kromozomlar üzerinde belirlenmiş ve yaprak yaş ağırlığı miktarını %44-67 oranında artırmaktadır (Tablo 18).

4.7.1.5. Yaprak Kuru Ağırlığı

Kontrol şartlar altında yedi IL hattının yaprak kuru ağırlığı bakımından M82'den önemli bir şekilde daha yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 23a). Bu hatların sahip olduğu introgresyonlara göre, kontrol şartlar altında, enaz 6 QTL bu karakteri kontrol etmektedir (Şekil 36). Tuz stresi altında, altı IL hatı yaprak kuru ağırlığı bakımından M82'den enaz %30 daha fazla miktarda yüksek değerler vermiştir (Şekil 23b). Bundan dolayı, tuz stresi koşullarında, bu karakteri enaz altı kantitatif karakter lokusunun kontrol ettiği belirlenmiştir (Şekil 36). Bu QTL'lerden sadece dört tanesi tuz uygulamasına spesifiktir (Tablo 18). Bu lokuslar 6, 8, 10 ve 11. kromozomlar üzerinde haritalanmış ve M82 ile kıyaslandığında yaprak kuru ağırlığını %73 (*ldw-s8.1*) ve hatta 100% (*ldw-s11.1*) oranlarında artırmıştır.

4.7.1.6. Kök Yaş Ağırlığı

Kontrol şartlar altında, IL hatlarının hiç birinin kök yaş ağırlıklarının M82'den daha fazla olmadığı belirlenmiştir (Şekil 24a). Ancak, tuz stresi koşullarında, bu hatların 28 tanesinin kök yaş ağırlıklarının M82'den önemli miktarda fazla olduğu saptanmıştır (Şekil 24b). Bu sonuçlar bu şartlar altında kök yaş ağırlığı karakterini enaz 20 lokusun kontrol ettiğini göstermiştir. Bu QTL'lerin hepsi tuz spesifik olarak belirlenmiştir (Tablo 18). Bu QTL'ler 12 kromozoma dağılmıştır (Şekil 36). Karakter üzerine en büyük etkiye sahip olan QTL 11. kromozom üzerinde haritalanmıştır. Bu lokusların (*rww-s11.1* ve *rww11.2*) tuz stresi altında yaş kök ağırlığı karakterini, sırasıyla, %187 ve %117 oranında artırdığı belirlenmiştir.

4.7.1.7. Kök Kuru Ağırlığı

Kontrol şartlar altında kök yaş ağırlığında olduğu gibi, kök kuru ağırlıklarında da IL hatlarının hiç birinin M82'den önemli miktarda fazla kök kuru ağırlığına sahip olmadığı belirlenmiştir (Şekil 25a). Tuz stresi altında, 35 IL hattının kök kuru ağırlıklarının M82 hattından %30 daha fazla miktarda olduğu belirlenmiştir (Şekil 25b). Bu hatların taşıdıkları introgresyonlara göre, en az 22 lokusun kök kuru ağırlığı karakteri ile ilişkili ve hepsinin tuz spesifiktir olduğu belirlenmiştir (Tablo 18). Yüksek korelasyon değeri gösteren bu iki karakterden (kontrol için $r=0.71$; tuz uygulaması için $r=0.64$; Tablo 17) beklenildiği gibi, lokusların çoğu yaş kök ağırlığı için belirlenen QTL'lerle aynı pozisyonda oldukları gözlenmiştir (Şekil 36). Bu karakter için belirlenen lokusların yarısı kök kuru ağırlığını %200 den daha fazla miktarda artırmıştır (Tablo 18).

4.7.2. Biyokimyasal Karakterler

4.7.2.1. Fenolik İçeriği

Kontrol şartları altında IL hatlarının hiç birinin fenolik madde içeriklerinin M82 hattından önemli düzeyde daha yüksek olmadığı belirlenmiştir (Şekil 26a). Bu nedenle, bu çalışmada fenolik madde içeriği karakteri için QTL belirlenememiştir. Buna karşılık, tuz stresinde yetiştirildiklerinde, 17 IL hattının M82'den enaz %30 daha fazla miktarda fenolik madde içerdiği belirlenmiştir (Şekil 26b). Bu sonuçlardan, tuz stresi şartlarında, IL hatlarının introgresyon kromozom bölgelerinde belirlenen enaz 14 kantitatif karakter lokusunun fenolik madde içeriğini artırdıkları saptanmıştır (Şekil 36, Tablo 18). Bu QTL'ler 3. ve 8. kromozomlar hariç diğer domates kromozomlarına dağılmıştır. Bu QTL'lerden 4 tanesinin (*phes1.1*, *phes2.1*, *phes9.1*, *phes11.2*), tuz stresi

koşullarında, M82 ile kıyaslandığında %70 daha fazla fenolik madde artışını kontrol ettikleri belirlenmiştir (Tablo 18).

4.7.2.2. Toplam Antioksidan Kapasitesi

Kontrol şartlar altında 6 IL hattının antioksidan kapasitesinin M82'den önemli düzeyde daha fazla miktarda olduğu belirlenmiştir (Şekil 27a). Böylece, kontrol şartlar altında, en az 6 QTL bölgesi IL hatlarında toplam antioksidan kapasiteyi artırmıştır (Şekil 36). Bu 6 IL hattı, tuz stresi koşullarında da, M82 hattından önemli düzeyde daha fazla miktarda antioksidan biriktirmiştir (Şekil 27b). Bu sonuçlar, tuz stresi altında, en az 6 QTL bölgesinin bu IL hatlarında antioksidan kapasiteyi artırdıklarını göstermiştir (Şekil 36). Tuz stresi koşullarında belirlenen 2 QTL aynı karakter için kontrol şartlarda belirlenen lokuslarla aynı kromozom bölgesinde yer almıştır. Dolayısıyla, tuz stresi koşullarında saptanan QTL'lerden sadece dört tanesinin tuz spesifik olduğu belirlenmiştir. Bu kantitatif karakter lokusları 3 (2 QTL), 7 ve 12. kromozomlarda haritalanmıştır (Şekil 36). 12. kromozom üzerinde yer alan QTL (*aoxs12.1*) karakter üzerinde en büyük etkiye sahip bulunmuş olup bu QTL IL12.2 nolu IL hattının da toplam antioksidan kapasiteyi %60 artırmıştır (Tablo 18).

4.7.2.3. Flavonoid İçeriği

Kontrol koşullarında yetiştirilen sekiz IL hattının flavonoid içeriklerinin M82'den en az %30 daha fazla miktarda olduğu belirlenmiştir (Şekil 28a). Bu şartlar altında, en az 7 QTL bölgesi IL hatlarında flavonoid madde içeriklerini artırmıştır (Şekil 36). Tuz stresi altında, IL hatlarının yedisinin M82 hattından önemli düzeyde daha yüksek flavonoid madde içerdikleri belirlenmiştir (Şekil 28b). Tuz stresi koşullarında, bu 7 IL hattı en az 6 QTL bölgesi içermiş ve bu bölgeler IL hatlarındaki flavonoid madde içeriğini artırmıştır (Şekil 36). Bu QTL'lerden ikisi kontrol şartlar için belirlenmiş olan flavonoid lokusları ile aynı kromozom pozisyonunda bulunmuştur. Dolayısıyla bu karakter için belirlenmiş olan diğer 4 QTL tuz spesifiktir. Bu QTL bölgeleri 5, 9, 10 ve 12. kromozomlarda yer almıştır ve M82 ile kıyaslandıklarında flavonoid madde içeriklerinde %31-42 arasında değişen oranlarda etkiye sahip bulunmuşlardır (Tablo 18).

4.7.2.4. Peroksidaz Enzim Aktivitesi

Kontrol koşulları altında yetiştirilen, IL hatlarının hiç birinde peroksidaz enzim aktivitesinin M82 hattından önemli düzeyde daha fazla miktarda olmadığı belirlenmiştir (Şekil 29a). Bu nedenle, kontrol şartlarda, bu karakter için QTL saptanmamıştır. Buna karşılık, tuz stresi koşullarında, 16 IL hattının M82 hattından en az %30 daha fazla miktarda peroksidaz enzim aktivitesine sahip olduğu bulunmuştur (Şekil 29b). Tuz stresi koşulları altında, peroksidaz enzim aktivitesini etkileyen kantitatif karakter lokusları (QTL) 9, 10 ve 11. kromozomlar hariç diğer kromozomlara dağılmıştır. Bu sonuçlara göre, tuz stresi altında, en az 11 QTL bölgesinin IL hatlarında peroksidaz enzim aktivitesini artırdıkları saptanmıştır (Şekil 36). Bu kantitatif karakter lokuslarından dört tanesinin enzim aktivitesi üzerinde çok geniş etkiye sahip oldukları gözlenmiştir. Özellikle 12. kromozom üzerinde belirlenen QTL (*glps12.1*) IL12.1 nolu hatta peroksidaz enzim aktivitesini %122 dolayında artırmıştır. Benzer şekilde 1.kromozomda yer alan QTL (*glps1.1*) IL1.4 nolu hatta enzim aktivitesini %96 oranında artırmıştır (Tablo 18). 3 ve 4. kromozomlar üzerinde yer alan QTL'lerde enzim aktivitesini, sırasıyla, %92 ve 86 oranında artırmıştır.

4.7.2.5. Süperoksit Dismutaz Enzim Aktivitesi

Kontrol ve tuz stresi koşullarında yetiştirilen IL hatlarının hiç birinin süperoksit dismutaz enzim aktivitesinin M82 hattından önemli düzeyde yüksek olmadığı belirlenmiştir (Şekil 30 a/b). Bundan dolayı, bu karakter için herhangi bir QTL saptanmamıştır.

4.7.2.6. Askorbat Peroksidaz Enzim Aktivitesi

Kontrol ve tuz stresi koşullarında yetiştirilen IL hatlarının hiç birinin askorbat peroksidaz enzim aktivitesinin M82 hattından önemli düzeyde yüksek olmadığı belirlenmiştir (Şekil 30 a/b). Bundan dolayı, bu karakter için herhangi bir QTL saptanmamıştır.

4.7.2.7. Katalaz Enzim Aktivitesi

Kontrol şartlarda yetiştirilen IL hatlarından üç tanesinin M82 hattından enaz %30 daha fazla miktarda katalaz enzim aktivitesine sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 32a). Bu sonuç, bu şartlar altında, enaz 3 QTL bölgesinin karakteri kontrol ettiğini ortaya koymuştur (Şekil 36). Tuz stresi koşullarında, IL hatlarından hiç birisi M82 hattından önemli düzeyde daha fazla miktarda katalaz enzim aktivitesi göstermemiştir. Dolayısıyla, bu şartlar altında, katalaz enzimi aktivitesi için herhangi bir QTL saptanmamıştır.

4.7.3. Mineral Karakterleri

4.7.3.1. Sodyum İçeriği

Kontrol koşullar altında, 43 IL hattının M82'den enaz %30 daha az miktarda Na içerdikleri belirlenmiştir (Şekil 33a). Sonuçlar kontrol şartlarında sodyum içeriği karakterini 25 QTL'in kontrol ettiğini ortaya koymuştur (Şekil 36, Tablo 18). Aynı IL hatlarının tuz stresi şartlarında da M82'den önemli seviyede daha az miktarda sodyum içerdikleri belirlenmiştir (Şekil 33b). Bu sonuçlar aynı lokusların, tuz stresi şartlarında da, sodyum içeriğini kontrol ettiklerini göstermiştir. Dolayısıyla, bu karakter için belirlenen lokusların hiç birisi tuz spesifik değildir (Şekil 36, Tablo 18).

4.7.3.2. Potasyum İçeriği

Kontrol koşullarında 27 IL hattının potasyum içeriklerinin M82'den enaz %30 daha fazla miktarda olduğu belirlenmiştir (Şekil 34a). Bu sonuçlar kontrol koşullarında enaz 18 QTL bölgesinin potasyum içeriği karakterini kontrol ettiğini göstermiştir. Belirlenen kantitatif karakter lokusları 12. kromozom hariç bütün kromozomlara dağılmıştır (Şekil 36). Tuz stresi şartlarında, 14 IL hattının potasyum içeriklerinin M82'den önemli düzeyde daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 34b). Bu sonuçlar, tuz stresi altında, bu karakteri 9 QTL'in bu kontrol ettiğini göstermiştir. Ancak, sadece 1 QTL (*k-s1.1*) tuz spesifik olarak belirlenmiştir (Tablo 18). Bu lokus M82 ile kıyaslandığında potasyum içeriği bakımından %43 oranında bir artış ile ilişkili olduğu saptanmıştır.

4.7.3.3. Kalsiyum İçeriği

Kontrol koşullarında, 20 IL hattının kalsiyum içeriklerinin M82'den enaz %30 daha fazla miktarda olduğu belirlenmiştir (Şekil 35a). Bu sonuçlar IL hatlarında bu karakteri kontrol eden enaz 16 kantitatif karakter

lokusunun olduğunu göstermiştir. Karakterle ilişkili QTL'ler 10 ve 12. kromozomlar hariç bütün kromozomlara dağılmıştır (Şekil 36). Tuz stresi şartlarında, 45 IL hattının kalsiyum içeriklerinin M82 hattından daha fazla miktarda olduğu belirlenmiştir (Şekil 35b). Tuz stresi şartlarında IL hatlarında yer alan farklı introgresiyon bölgelerinin (toplam 50 adet) kalsiyum içeriği karakteri için en az 26 kantitatif karakter lokusu taşıdıkları görülmektedir (Şekil 36). Bu lokuslardan 14 adeti tuz spesifik bulunmuş ve 7. kromozom hariç bütün kromozomlara dağılmıştır (Tablo 18). Bu QTL'lerin kalsiyum içeriğini %650 seviyelerine (*ca-s2.1*) kadar artırma potansiyelinde oldukları gösterilmiştir. Bu QTL'lerden 6'sı, tuz stresi şartlarında, M82 ile kıyaslandığında kalsiyum içeriğini %500'e kadar arttırmaktadır.

5. Sonuçlar

Bu projede esas olarak iki farklı gelişim döneminde (çimlenme ve genç fide) domates bitkisinde tuza dayanıklılığın genetik esasları bazı morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal parametreler kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaç doğrultusunda iki farklı tuz testleme yöntemi kullanılmıştır. Çimlenme dönemi testlemeleri besi ortamı içerisinde; genç fide dönemi testlemeleri ise hidrofonik olarak su kültüründe yürütülmüştür. Çalışmada genetik yapısı farklı olan iki yabancı domates türünden türetilmiş populasyonlar kullanılmıştır. Bu populasyonlardan birisi *Lycopersicon pimpinellifolium* ile yapılan melezlemelerden geliştirilmiş IBL (safdöl gerimelez hatları) (DOGANLAR ve ark., 2002), diğeri ise tuza dayanıklı olduğu önceden bilinen bir yabancı tür olan *Lycopersicon pennellii* ile yapılan melezleme çalışmalarından türetilmiş olan IL (introgresiyon hatları) hatlarıdır (ESHED ve ZAMIR, 1995). Ayrıca, bazı yabancı türler ve kültür domates çeşitleri de çalışmaya tolerant ve duyarlı kontroller olarak eklenmiştir.

Bu çalışmada, çimlenme dönemindeki tuz dayanıklılığının karakterizasyonunu belirlemek için hem bazı yabancı türlere ait tohum örnekleri ve hemde kültür domates çeşitleri farklı tuz konsantrasyonlarında çimlenme denemesine tabi tutulmuştur. Bu çalışmalar sonucunda, bazı domates çeşitlerinin de yer aldığı bir grup materyalin farklı seviyelerde tuz dayanıklılığı gösterdiği belirlenmiştir. Kültür domates çeşitleri arasında yer alan SC2121 çeşitinin en yüksek tuz seviyesine dahi çok iyi derecede dayanıklılık gösterdiği belirlenmiştir. Yabancı türler arasında en yüksek düzeydeki dayanıklılık *L. Peruvianum*'da belirlenmiş olup testlemede kullanılan en yüksek tuz konsantrasyonunda (175mM NaCl) dahi %78'lere varan düzeyde dayanıklılık göstermiştir. Dolayısıyla, bu hatlar tuz dayanıklılığı ıslah çalışmalarında potansiyel genetik kaynaklar olarak kullanılabilceği belirlenmiştir.

Duyarlı bir hat olan *L. esculentum* TA496 çeşiti ile tuza dayanıklı yabancı bir tür olan *L. pimpinellifolium* LA1589 arasında yapılan melezlemelerden geliştirilen safdöl gerimelez hatları (IBL) çimlenme dönemi tuz dayanıklılığı testlemelerinde ve kantitatif karakter lokus (QTL) analizinde kullanılmıştır. Ebeveyn ve IBL hatlarının tohumları üç farklı tuz konsantrasyonu (100, 125 ve 150mM NaCl) içeren besi ortamları içerisinde çimlendirilmiştir. Bu çalışmalar sonucunda, 100 mM NaCl uygulaması için 18 QTL; 125 mM NaCl uygulaması için 20 QTL; 150 mM NaCl uygulaması için 25 QTL belirlenmiştir. Bununla birlikte, bu üç farklı testleme sonucunda belirlenen lokusların bazıları aynı kromozom bölgesi üzerinde bulunmuştur. Benzer sonuçlara son zamanlarda *L. pennellii* ve *L. pimpinellifolium* kullanılarak tuz ve kuraklık testlemeleri için yapılan diğer

çalışmalarda da rastlanmaktadır. Böylece, diğer çalışmalardan elde edilen sonuçlar bu proje sonucunda tuz toleransı için belirlenen lokusların doğrulanmasına imkan sağlamıştır. Yine bu çalışma sonunda, hem *L. esculentum* ve hemde *L. pimpinellifolium* allelleri IBL populasyonunda tuz toleransında etkili olmuşlardır. *L. esculentum* allelleri tuz ortamında toplam çimlenme yüzdesini artırırken *L. pimpinellifolium* allelleri çimlenme oranını iyileştirmiştir. Değişik parametler için tuz toleransında görülen farklılıklar tuz toleransının tohum çimlenmesi döneminde farklı genetik mekanizmalar tarafından kontrol edildiğini göstermektedir.

Kontrol ve tuz uygulaması yapılan IL hatlarının kullanıldığı çalışmada, mineral içerikleri ile fizyolojik ve biyokimyasal karakterler için toplam 326 kantitatif karakter lokusu (QTL) belirlenmiştir (Tablo 18). Lokusların bir kısmı (%56) tuz spesifik (sadece tuz stresi şartlarında belirlenen) olmasına rağmen önemli bir kısmı da (%44) hem kontrol ve hem de tuz stresi şartları altında ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak, bu tür lokuslar hem normal ve hem de tuz stresi koşullarında ortaya çıkan karakterlerin kontrolünde önemli rol oynarlar. QTL lokuslarının belirlenmesi aslında istatistiki bir işlem olduğu ve hem 1. tip (yanlış pozitifler) ve hem de 2. tip (herhangi bir lokusun belirlenmemesi) hata gibi durumlarla karşılaşılabilmesi için bu lokusların her testleme şartlarında da ortaya çıkması belirlenen kantitatif karakter lokuslarının doğru olduklarını kanıtlamaktadır.

5.1. Tuz Stresine Fizyolojik Tepkiler

Tuz stresi, *L. esculentum* M82 ve *L. pennellii* LA716 genotiplerinin, bitki boyu, gövde çapı, yaprak sayısı, yaprak ve kök ağırlıklarında azalmalara neden olmuştur. Bitkilerin stres koşullarına tepki olarak büyümelerini yavaşlatma eğiliminde oldukları zaten bilindiği için, bu değişiklikler beklenmektedir (KALEFETOĞLU ve EKMEKÇİ, 2005). Yaprak ağırlığı dışında, fizyolojik karakterlerdeki azalmanın M82 hattında LA716 genotipinden daha belirgin olduğu görülmüştür. Bu iki genotip arasındaki farklılığın LA716'nın tuz stresine dayanıklı bir yabani domates türü olmasından kaynaklandığı ve bu nedenle bu genotipin tuz stresi koşulları altında M82'ye göre daha yüksek düzeyde büyüme göstermiş olabileceği düşünülmektedir. Domates bitkisinde tuz stresi ile ilgili olarak FOOLAD ve ark., (1997) tarafından yapılan bir çalışmada, araştırmacılar tuz stresinin sürgün büyümesini kök büyümesinden daha fazla oranda kısıtladığını bildirmişlerdir.

Bitki boyu, gövde çapı ve diğer fizyolojik karakterlere M82 hatından önemli derecede daha yüksek seviyede sahip olan *L. pennellii* introgresiyon hatlarının belirlenmesi bu karakterler için tuz spesifik kantitatif karakter lokuslarının lokalizasyonuna imkan sağlamıştır. Sonuçta, beş introgresiyon bölgesinin bitkilerin tuz stresi altında bitki boyunu artırmasını veya mevcut seviyesini korumasına izin verdikleri belirlenmiştir. Benzer şekilde, sekiz introgresiyon bölgesi bitkilerin tuz stresi şartlarında gövde çapını mevcut seviyede tutabilmeleri imkanını sağlamıştır. Yaprak sayısı için bir lokus belirlenmiştir. Tuz stresinin bitkilerde genellikle yaprak miktarında azalmalara sebep olmasına rağmen, bir kaç IL hattının yaprak miktarlarının tuz stresi altında arttığı belirlenmiştir. Bu hatlar yaprak yaş ağırlığı için tuz spesifik 5 QTL ve yaprak kuru ağırlığı için dört lokusun belirlenmesini sağlamıştır. Altıncı ve 10. kromozomlar üzerinde belirlenen *lww* and *ldw* QTL'leri muhtemelen aynı lokuslardır. *L. pennellii* introgresiyon hatları genellikle M82 hatından daha düşük miktarda kök oluşturmuş olmalarına rağmen, bu hatların %58'i tuz stresi altında kontrol şartlarına göre çok daha fazla miktarda kök oluşturmuşlardır. Dolayısıyla, *L. pennellii* bitkisinde tuz dayanıklılığının düşük osmotik potansiyeli olan topraklardan daha çok suyu çekmek için bir strateji olarak daha fazla miktarda kök oluşturulmasını kapsadığı düşünülmektedir. Yapılan bir çalışmada, kök/sürgün oranındaki artışın domates bitkisinde tuz stresi ile ilişkili olduğu rapor edilmiştir (MAGGIO ve ark., 2006). Bu çalışmada ise M82 hattının kök/sürgün oranının yaş ve kuru örnekleri için, sırasıyla, 2.2 ve 2.5 kat azaldığı, buna karşılık, LA716 genotipinin kök/sürgün oranının yaş ve kuru örnekler için, sırasıyla, 2.5 ve 3.5 kat arttığı belirlenmiştir. IL hatlarının kök/sürgün oranı bakımından LA716 gibi sonuç verdikleri ve sadece sekiz IL hattında tuz stresi altında kök/sürgün oranında azalma görüldüğü belirlenmiştir. Tuz stresine IL hatlarının bu şekilde tepkilerinden dolayı, kök kuru ağırlığı için çok sayıda tuz spesifik QTL belirlenmiştir. Bu lokuslardan bazıları yaş ve kuru kök ağırlığı üzerinde çok büyük ölçüde etkilere

sahip olmuştur. Kök yaş ve kuru ağırlığı ile ilişkili olan *rww* ve *rdw* lokuslarının çoğu zaman aynı bölgede ortaya çıktıkları belirlenmiştir. Sonuçta, bu en önemli iki lokus (*rww* ve *rdw*) 11. kromozomun uç noktasına yakın bir yerde haritalanmıştır ve kök yaş ve kuru ağırlıklarında, sırasıyla, %187 ve %640 oranlarında artış sağlamıştır.

5.2. Tuz Stresine Biyokimyasal Tepkiler: Enzimatik Olmayan Antioksidantlar

Bu çalışmada incelenen biyokimyasal karakterler enzimatik antioksidan ve enzimatik olmayan antioksidanlar şeklinde iki gruba ayrılmıştır. Tuz stresinin M82 ve LA716 genotiplerinde enzimatik olmayan antioksidanlar üzerinde farklı etkileri olduğu belirlenmiştir. Örneğin, M82 genotipinde, tuz stresi fenolik ve toplam antioksidan içeriğinde azalmaya flavonoid madde içeriğinde ise artışa neden olurken LA716 genotipinde ise tuz uygulamasının her üç parametrede de artışa neden olduğu belirlenmiştir. Tuz uygulaması yapılan IL hatlarının çoğunda fenolik madde içeriğinin azaldığı, buna karşılık, flavonoid ve toplam antioksidan madde içeriğinin arttığı saptanmıştır. Tuzluluk ve kuraklık gibi abiyotik stres şartlarının bitki hücrelerinde reaktif oksijen türlerinin ve serbest radikallerin oluşmasına dolayısıyla, oksidatif strese neden oldukları bildirilmiştir (KALEFETOĞLU ve EKMEKÇİ, 2005). Bilindiği gibi oksidatif stres bitkilerde antioksidatif sistemin aktif hale gelmesine ve antioksidan maddelerin seviyelerinde değişikliklere neden olabilmektedir. Örneğin, DE PASCALE ve ark., (2004) tuzlu suyla sulanan domates bitkilerinin kontrol bitkilerine göre daha yüksek seviyelerde antioksidan aktiviteye sahip olduklarını bildirmişlerdir. Ayrıca, UV-ışığına tabi tutulma gibi stres şartlarının bitkilerde flavonoid madde içeriğinde artışa neden olduğu da rapor edilmiştir (VICHNEVETSKAIA ve ROY, 1999). NAVARRO ve ark., (2006) olgun biber meyvelerinde tuzluluğun etkilerini inceledikleri araştırmalarında stres uygulamasının antioksidan seviyesinde önemli miktarda ve fenolik madde içeriğinde de azda olsa bir artışa neden olduğunu, ancak, diğer olgunlaşma devrelerinde aynı etkinin görülmediğini bildirmişlerdir. Sonuç olarak, bitkilerin strese tepkilerinin stresin türüne, bitki dokusuna, gelişme devresine ve genotiplere göre farklılık gösteren oldukça karmaşık bir olay olduğunu bildirmişlerdir.

Tuz stresi altında enzimatik olmayan antioksidan miktarının M82 hattından daha yüksek olduğu IL hatlarının belirlenmesi tuz stresi şartlarında bu karakterlerde artışlara sebep olan QTL'lerin lokalizasyonlarına imkan sağlamıştır. Fenolik madde içeriği için çoğu tuz spesifik olan lokuslar belirlenmiş olup bazılarının bu karakter üzerine oldukça büyük etkiye sahip oldukları bulunmuş ve IL hatlarında fenolik madde içeriğinin %70'ten daha fazla oranda artmasına sebep olmuşlardır. Bu lokuslardan üç tanesi (*phe-s6.1*, *phe-s7.1* ve *phe-s7.2*) ROUSSEAU ve ark., (2005) tarafından IL hatlarında haritalanan meyve fenolik madde içeriği QTL'leri ile aynı kromozomal pozisyonda haritalanmıştır. Farklı çalışmalarda kantitatif karakter lokuslarının bu şekilde korunması bu lokuslarının gerçekten var olduğunu doğrulamaktadır. Flavonoid içerik ve toplam antioksidan kapasitesi için daha az sayıda QTL belirlenmiştir. Buna karşılık, bu lokusların tuz stresi altında bu karakterlerin artması üzerine önemli etkileri olduğu gözlenmiştir. İlginç bir şekilde, antioksidant kapasitesi için belirlenen 2 QTL (*aox-s7.1* ve *aox-s12.1*) fenolik ve flavonoid madde içeriği için belirlenen QTL'lerle aynı kromozom bölgelerinde haritalanmıştır. Bu beklenmeyen bir durum değildir çünkü toplam antioksidan kapasitesi hem fenolik ve hem de flavonoid madde içeriklerini kapsamaktadır. Dolayısıyla, bu iki bileşiğin artışına sebep olan bir lokus otomatik olarak toplam antioksidan kapasiteyi de arttıracaktır.

5.3. Tuz Stresine Biyokimyasal Tepkiler: Enzimatik Antioksidanlar

Bu projede enzimatik antioksidanlardan olan peroksidaz, askorbat peroksidaz, katalaz ve süperoksit dismutaz enzim aktivitelerinin tuzlu koşullar altındaki değişimleri çalışılmıştır. *L. esculentum* M82 genotipinde, tuz stresinin peroksidaz ve katalaz enzimlerinin aktivitelerinin azalmasına ancak askorbat peroksidaz ve süperoksit dismutaz enzimlerinin aktivitelerinde ise artışa neden olduğu saptanmıştır. Stres koşullarının bitkilerde serbest radikallerin meydana gelmesine neden olduğu ve antioksidan enzimlerin de bu radikallerin bitkilere vereceği hasardan korunmak için stres altında aktif hale geçtikleri bildirilmiştir (KALEFETOGLU ve EKMEKÇİ, 2005). Bu tür enzimlerin artırılmış aktivitelerinin bitkilerde stres toleransı ile ilişkili oldukları rapor edilmiştir (XIONG ve ZHU, 2006). Ancak, daha önce yapılan bir çok çalışma *L. esculentum* bitkisinde tuz uygulaması ile birlikte enzimatik antioksidanların azalma eğiliminde olduklarını göstermiştir. Genelde, tuz stresi altında, *L. esculentum* bitkisinde askorbat peroksidaz, katalaz ve süperoksit dismutaz enzimlerinin aktivitelerinde azalmalar veya hiç bir değişikliğin olmaması gözlenmiştir. Buna karşılık tuz stresi şartlarında aynı karakterlerin aktivitelerinde *L. pennellii* bitkisinde artışın olduğu belirlenmiştir (SHALATA ve TAL, 1998; MITTOVA ve ark., 2002; KOCA ve ark., 2006). Bu projede, IL hatlarının tuzlu koşullarda gösterdikleri enzim aktiviteleri *L. esculentum* bitkisinden daha çok *L. pennellii* bitkisinin enzim aktiviteleri ile benzerlik göstermiştir. Sonuçta, tuz stresi altında, bu hatların çoğunda glutatyon peroksidaz, askorbat peroksidaz ve süperoksit dismutaz aktivitelerinde artışlar meydana gelmiştir. Buna karşılık, tuz şartlarında yetiştirildiklerinde, hatların çoğunda katalaz aktivitesinde azalma gözlenmiştir. Tuzlu koşullarda, 11 QTL peroksidaz enzim aktivitesini artırmasına rağmen, IL hatları tuz şartlarında M82 ile kıyaslandıklarında askorbat peroksidaz, katalaz ve süperoksit dismutaz enzimlerinin aktivitelerinde %30'dan daha fazla artış göstermemiştir. Sonuç olarak, bu karakterler için kantitatif karakter lokusu belirlenmemiştir. QTL belirlenmesi için daha düşük bir istatistiksel olasılık değerinin kullanımı ile bu karakterler için de daha küçük etkilere sahip lokusların belirlenmesine imkan sağlayabilecektir. Bu tür lokusların tuz stresine dayanıklılığı için gerekli olan bileşiklerin optimum seviyesinin ne olduğu çok iyi bilinmediği için tuz dayanıklılığının ıslahında kullanma potansiyeli bulunmaktadır.

5.4. Tuz Stresine Mineral Tepkiler

Yapılan çalışmada tuz stresinin test edilen hemen hemen bütün bitkilerde sodyum içeriğinin artmasına neden olduğu belirlenmiştir. Ancak, Na içerikleri *L. pennellii* LA716 bitkisinde 5.5 kat artış gösterirken *L. esculentum* M82 bitkisinde 2.7 kat artış göstermiştir FOOLAD ve ark., (1997)'na göre *L. esculentum* tuz stresine sodyum iyonlarını uzaklaştırarak tepki göstermektedir. Ancak, yüksek tuz konsantrasyonlarında, bu sistem kırılmaktadır. Kontrol şartları altında bile M82 hattının LA716 genotipinden çok daha fazla seviyede sodyum içerdiği olması bu denemede de aynı mekanizmanın olduğunu ortaya koymamıştır. Sadece iki IL hattının (IL2.1 ve IL11.3) Na içeriklerinin tuz stresi altında azalma gösterdiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, daha ileriki çalışmalar ile doğrulanırsa, bu iki IL hattının bir şekilde sodyum alımını bakımından eksiklik gösterdikleri (mutant olduklarını) belirlenecektir. Bu sonuçlar *L. pennellii* bitkisinin 2. ve 11. kromozomları üzerinde iyon alımı/taşınması için mutasyonlar içerdiklerini işaret etmektedir. Tuz stresi şartlarında, M82, LA716 ve çoğu IL hattının potasyum içeriklerinin azalma gösterdiği belirlenmiştir.

Potasyum ve sodyum iyonlarının bitki hücrelerine girmesi için aralarında Na^+ / K^+ taşıyıcıları, seçici olmayan monovalent katyon taşıyıcılar ve Na^+ ve K^+ taşınmasını sağlayan iyon kanalları gibi sistemlerin yer aldığı bazı sistemlere dayalıdır (CUSHMAN, 2001). Yapılan bir çalışmada Arabidopsis bitkisinde yüksek Na^+ konsantrasyonları tarafından bloke edilmiş olan yüksek affiniteli K^+ taşıyıcıları belirlenmiştir. Bu nedenle, tuzlu topraklarda yetişen bitkilerde potasyum alınımında azalmalar görülebilmektedir. Tuz uygulaması ile M82 ve LA716'nın kalsiyum içeriklerinin azaldığı, ancak, IL hatlarının yarısında artma ve diğer yarısında da azalmalar olduğu gözlenmiştir. Tuz stresine maruz bırakılan bitkilerin kalsiyum içeriklerinde meydana gelen artışların büyüme üzerine tuzluluğun olumsuz etkisini azaltan bir mekanizma olduğuna inanılmaktadır (BREISSAN ve HASEGAWA, 1998).

Kontrol ve tuz stresi şartlarında M82'den önemli derecede daha fazla miktarda potasyum ve kalsiyum; daha az miktarda sodyum içeriğine sahip olan IL hatlarının belirlenmesi bu karakterler için QTL'lerin lokalizasyonuna imkan sağlamıştır. Bu çalışmada, sodyum içeriğini azaltan tuz spesifik bir QTL belirlenememiştir ve sadece bir lokusun potasyum içeriğini artırdığı bulunmuştur. Ancak, kontrol ve tuz stresi şartlarında potasyum içeriği için belirlenen 19 QTL'den 13 tanesinin sodyum içeriği QTL'i ile aynı kromozom bölgesinde yer alması ise oldukça ilginç bulunmuştur. Paylaşılmış mekanizmaların yukarıda tartışıldığı gibi bu iyonların taşınmasından sorumlu olduğu için bu sonuçlar beklenmektedir. Çok sayıda tuz spesifik lokus kalsiyum içeriği için belirlenmiştir. Bazı QTL'ler kalsiyum içeriğini %600'lara varan oranlarda artırmıştır.

5.5. Özel Kromozomal Bölgeler ve Hatlar

Bu çalışma bitkilerde pleiotropik etkilere sahip olan bazı kromozomal bölgelerin de belirlenmesine imkan sağlamıştır. IL2.1 ve IL2.2 nolu hatların içerdiği olduğu 2. kromozomun uç bölgesi aralarında bitki boyu, yaprak sayısı ve ağırlığı, mineral içerik ve enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidan karakterler gibi 12 değişik karakteri etkileyen 17 QTL taşımaktadır (Şekil 36). Ayrıca, benzer bölgeler 5. kromozomun alt uç bölgesinde (9 karakter), 6. kromozom (11 karakter), 11. kromozom (10 karakter) ve 8. kromozomun yukarı uç bölgesinde (10 karakter) bulunmuştur. Diğer ilginç bir bölge ise 1. kromozomun orta kısmında yer almıştır (IL1.2) ve bu bölge 6 farklı karakteri kontrol eden ve hepsi tuz spesifik olan QTL'leri taşımaktadır. Bu tür kromozomal bölgeler her bölgede yer alan QTL'lerin sayısını ve bazı lokusların birden çok fizyolojik, biyokimyasal ve/veya mineral karakterler üzerinde pleiotropik etkiye sahip olup olmadıklarının belirlenmesi daha ileri düzeylerde araştırılmalıdır.

Bu projede çalışılan bütün karakterler için kontrol ve IL hatlarının her birinin tuz stresine tepkisi Şekil 37'de görülmektedir. Bu grafiksel sunum tuz stresine karşı ilginç ve beklenmeyen tepkiler gösteren IL hatlarının belirlenmesine imkan sağlamıştır. Genelde, bitki boyu ve yaprak ağırlığı gibi fizyolojik karakterlerin tuz stresinden olumsuz olarak veya önemsiz derecede etkilendikleri görülmüştür. Kök ağırlığının çoğu IL hatlarında tuz stresi koşullarında artması dikkat çekici bir durumdur. IL1.2, IL4.2 ve IL11.1 nolu hatlar tuz stresi altında yaprak yaş ve kuru ağırlıklarında artışlar gösterdikleri için oldukça genel dışı hatlar olarak dikkat çekmişlerdir. Bu hatların, ayrıca, tuz stresi şartlarında kök ağırlıklarında da artışlar meydana gelmiştir. IL hatlarının çoğu biyokimyasal/antioksidan karakterler için karışık tepkiler göstermiştir. Ancak, bu karakterlerin tümüne karşı benzeri tepkiler gösteren bir kaç hatta mevcuttur. Örneğin, IL7.1 nolu hatta bütün biyokimyasal karakterler

açısından artışlar olmuştur. Üç IL hatında katalaz enzim aktivitesi hariç her karakterde artışlar olmuştur: IL2.1, IL5.3, IL7.2, IL4.4 nolu hatlarda flavonoid içeriği hariç her antioksidan ilişkili karakterde artışlar meydana gelmiştir. IL11.3 nolu hatta fenolik içerik hariç bütün karakterlerde artışlar olmuştur. IL6.1 nolu hatta katalaz enzim aktivitesi hariç her biyokimyasal karakter için azalmalar meydana gelmiştir. İlginç bir şekilde, tuz stresinde, çok güçlü antioksidan tepkiler göstermiş olan IL2.1 ve IL11.3 nolu hatlarda tuz stresi koşullarında sodyum içeriği azalmış ve potasyum içeriği artmıştır. Bütün bu IL hatları tuz stresine domates bitkisinin tepkilerinin ve genetik kontrollerinin daha iyi anlaşılması için yapılacak ileri düzey çalışmalara birçok genetik materyaller oluşturacaktır.

EK-2

Referanslar

- ALLEN, J.A., CHAMBERS, J.L., STINE, M., Prospects of Increasing Salt Tolerance of Forest Trees, *Tree Physiology*, 14:843-853, 1994.
- ALSCHER, R.G., ERTURK, N., HEATH, L.S., Role of Superoxide Dismutases in Controlling Oxidative Stress in Plants, *Journal of Experimental Botany*, 53:1331-1341, (2002).
- AMTMANN, A., and SANDERS, D., Mechanism of Na⁺ Uptake by Plants Cells, *Advances in Botanical Research*. Academic Press, 76-114, (1999).
- APSE, M.P., AHARON, G.S., SNEDDEN, W.S., BLUMWALD, E., Salt Tolerance Conferred by Overexpression of a Vacuolar Na⁺/H⁺ Antiport in *Arabidopsis*. *Science*, 285: 1256-1258, (1999).
- BAJAJ, S., TARGLLI, J., LIU, L.F. HO, T.H.D., WU, R., Transgenic Approaches to Increase Dehydration-Stress Tolerance in Plants, *Molecular Breeding*, 5:493-503. (1999).
- BERNSTEIN, L., Salt Tolerance of Vegetable Crops in the West, *US. Dep. Agric. Inf. Bull.*, 205:5, (1959).
- BLUMWALD, E., AHARON, G.S., APSE, M.P., Sodium Transport In Plants, *Biochemica et Biophysica Acta*, 1465:140-151, (2000).
- BLUMWALD, E., Tonoplast Vesicles for the Study of Ion Transport in Plant Vacuoles, *Plant Physiology*, 69:731-734, (1987).
- BOLARIN, M.C., PEREZ-ALFOCEA, F., CANO, E.A., ESTAN, M.T., CARO, M., Growth, Fruit Yield, and Ion Concentration in Tomato Ecotypes after Pre- and Post-Emergence Salt Treatments, *Journal American Society for Horticultural Sciences*. 118:655-660, (1993).
- BRADFORD, M. M., A Rapid and Sensitive for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-dye Binding, *Analytical Biochemistry*, 72: 248-254, (1976).
- BRETO, M.P., ASINS, M.J., CARBONELL, E.A., Salt Tolerance in *Lycopersicon* Species. 3. Detection of Quantitative Trait Loci by Means of Molecular Markers. *Theoretical and Applied Genetics*, 88:395-401, (1994).
- BRESSAN, R. A., HASEGAWA, P.M. and PARDO, J.M., Plants use calcium to resolve salt stress, *Trends in Plants Science*, 3(11), (1998).
- CHINNUSAMY, V., ZHU, J.K., Topics in Current Genetics, edited by Hirt, H., Shinozaki, K., Springer- Verlag Berlin Heidelberg, 4:241-270, (2003).
- CHINNUSAMY, V., ZHU, J.K., Understanding and Improving Salt Tolerance in Plants, Published Online January 31, (2005).
- CUSHMAN, J.C., Osmoregulation in plants: Implications for agriculture, *American Zoologist*, 41:758-69, (2001).
- DOGANLAR, S., FRARY, A., KU, H.K., TANKSLEY, S., 2002. Mapping Quantitative Trait Loci in Inbred Backcross Lines of *Lycopersicon pimpinellifolium* (LA1589), *Genome*, 45:1189-1202, (2002).
- ELLIS, R.P., FORSTER, B.P., WAUGH, R., HANDLEY, L.L., ROBINSON, D., GORDON, D.C., POWEL, W., Mapping Physiological Traits in Barley, *New Phytologist*, 137:19-157, (1997).

- EPSTEIN, E., NORLYN, J.D., RUSH, D.W., KINGSBURY, R. W., KELLY, D.B., GUNNIGHAM G.A., WRONA, A.F., Saline Cultures of Crops: A Genetic Approach, *Science*, 210: 399-404, (1980).
- ESHED, Y., ZAMIR, D., An Introgression Line Population of *Lycopersicon pennellii* in the Cultivated Tomato Enables the Identification and Fine Mapping of Yield-associated QTL, *Genetics*, 141:1147-1162, (1995).
- FOOLAD, M.R., Recent Advances In Genetics of Salt Tolerance In Tomato, *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 76:101-119, (2004).
- FOOLAD, M.R., ZHANG, L.P., SUBBIAH, P., Genetics of Drought Tolerance During Seed Germination in Tomato: Inheritance and QTL mapping, *Genome*, 46:536-545, (2003).
- FOOLAD, M.R., CHEN, F.Q., RFLP Mapping of QTLs Conferring Salt Tolerance During the Vegetative Stage in Tomato, *Theoretical and Applied Genetics*, 99:235-243, (1999).
- FOOLAD, M.R., LIN, G.Y., CHEN, F. Q., Comparison of QTLs for Seed Germination under Non-Stress, Cold Stress and Salt Stress in Tomato, *Plant Breeding*, 118:167-173, (1999).
- FOOLAD, M.R., LIN, G.Y., Absence of a Genetic Relationship between Salt Tolerance During Seed Germination and Vegetative Growth in Tomato, *Plant Breeding*, 116:167-173, (1997a).
- FOOLAD, M.R., LIN, G.Y., Genetic Analysis of Low Temperature Tolerance During Germination in Tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill., *Plant Breeding*, 117:171-176, (1998).
- FOOLAD, M.R., STOLTZ, T., DERVINIS, C., RODRIQUEZ, R.L., JONES, R.A., Mapping QTLs Conferring Salt Tolerance During Germination in Tomato by Selective Genotyping, *Molecular Breeding*, 3:269-277, (1997b).
- FOOLAD, M. R., LIN, G.Y., Relationship Between Cold Tolerance During Seed Germination and Vegetative Growth in Tomato: Analysis of Response and Correlated Response to Selection, *Journal American Society for Horticultural Sciences*, 126:216-220, (2001).
- FLOWERS, T. J., TROKE, P.F., YEO, A.R., The Mechanism of Salt Tolerance in Halophytes, *Annual Review of Plant Physiology*, 28:89-121.
- FLOWERS, T. J., 2004. Improving Crop Salt Tolerance, *Journal of Experimental Botany*, 55: 307-319, (1977).
- FLOWERS, T.J., HALJIBEGHERI, M. A., CLIPSON, N. J. W., Halophytes, *The Quarterly Review of Biology*, 61:313-337, (1986).
- GALSTON, A.W., KAUR-SAWHNEY, R., ALTABELLA, T., TUBIRCO, A.F., Plant Polyamines in Reproductive Activity and Response to Abiotic Stress, *Bot.Acta*, 110: 197-207, (1997).
- GAXIOLA, R., Li, J., UNDURRAGA, S., DANG, L.M., ALLEN, G.J., ALPER, S.L., FINK, G.R., Drought- and Salt-Tolerant Plants Results from Overexpression of the AVPI H⁺-Pump, *Proceedings of the National Academy Science*, 98:11444-11449, (2001).
- GIANNOPOLITIS, C.N., RIES, S.K., Superoxide Dismutases Occurrence in Higher Plants, *Plant Physiology*, 59:309-314, (1977).
- GREENWAY, H., MUNNS, R., Mechnaism of Salt Tolerance in non-Halophytes, *Ann. Rev. Plant Physiology*. 31:149-190, (1980).
- GROVER, A., SAHL, C., SANAN, N., GROVER, A., Taming Abiotic Stresses in Plants Through Genetic Engineering; Current Strategies and Perspective, *Plant Science*, 143:101-111, (1999).
- GUO, Y., HALFTER, U., ISHANTI, M., ZHU, J.K., Molecular Characterization of Functional Domains in the Protein Kinase SOS2 that is Required for Plant Salt Tolerance, *Plant Cell*, 13:1383-1400, (2001).

- GUO, Y., QUI, Q.S., QUINTERO, F.J., PARDO, J.M., OHTA, M., ZHANG, C., SCHUMAKER, K.S., ZHU, J.K., Transgenic Evolution of Activated Mutant Alleles of SOS2 Reveals a Critical Requirement for its Kinase Activity and C-terminal Regulatory Domain for Salt Tolerance in *Arabidopsis thaliana*, *Plant Cell*, 16:435-449, (2004).
- HALFTER, U., ISHANTI, M., ZHU, J.K., The Arabidopsis SOS2 Protein Kinase Physically Interacts with and is Activated by the Calcium-Binding Protein SOS3, *Proceedings of the National Academy Science. USA*, 97:3735-3740, (2000).
- HALLIWELL, B., GUTERIDG, J.M.C., Free Radicals in Biology and Medicine, Oxford University Press, Landon, U.K., (1985).
- ISHITANI, M., LIU, U., HALFTER, U., KIM, C.S., SHI, W., ZHU, J.K., "SOS3 Function in Plant Salt Tolerance Requires *N*-myristoylation and Calcium Binding, *Plant Cell*, 12:1667-1677, (2000).
- JOCOPY, B., Mechanism Involved in Salt Tolerance by Plants, Handbook of Plant and Crop Science, Edited by Pessaraki, M., 97-123, (1994).
- JONES, R.A., HASHIM, M., EL-BELTAGY, A.S., Developmental Responsiveness of Salt-Tolerant and Salt-Sensitive Genotypes of *Lycopersicon*, Arid Lands: Today and Tomorrow. Edited by Whitehead E., Hutchison, F.F., Timmema, B., Varazy, R., 765-772, (1988).
- JONES, R.G., AHMED, N., STOREY, R., Taxonomic and Ecological Aspects of the Distribution of Glycinebetaine and Related Compounds in Plants, *Oecologia*, 27:319-332, (1977).
- KALEFETOGLU, T. and EKMEKCI, Y., The effects of drought on plants and tolerance mechanisms, *G. U. Journal of Science*, 18(4):723-740, (2005).
- LEE, K.W., KIM, Y.J., LEE, H.J., LEE, C.Y., Cocoa has more phenolic phytochemicals and a higher antioxidant capacity than teas and red wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51, 7292-7295, (2003).
- LESTER, E.G., HODGES, M.D., MEYER, D.R., MUNRO, D.K., Pre-extraction Preparation (Fresh, Frozen, Freeze-Dried, or Acetone Powdered) and Long-Term Storage of Fruit and Vegetable Tissues: Effects on Antioxidant Enzyme Activity, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52:2167-2173, (2004).
- LILIUS, G., HOLMBERG, N., BULOW, L., Enhanced NaCl Stress Tolerance in Transgenic Tobacco Expressing Bacterial Choline Dehydrogenase, *Biotechnology*, 14:177-180, (1996).
- LIU, J., ISHANTI, M., HALFTER, U., KIM, C.S., ZHU, J.K., The *Arabidopsis thaliana* SOS2 Gene Encodes a Protein Kinase That is Required for Salt Tolerance, *Proceedings National Academy Science. U.S.A.*, 97:3730-3734, (2000).
- LIU, J., and ZHU, J.K., A Calcium Sensor Homolog Required for Plant Salt Tolerance, *Science*, 280:1943-1945, (1998).
- LYON, C.B., Responses of Two Species of Tomatoes and the F1 Generation to Sodium Sulphate in the Nutrient Medium, *Botanical Gazette*, 103:107-122, (1941).
- MAAS, E.V., Salt Tolerance of Plants, *Appl. Agric. Res.*, 1:12-26, (1986).
- MAAS, E.V., Crop, Agricultural Salinity Assessment and Management, edited by Tanji, K.K., 262-304, (1990).
- MANO, Y., TAKEDA, K., Mapping Quantitative Trait Loci for Salt Tolerance at Germination and the Seedling Stage in Barley (*Hordeum vulgare* L.), *Euphytica*, 94:263-272, (1997).
- MAATHIUS, F.J.M., AMTMANN, A., K⁺ Nutrition and Na⁺ Toxicity: The Basis of Cellular K⁺/Na⁺ Ratios, *Annals of Botany*, 84:123-133, (1999).

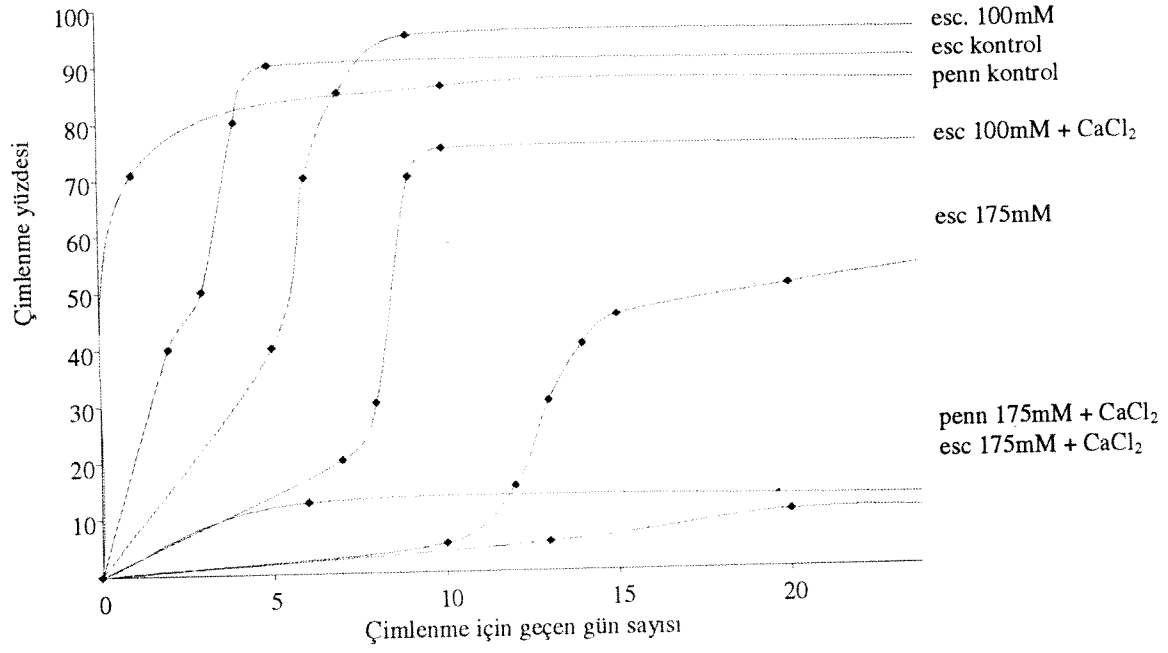
- MAGGIO, A., RAIMONDI, G., MARTINO, A. and PASCALE, S.D., Salt stress response in tomato beyond the salinity tolerance threshold, *Environmental and Experimental Botany*, 59:276–282, (2007).
- MAAJAN, S., TUTEJA, N., Cold, Salinity and Drought Stresses: An overview, *Archives Biochemistry Biophysics*, 444:139-158, (2005).
- MARSCHNER, R., TERMAAT, A., Whole Plant Responses to Salinity, *Aust. J. Plant Physiology*, 13:143-160, (1995).
- MIMURA, T., KURA-HOTTA, M., TSUJIMURA, T., OHNISHI, M., MIURA, M., OKAZAKI, Y., MIMURA, M., MAESHIMA, M., WASHITANI-NEMOTO, S., Rapid Increase of Vacuolar Volume in Response to Salt Stress, *Planta*, 216(3): 397-402, (2003).
- MITTOVA, V., GUY, M., TAL, M., VOLOKITA, M., Salinity up-regulates the antioxidative system in root mitochondria and peroxisomes of the wild salt-tolerant tomato species *Lycopersicon pennellii*, *Jornal of Experimental Botany*, 55:1105-1113, (2005).
- MITTOVA, V., GUY, M., TAL, M., VOLOKITA, M., Response of the cultivated tomato and its wild salt-tolerant relative *Lycopersicon pennellii* to salt dependent oxidative stress: increased activities of antioxidant enzymes in root plastids, *Free Radical Research*, 36(2):195-202, (2002).
- MONFERTE, A.J., ASINS, M.J., CARBONEL, E.A., Salt Tolerance in *Lycopersicon* Species, VI. Genotype-by-Salinity Interaction in Quantitative Trait Loci Detection: Constitutive and Response QTLs, *Theoretical and Applied Genetics*, 95:706-713, (1997).
- MUNNS, R., TERMAAT, A., Whole Plant Responses to Salinity, *Aust.J. Plant Physiol.*, 13:143-160, (1986).
- MUNNS, R., Genes and Salt Tolerance:bringing them together, *New Phytologist*, 167:645-663, (2005).
- NAVARRO, J. M., FLORES, P., GARRIDO, C. and MARTINEZ, V., Changes in the contents of antioxidants compounds in pepper fruits at different ripening stages, as affected by salinity, *Food Chemistry*, 96:66-73, (2006).
- OSAWA, T., Studies on the Salt Tolerance of Vegetable Crops with Special Reference to Osmotic Effects and Specific Ion effects, *J. Jap. Soc. Hort. Sci.*, 32 :63-75, (1963).
- QUESADA, V., GARCIA-MARTINEZ, S., PIQUERAS, P., PONCE, M.R., MICOL, J.L., Genetic Architecture of NaCl Tolerance in *Arabidopsis*, *Plant Physiology*, 130:951-963, (2002).
- PASTERNAK, D., TWERSKY, M., DELMALLACH, Y., Salt Resistance in Agriculture Crops, *Stress Physiology in Plants*, Edited by Mussell, H., Staples, R.C, (1979).
- POEHLMAN, J.M., *Breeding Field Crops*, Van Nostrand reinhold, New York, 724, (1987).
- RATHINASABAPATHI, B., Metabolic Engineering for Stress Tolerance: Installing Osmoprotectant Synthesis Pathway, *Annals of Botany*, 86:709-716, (2000).
- RHANNAMA, H. and EBRAHIMZADEH, H., The effect of NaCl on antioxidan enzyme activities in patato seedlings, *Biologia Plantarum*, 49(1):93-97, (2005).
- RICK, C.M., Potential Improvement of Tomatoes by Controlled Introgression of Genes from Wild Species”, *Proc.Conf.Broadening Genetic Base of Crops*, Edited by Pudoc and Wageningen, 167-173, (1979).
- RONTEIN, D., BASSET, G., HANSON A.D., Metabolic Engineering of Osmoprotectant Accumulation in Plants, *Metabolic Engineering*, 4:49-56, (2002).

- ROXAS, V.P., LODHI, S.A., GARRET, D.K., MAHAN, J.R., ALLEN, R.D., Stress Tolerance in Transgenic Tobacco Seedlings that Overexpress Glutathione S-transferase/ glutathione Peroxidase, *Plant Cell Physiology*, 41:1229-1234, (2000).
- ROUSSEAU, M.C., JONES, C.M., ADAMS, D., CHETELAT, R., BENNETT, A., POWELL, A., QTL analysis of fruit antioxidants in tomato using lycopersicon pennellii introgression lines, *Theoretical Applied Genetics*, 111:1396-408, (2005).
- SCALFI, L., FOGLIANO, V., PENTANGELO, A., GRAZIANI, G., GIORDANO, I., RITIENI, A., Antioxidant Activity and General Fruit Characteristics in Different Ecotypes of Small Tomatoes, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48:1363-1366, (2000).
- SERRANO, R., CULIANZ-MACIA, F.A., MORENO, V., Genetic Engineering of Salt and Drought Tolerance with Yeast Regulatory Genes, *Scientia Horticulture*, 78:261-269, (1999).
- SHALATA, A., TAL, M., The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in the leaf of the cultivated tomato and its wild-salt tolerant relative *Lycopersicon pennellii*, *Physiologia Plantarum*, 104:169-174, (1998).
- SHANNON, M.C., GRIEVE, C.M., Tolerance of Vegetable Crops to Salinity, *Scientia Horticulture*, 78:5-38, (1999).
- SHEN, B., JENSEN, R.G., BOHNERT, H.J., Increased Resistance to Oxidative Stress in Transgenic Plants by Targeting Mannitol Biosynthesis to Chloroplasts, *Plant Physiology*, 113:1177-1183, (1997).
- SHI, H., ISHANTI, C.S., KIM, C.S., ZHU, J.K., The *Arabidopsis thaliana* Salt Tolerance Gene SOS1 Encodes a Putative Na⁺/H⁺ Antiporter, *Proceedings National Academy Science USA*, 97:6896-6901, (2000).
- SHI, H., QUINTERO, F.J., PARDO, J.M., ZHU, J.K., The Putative Plasma Membrane Na⁺/H⁺ Antiporter SOS1 Controls Long-Distance Na⁺ Transport in Plants, *Plant Cell*, 14:465-477, (2002).
- SHI, H., LEE, B.H., WU, S.J., ZHU, J.K., Overexpression of a Plasma Membrane Na⁺/H⁺ Antiporter Improves Salt Tolerance in *Arabidopsis*, *Nature Biotechnology*, 21: 81-85, (2003).
- SCHACHTMAN, D.P., LIU, W., Piecing Together the Puzzle of the Interaction Between Potassium and Sodium Uptake in Plants, *Trends Plant Science*, 4: 281-287, (1999).
- TANAKA, Y., HIBINO, T., HAYASHI, Y., TANAKA, A., KISHITANI, TAKABE, T., YOKOTO, S., 1999. Salt Tolerance of Transgenic Rice Overexpressing Yeast Mitochondrial Mn-SOD in Chloroplasts, *Plant Science*, 148:131-138, (1999).
- TAZAWA, M., OKAZAKI, Y., Dependence of Plasmalemma Conductance and Potential on Intracellular Free Ca²⁺ in Tonoplast-Removed Cells of a Brackish Water Characeae *Lamprothamnium*, *Plant and Cell Physiology*, 28:703-708, (1987).
- THOMAS, J.C., SEPAHI, M., ARENDALL, B., BOHNERT, H.J., Enhancement of Seed Germination in High Salinity by Engineering Mannitol Expression in *Arabidopsis thaliana*, *Plant Cell Environment*, 18:801-806, (1995).
- THOMAS, J.C., MCELWAIN, E.F., BOHNERT, H.J., Convergent Induction of Osmotic Stress-Responses : Abscisic Acid, Cytokinin, and the Effects of NaCl, *Plant Physiology*, 100(1):416-423, (1992).
- TYERMAN, S.D., SKERRETT, M., Root Ion Channels and Salinity, *Scientia Horticulture*, 78:175-235, (1999).
- VICHNEVETSKAIA, K. D., and ROY, D.N., Oxidative stress and antioxidative defense with an emphasis on plants antioxidants, *Environmental Reviews*, 7:31-51, (1999).
- VOLKMAR, K.M., HU, Y., STEPPPUHN, H., Physiological Responses of Plant to Salinity: a review, *Canadian Journal of Plant Science*, 78:19-27, (1998).

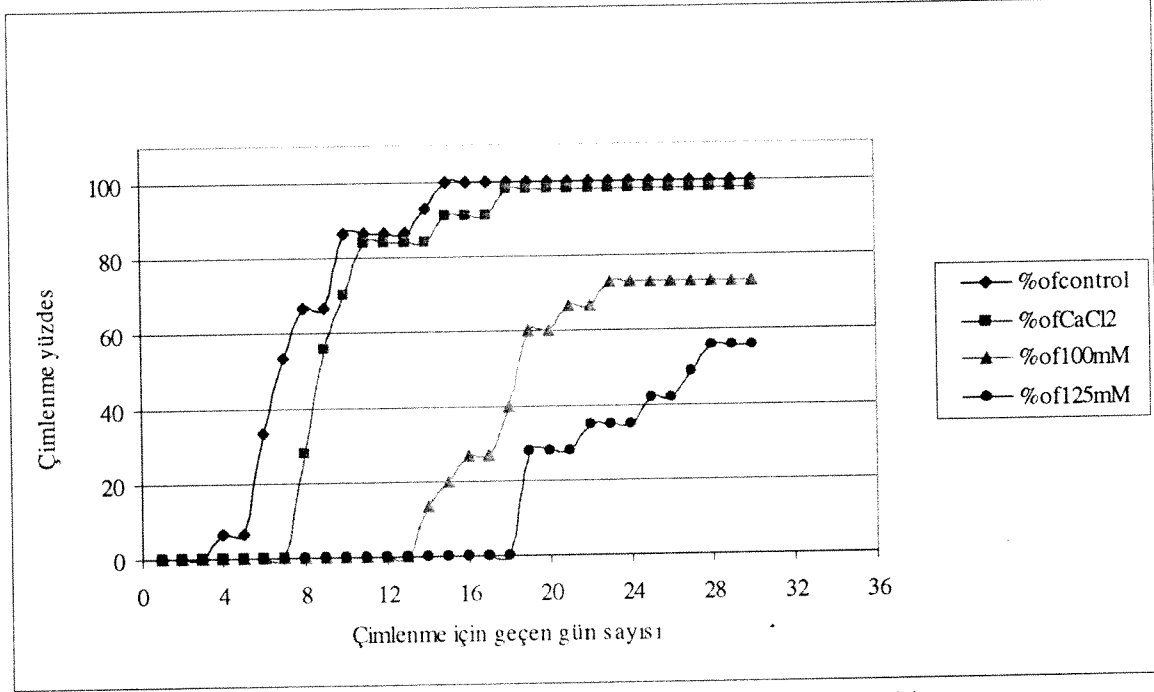
- WANG, J.H., ZHANG, H., ALLEN, R.D., Overexpression of an Arabidopsis Peroxisomal Ascorbate Peroxidase Gene in Tobacco Increase Protection Against Oxidative Stress, *Plant Cell*, 40:725-732, (1999).
- WHITE P.J., The Molecular Mechanisms of Sodium Influx to Root Cells, *Trends Plant Science*, 7:245-246, (1999).
- WINIKOV,I., New Molecular Approaches to Improving Salt Tolerance in Crop Plants, *Annals of Botany*, 82:703-710, (1998).
- XIONG, L., and ZHU, J.K., Salt Tolerance, The Arabidopsis Book, p. 1-22. (2002).
- YANCEY, P.H., CLARK, M.E., HAND, S.C., BOWLUS, R.D., SOMERO, G.N., Living with Water Stress: Evolution of Osmolyte Systems, *Science*, 24:217(4566):1214-1222, (1982).
- YAMAGUCHI, T., and BLUMWALD, E., Developing Salt -Tolerant Crop Plants: Challenges and Opportunities, *TRENDS in Plant Science*, 10(12):615-619, (2005).
- ZHANG, H.X., BLUMWALD, E., Transgenic Salt Tolerant Tomato Plants Accumulate Salt in Foliage but not in Fruit, *Nature Biotechnology*, 19:765-768, (2001).
- ZHANG, H.X., HODSON, J. N., WILLIAMS, J. P., BLUMWALD, E., Engineering Salt Tolerant Brassica Plants: Characterization of Yield and Seed Oil Quality in Transgenic Plant with Increased Vacuolar Sodium Accumulation, *Proceedings National Academy Science U.S.A.*, 98:12832-12836, (2001).
- ZHU, J.K., CHINNUSAMY, V., JAGENDORF, A., Understanding and Improving Salt Tolerance in Plants, Published Online, (2005).
- ZHU, J.K., Regulation of Ion Homeostasis Under Salt Stress, *Current Opinion in Plant Biology*, 6:443-445, (2003).
- ZHU, J.K., Plant salt tolerance, *TRENDS in Plant Science*, 6(2):66-71, (2001).
- ZHU, J.K., Salt and Drought Stress Signal Transduction in Plants, *Annual Reviews in Plant Biology*, 53:247-273, (2002).
- ZHU, J.K., HASEGAWA, P.M., BRESSAN, R.A., Molecular Aspects of Osmotic Stress in Plants, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 16:253-277, (1997).

**TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU**

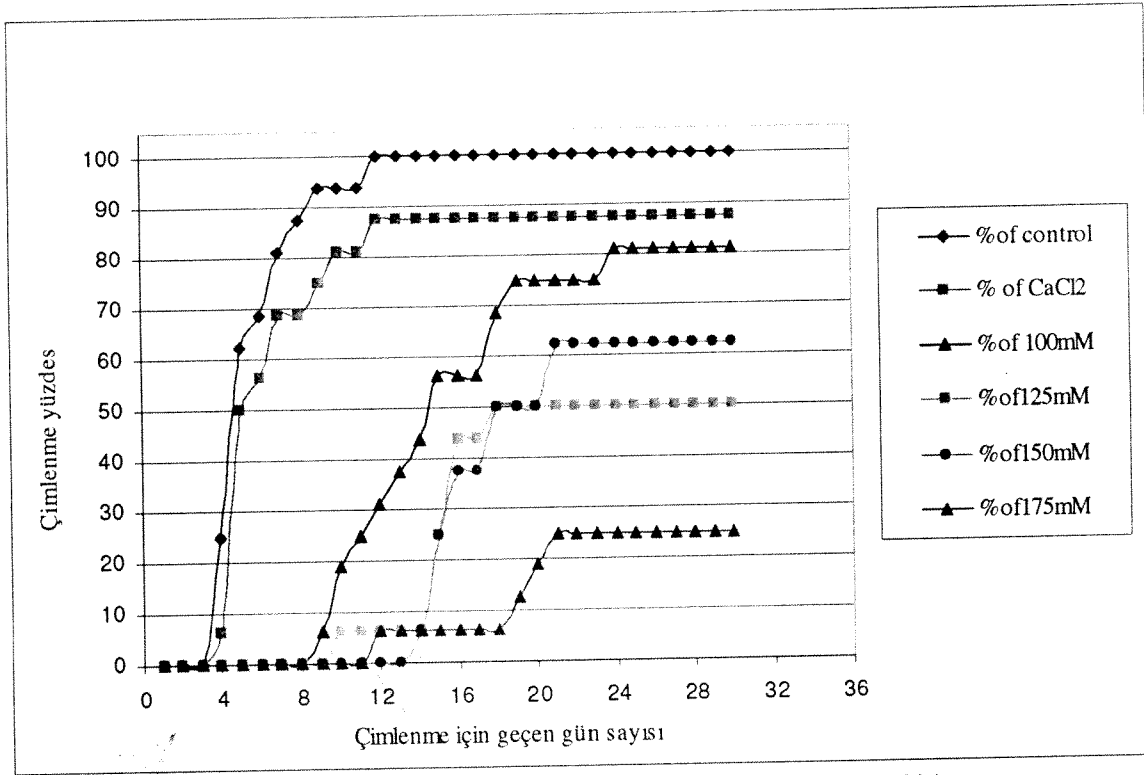
Proje No: 103T173
Proje Başlığı: Domates'te (<i>Lycopersicon esculentum</i>) Tuza Dayanıklılığın Fizyolojik ve Genetik Karakterizasyonu
Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar: Doç. Dr. Sami Doğanlar, Doç. Dr. Anne Frary, Dr. Davut Keleş, Hasan Pınar, Deniz Göl
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Fen Fakültesi Moleküler Biyoloji & Genetik Bölümü, Urla, İzmir 35430
Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi:
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 01.07.2004 – 01.07.2007
Öz (en çok 70 kelime) Toprak tuzluluğu tarımsal üretimi kısıtlayan önemli bir çevresel faktördür. Aralarında domates bitkisinde bulunduğu pek çok bitki türü toprak tuzluluğuna hassastır. Toprak tuzluluğuna karşı bazı bitkiler morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler düzeyde adaptasyon mekanizmaları geliştirmişlerdir. Bu adaptasyon mekanizmalarının anlaşılması gerek geleneksel ve gerekse biyoteknolojik yöntemlerle tuzluluğa toleranslı çeşitlerin geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu projede tuz stresinin tuza duyarlılıkları farklı yabancı domates türleri ile kültür çeşitlerinin büyüme özellikleri, Na, K ve Ca düzeyi, superoksit dismutaz, askorbat peroksidaz, katalaz ve glutasyon peroksidaz düzeyi üzerindeki etkisi incelenmiştir.
Anahtar Kelimeler: Tuzluluk, domates, antioksidatif enzimler, introgression hatları, genetik haritalama
Projeden Yapılan Yayınlar:



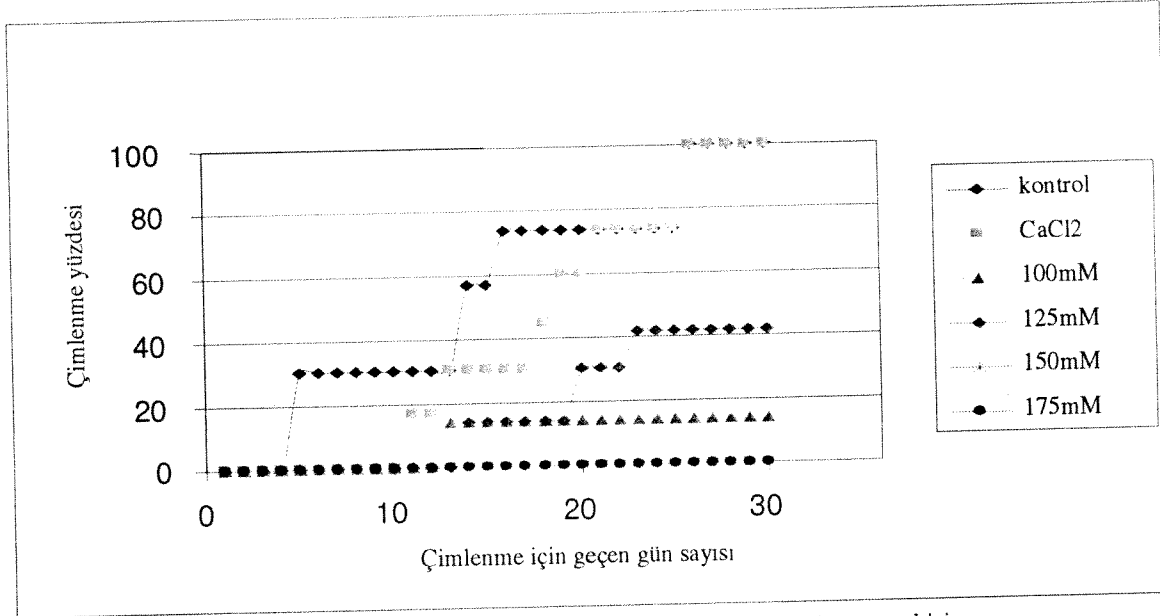
Şekil 1. *L. esculentum* cv. M82 ve *L. pennellii* LA716 tohumlarının kontrol (su + agar ortam) ve değişik tuz uygulamalarına (100 and 175 mM NaCl) çimlenme tepkisi



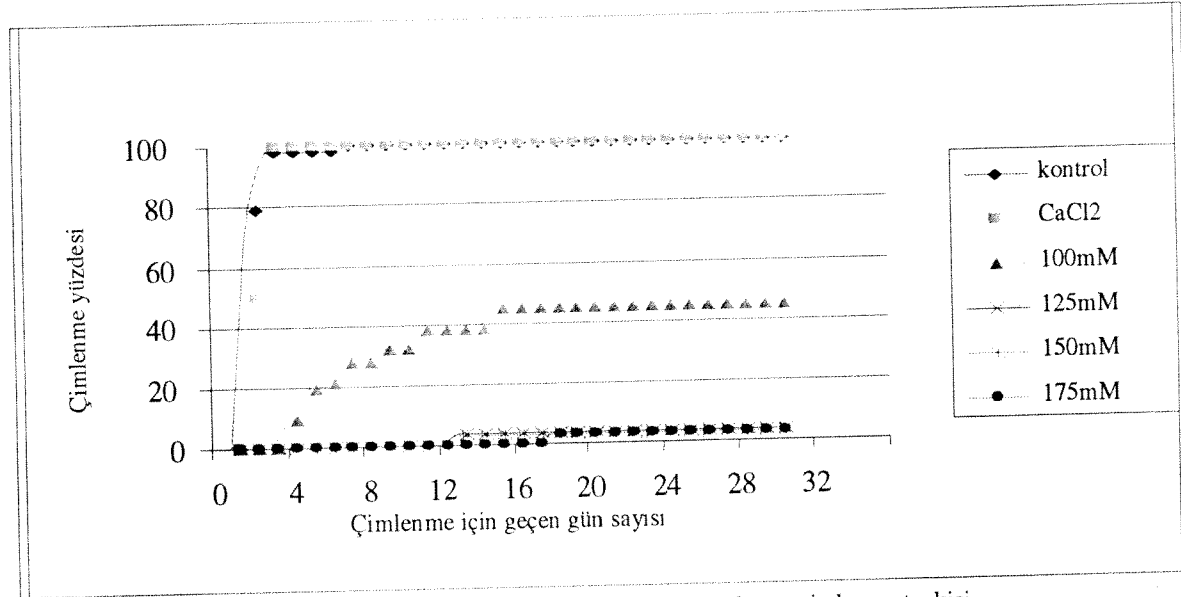
Şekil 2. *L. esculentum* cv. M82'nin kontrol ve değişik tuz uygulamalarına çimlenme tepkisi



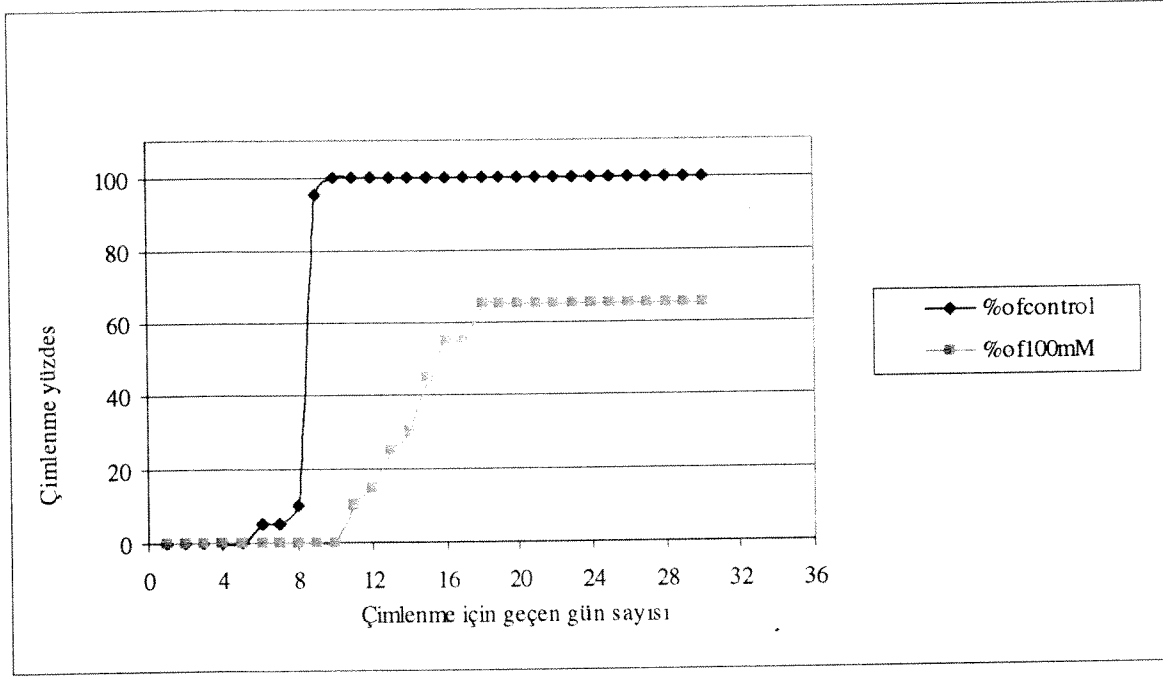
Şekil 3. *L. esculentum* cv. SC2121'in kontrol ve değişik tuz uygulamalarına çimlenme tepkisi



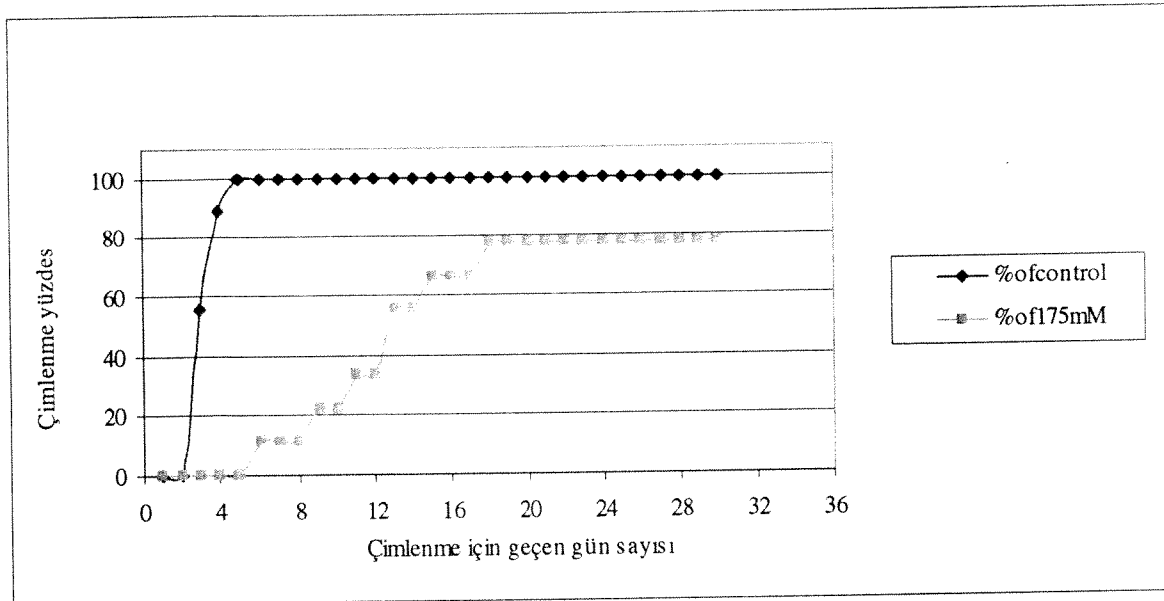
Şekil 4. *L. esculentum* cv. TA496'nın kontrol ve değişik tuz uygulamalarına çimlenme tepkisi



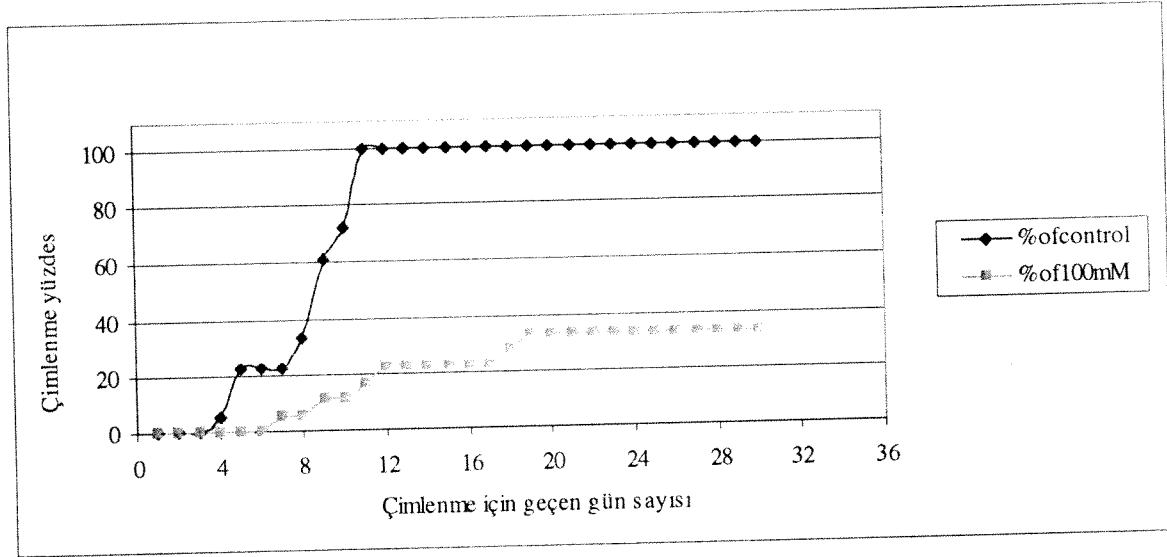
Şekil 5. *L. pimpinellifolium* LA1589'un kontrol ve değişik tuz uygulamalarına çimlenme tepkisi



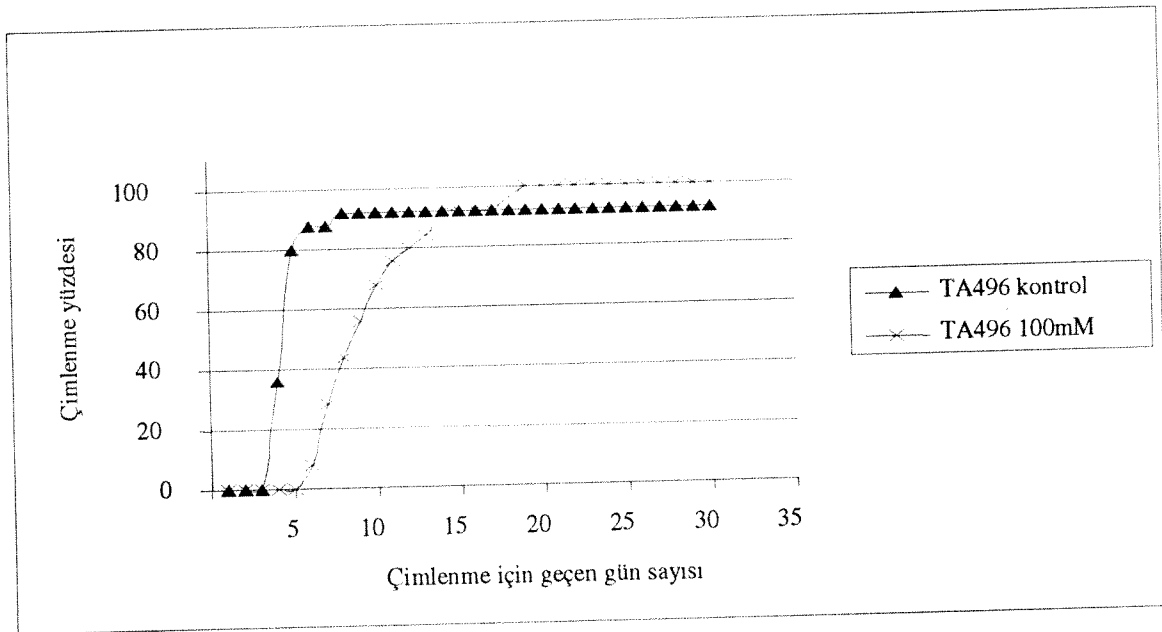
Şekil 6. *L. pimpinellifolium* L3708'in kontrol ve değişik tuz uygulamalarına çimlenme tepkisi

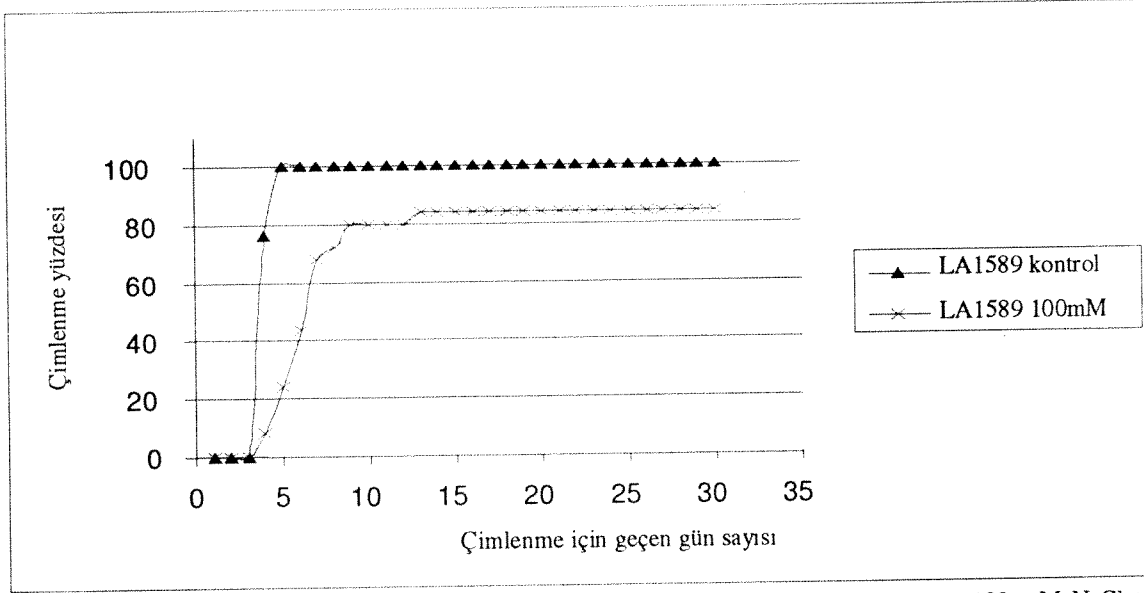


Şekil 7. *L. peruvianum* LA2744'ün kontrol ve değişik tuz uygulamalarına çimlenme tepkisi

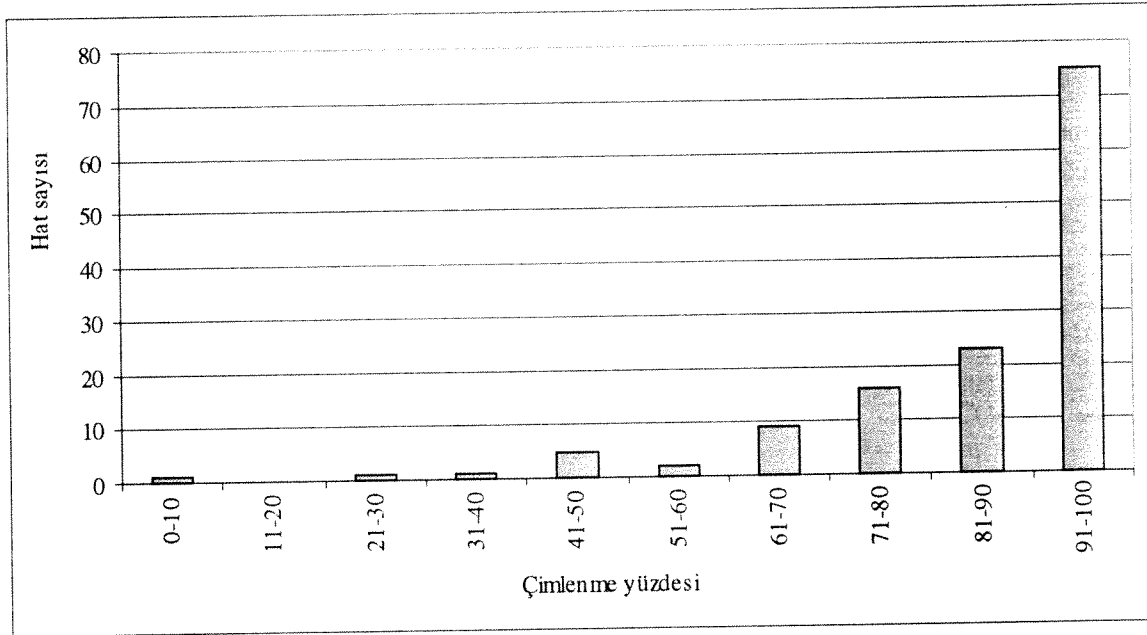


Şekil 8. *L. hirsutum* LA1223'ün kontrol ve değişik tuz uygulamalarına çimlenme tepkisi

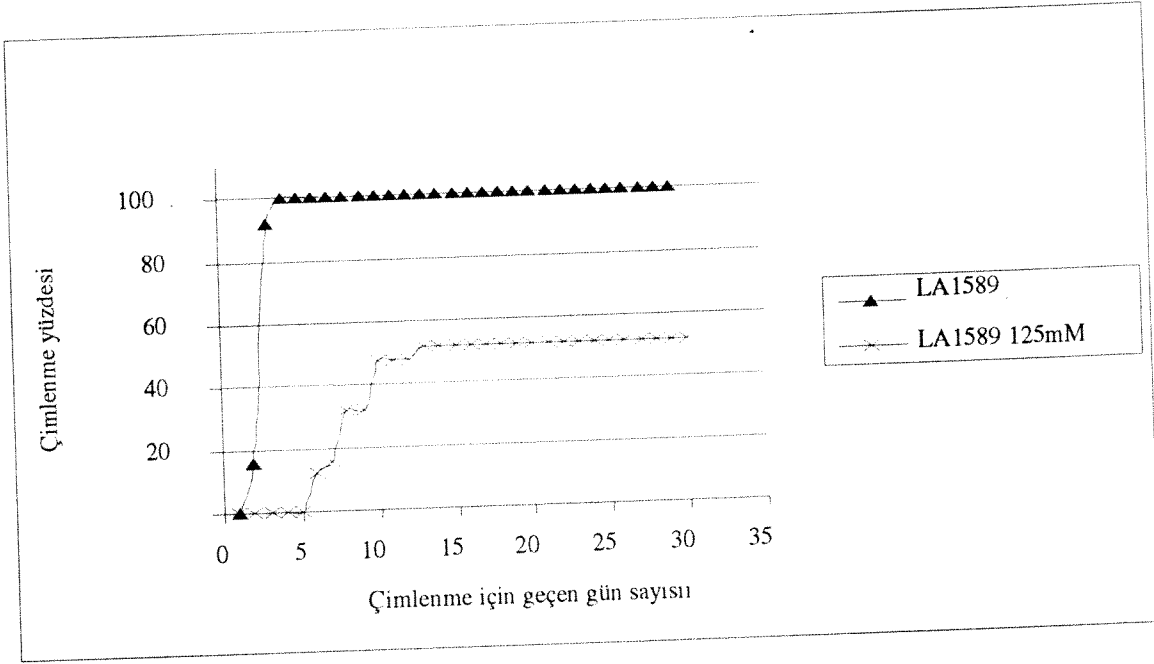
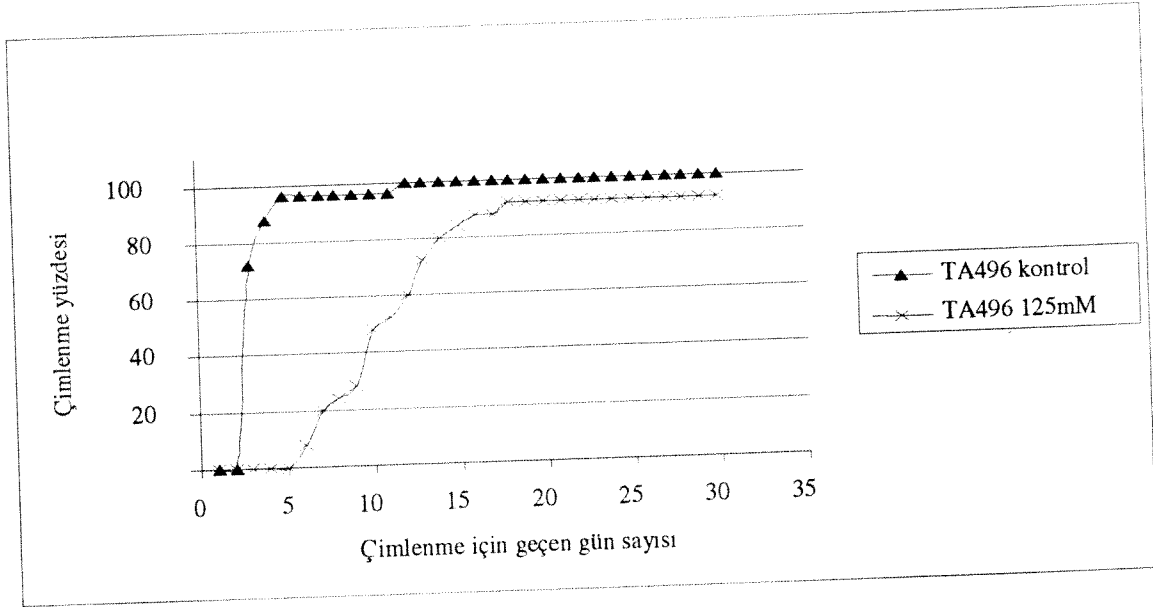




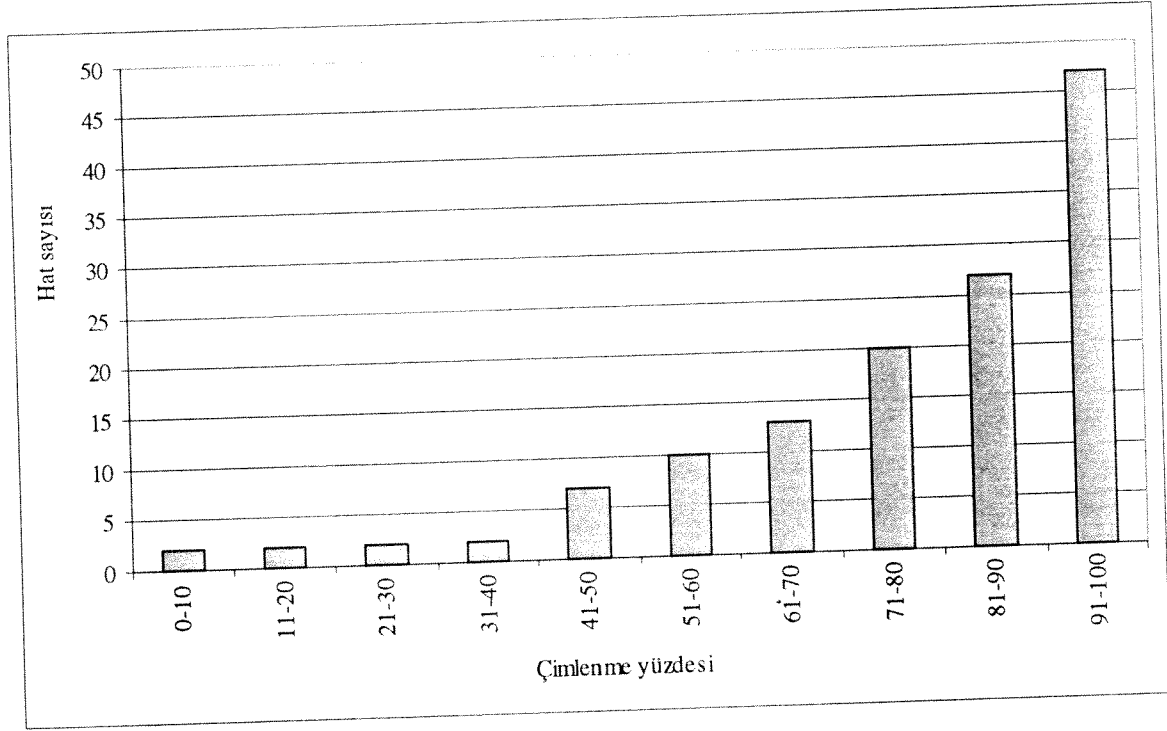
Şekil 9 a/b. *L. esculentum* cv. TA496 (9a) ve *L. pimpinellifolium* LA1589 (9b) kontrol ve 100 mM NaCl tuz uygulamasında çimlenme tepkileri



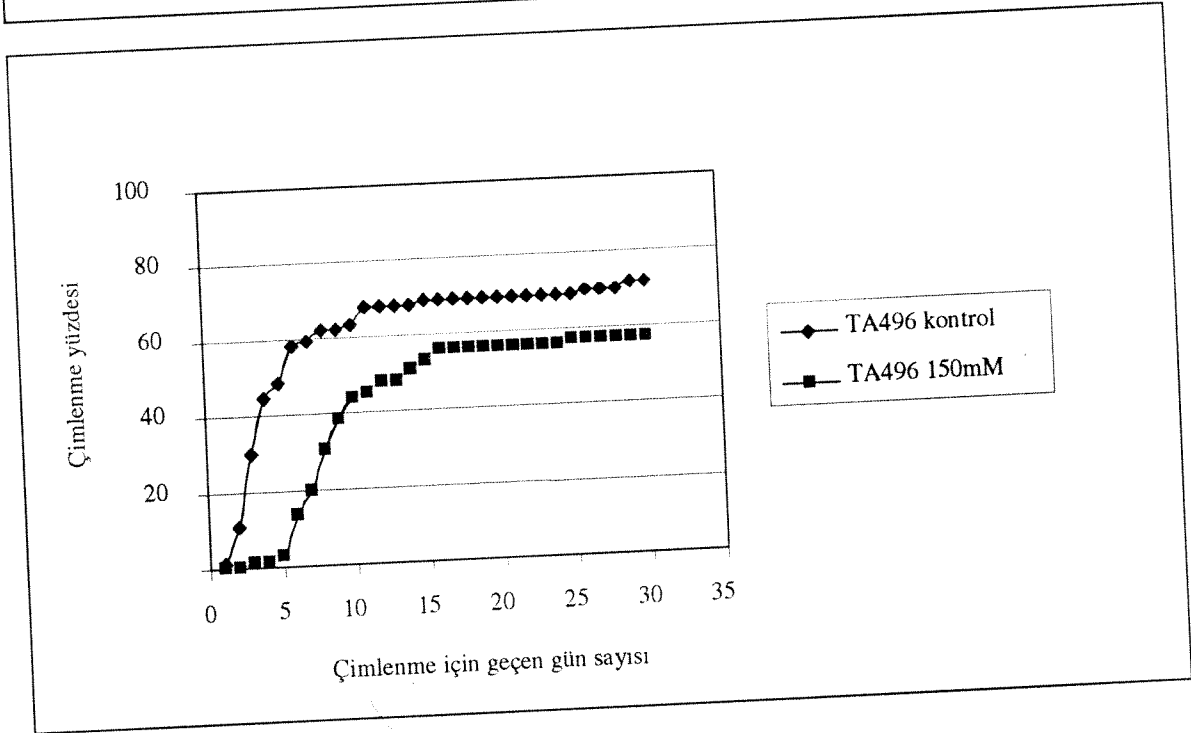
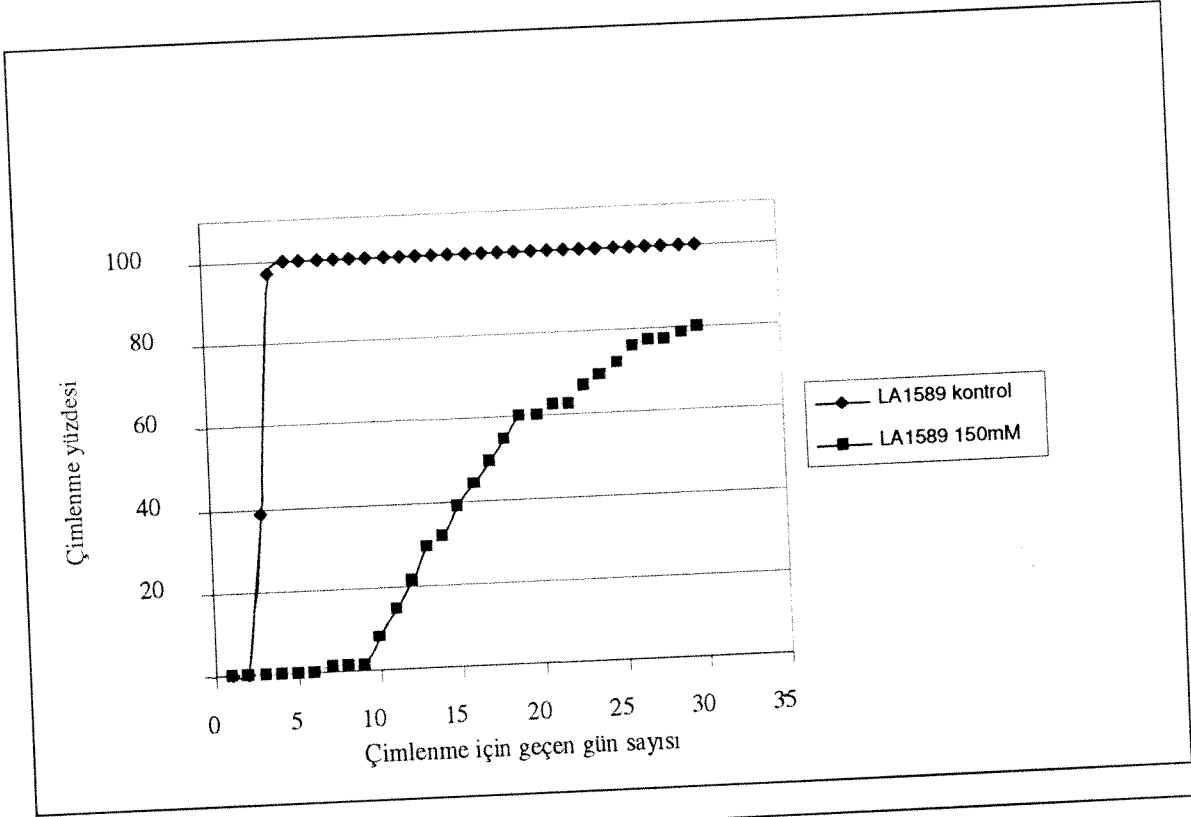
Şekil 10. 100 mM tuz uygulaması için çimlenme % deki farklılığı gösteren dağılım histogramı



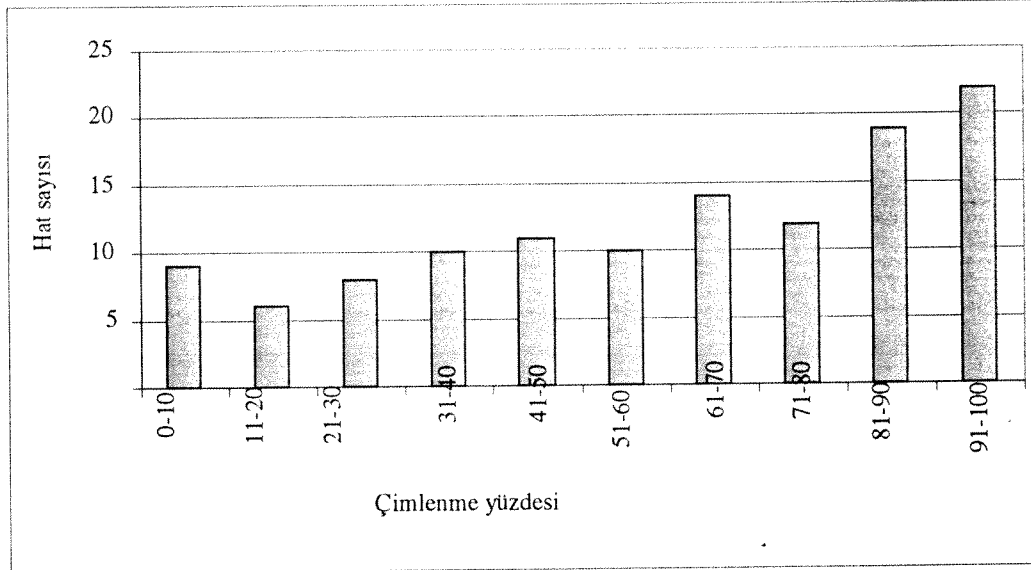
Şekil 11 a/b. *L. esculentum* cv. TA496 ve *L. pimpinellifolium* LA1589 kontrol ve 125 mM NaCl tuz uygulamasında çimlenme tepkileri



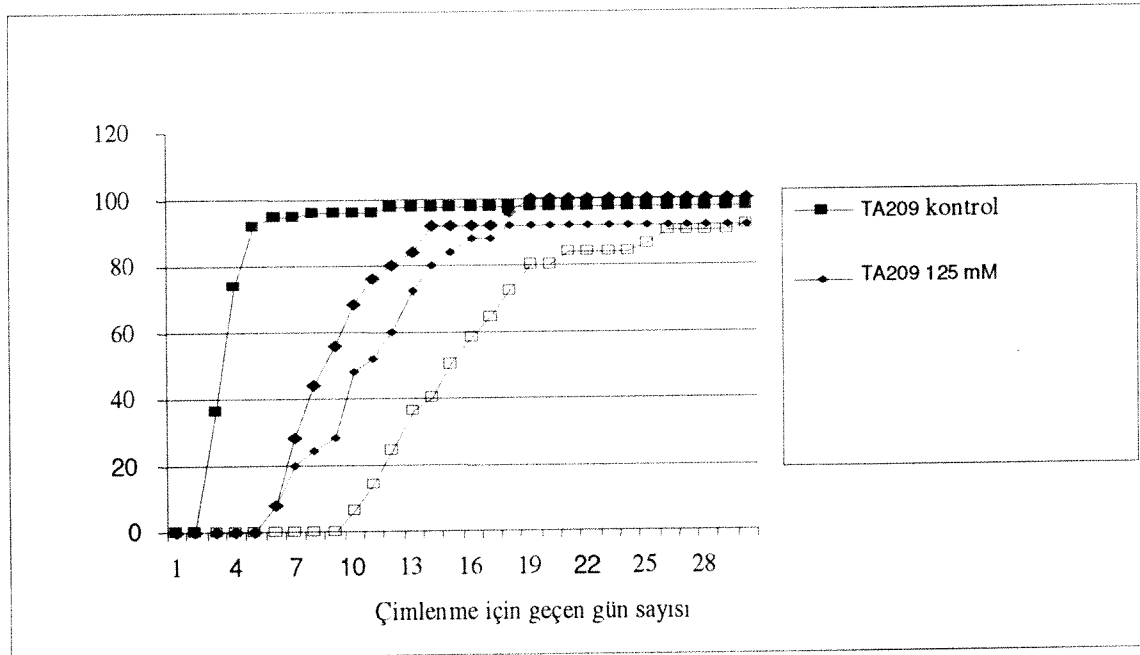
Şekil 12. 125 mM tuz uygulaması için çimlenme % deki farklılığı gösteren dağılım histogramı

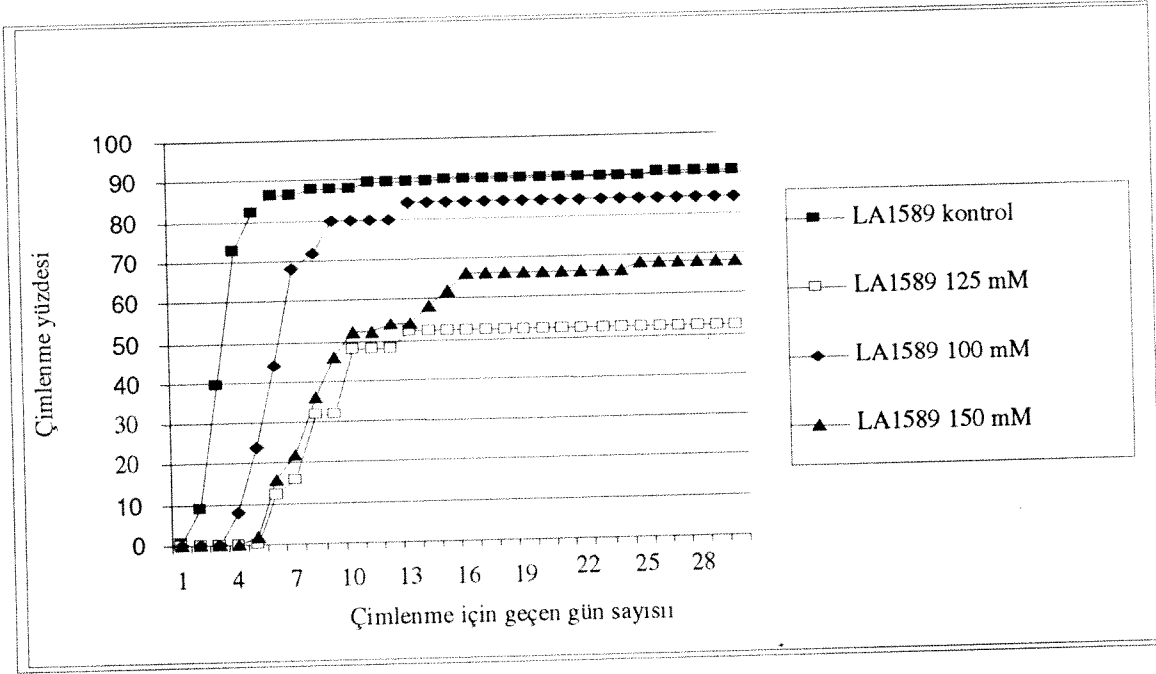


Şekil 13 a/b. 150 mM NaCl ve kontrol şartlarında *L. pimpinellifolium* LA1589 ve *L. esculentum* TA496 çimlenme tepkisi



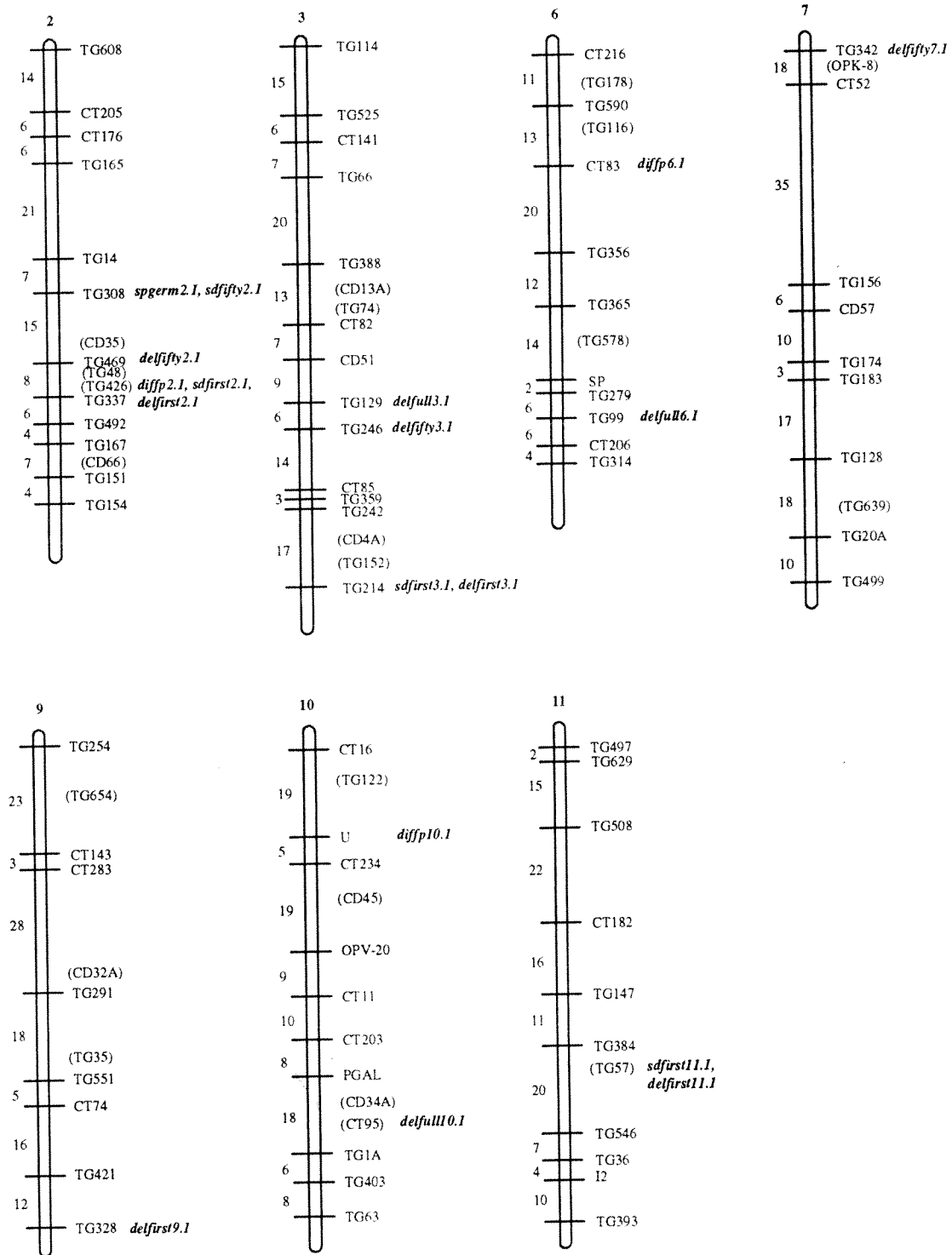
Şekil 14. 150 mM tuz uygulaması için çimlenme % deki farklılığı gösteren dağılım histogramı

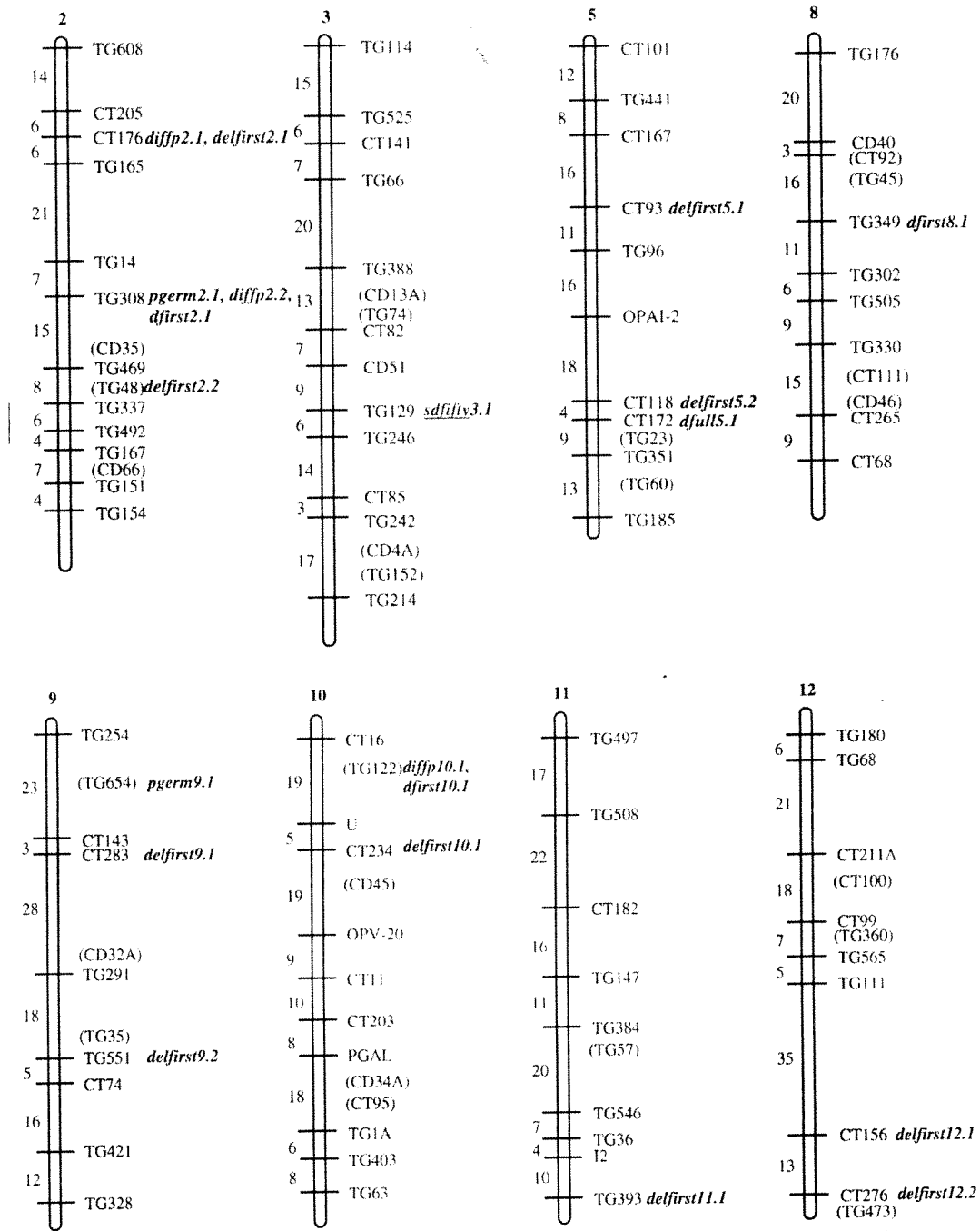




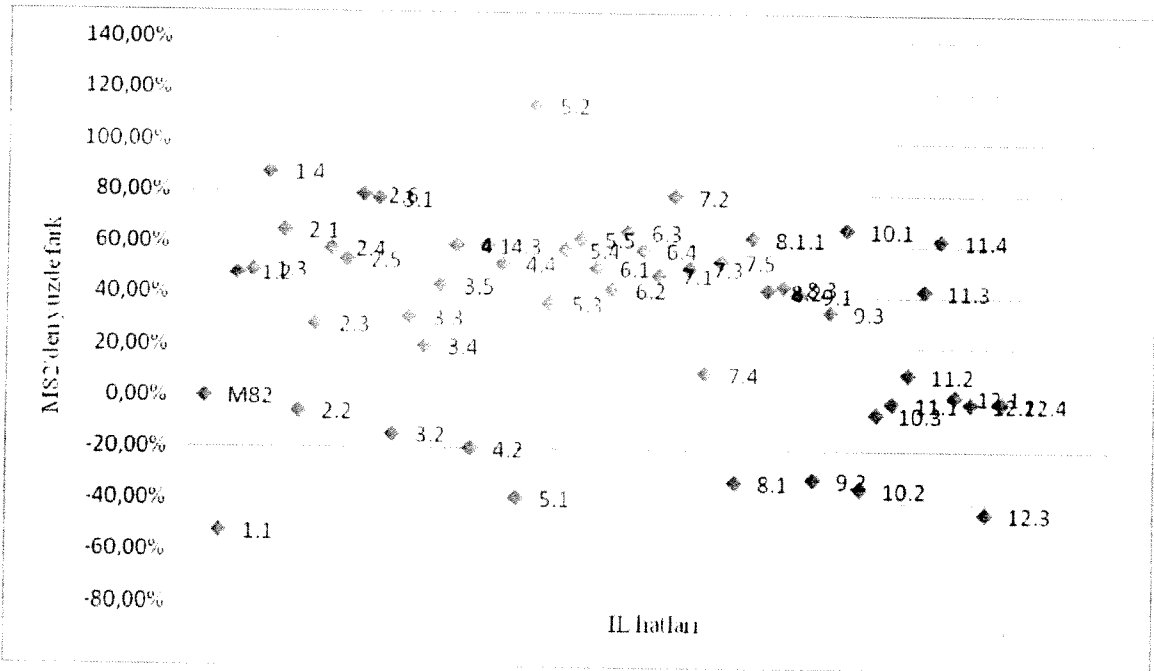
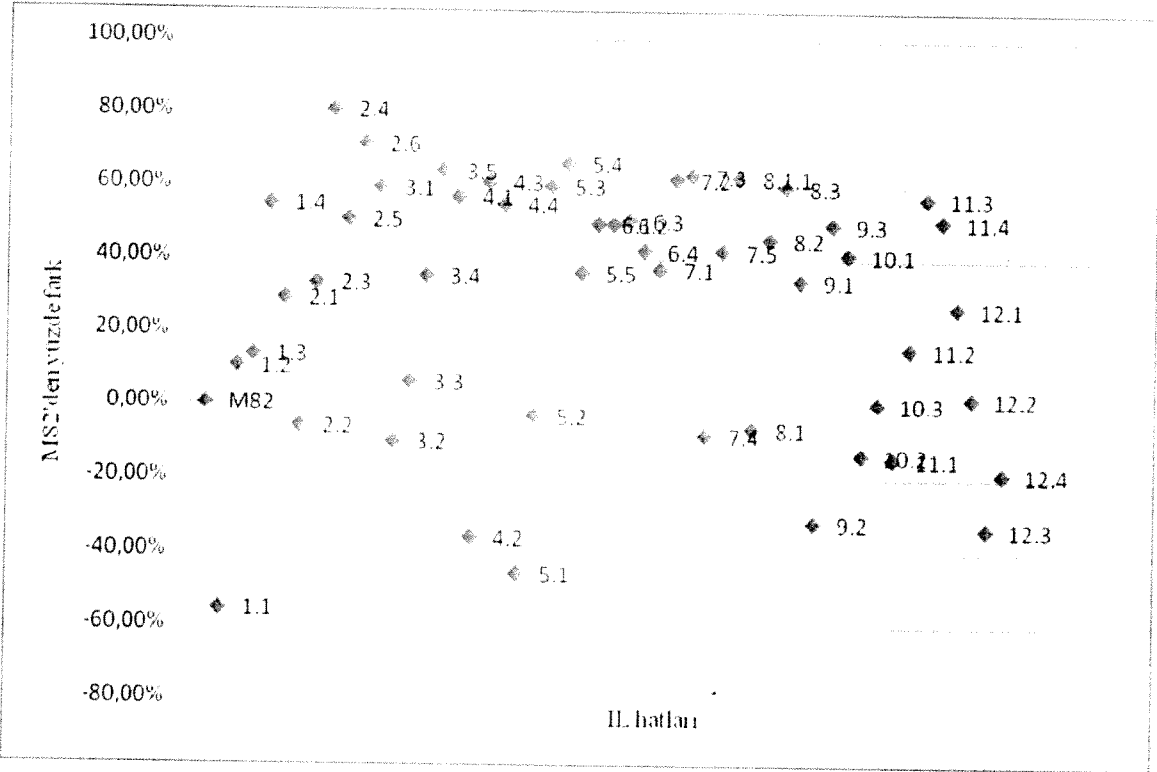
Şekil 15 a/b. *L. esculentum* TA496 ve *L. pimpinellifolium* LA1589 kontrol ve tuz uygulamalarında zamana göre çimlenmeler

Şekil 16. 100 mM NaCl testlemelerinde belirlenen QTL lokasyonlarını gösteren domates kromozom haritası. QTL isimleri her bir lokus için en önemli işaretleyicinin yanına yerleştirilmiştir. Harita mesafeleri centimorgan olarak verilmiştir (cM).

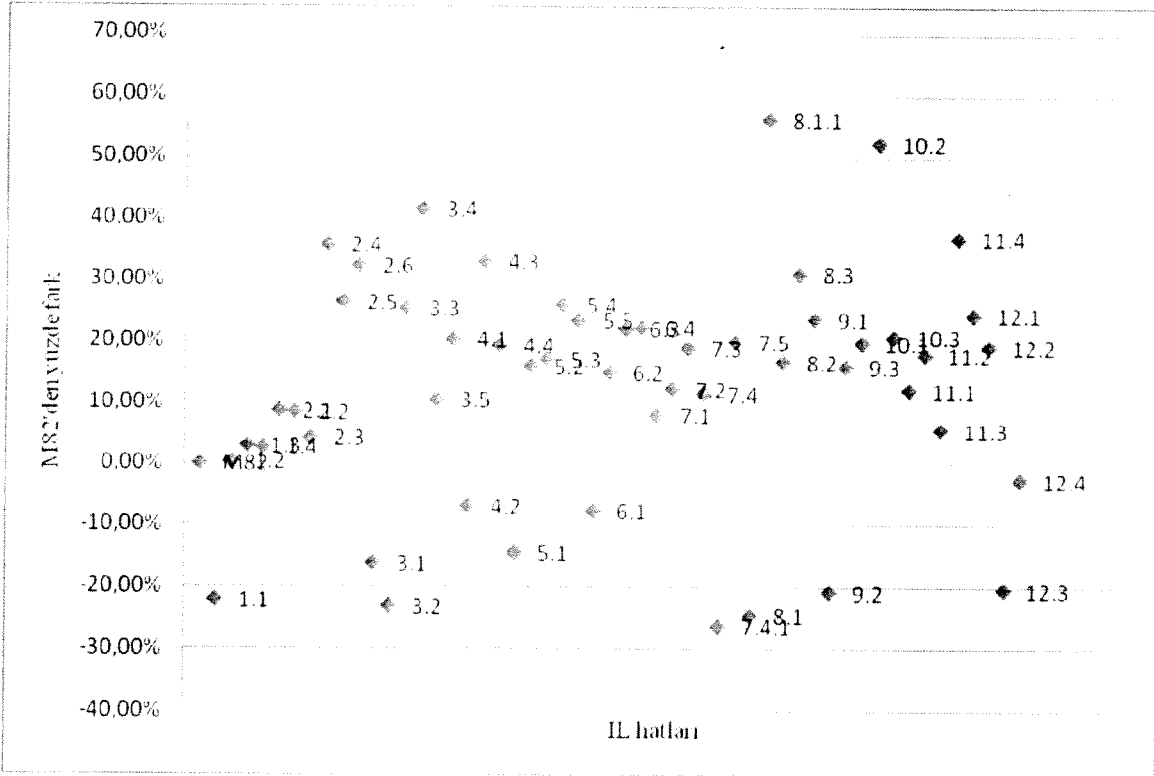
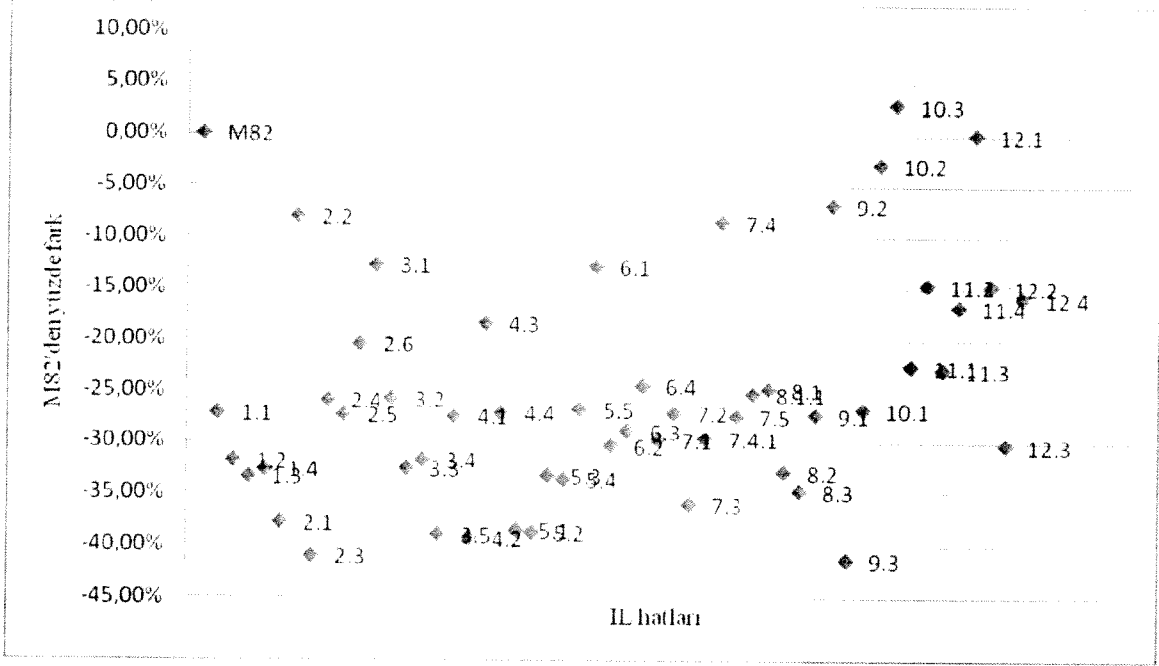




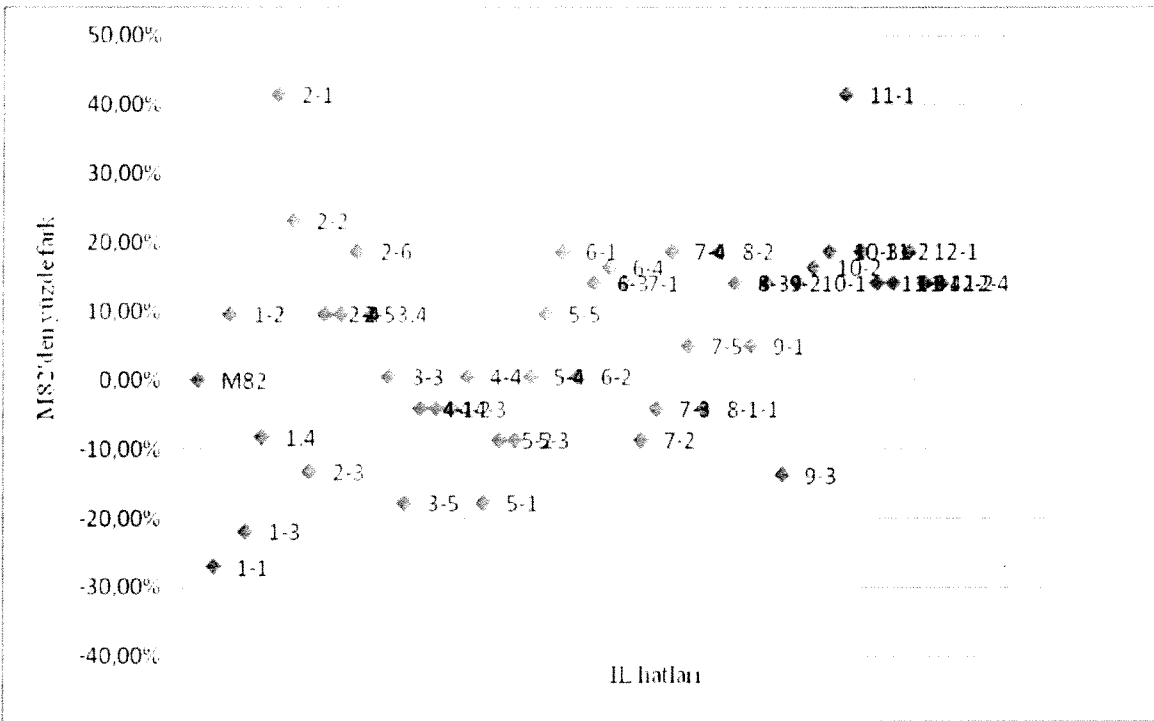
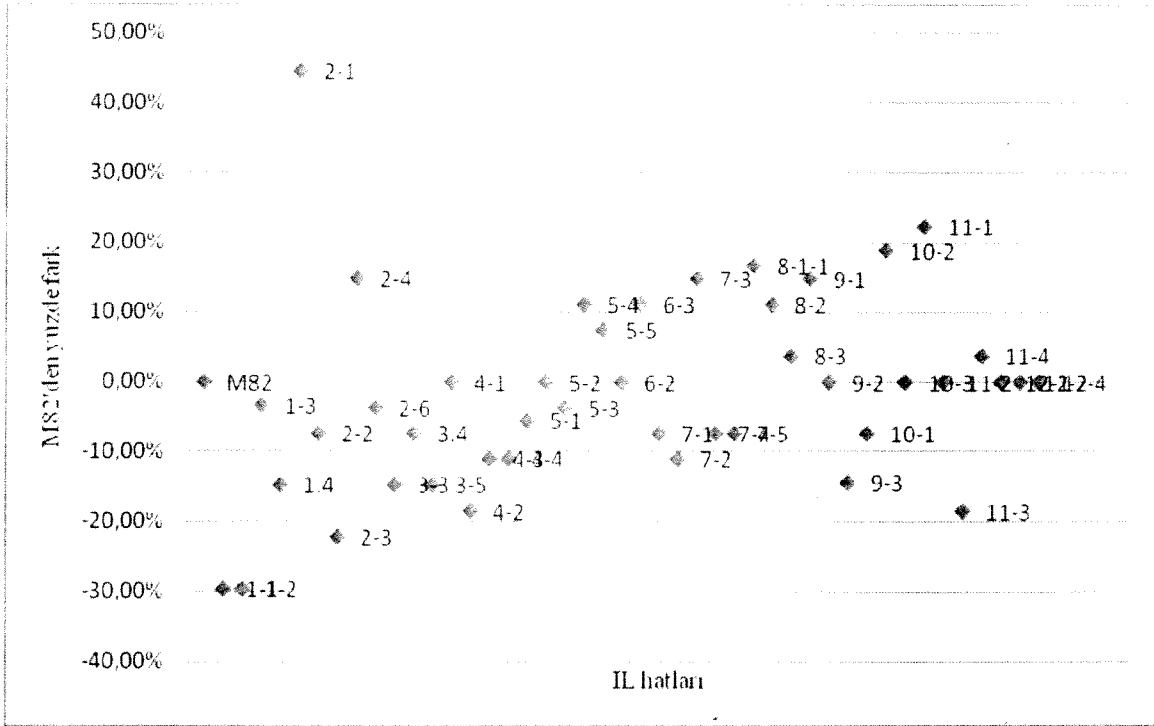
Şekil 17. 125 mM NaCl testlemelerinde belirlenen QTL lokasyonlarını gösteren domates kromozom haritası. QTL isimleri her bir lokus için en önemli işaretleyicinin yanına yerleştirilmiştir. Harita mesafeleri centimorgan olarak verilmiştir (cM).



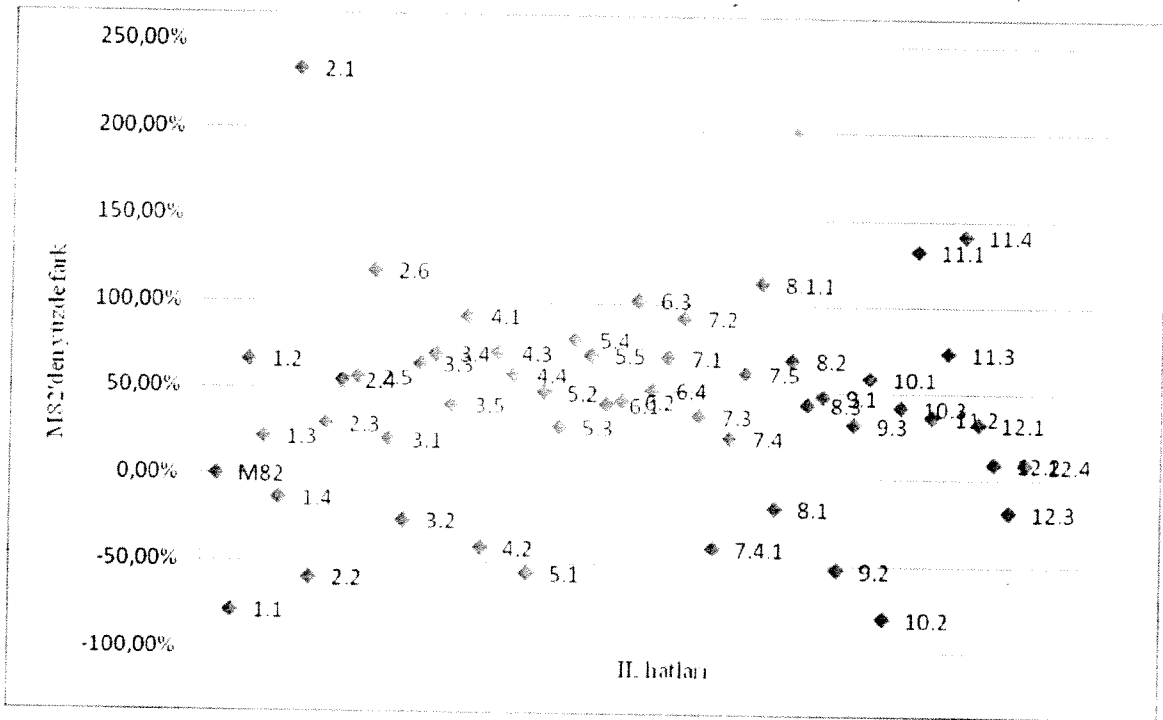
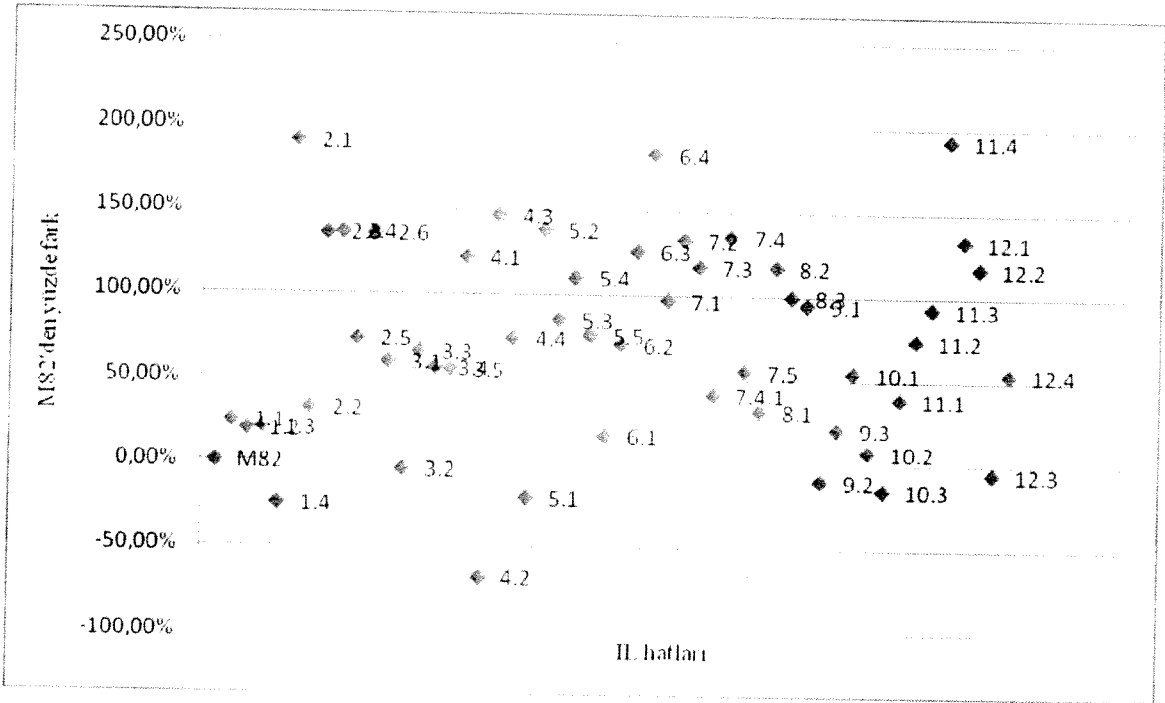
Şekil 19 a/b. Kontrol ve tuz uygulamalı şartlarda yetiştirilen IL hatlarının bitki boyu



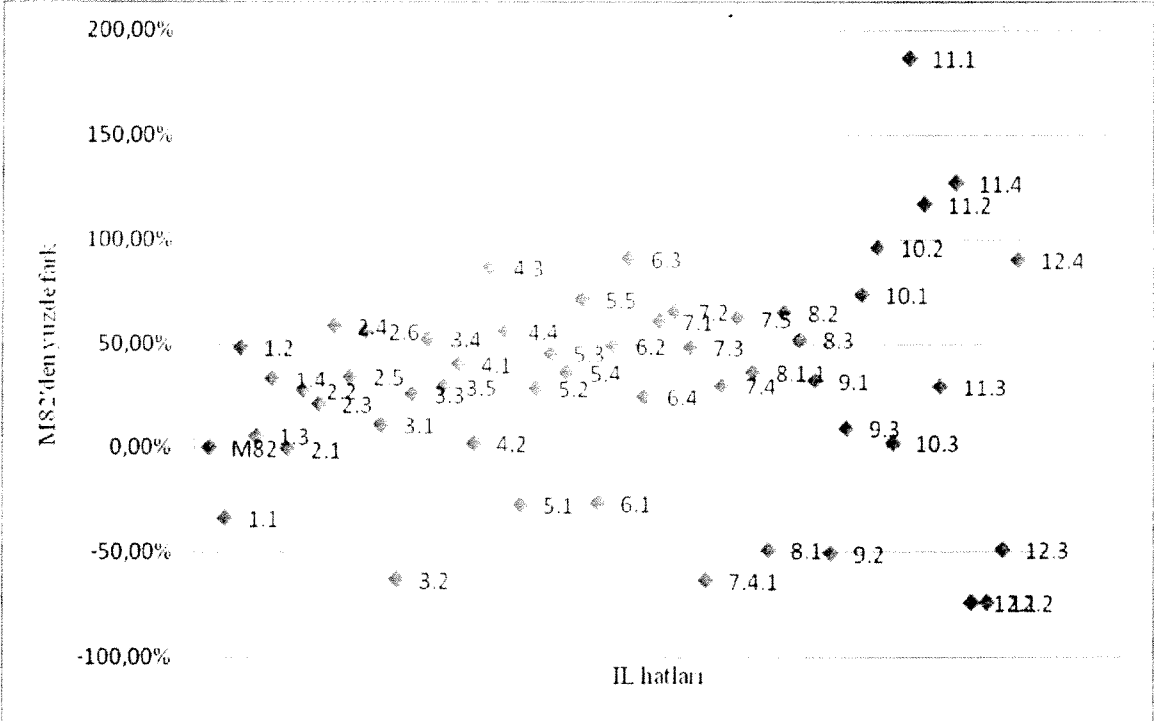
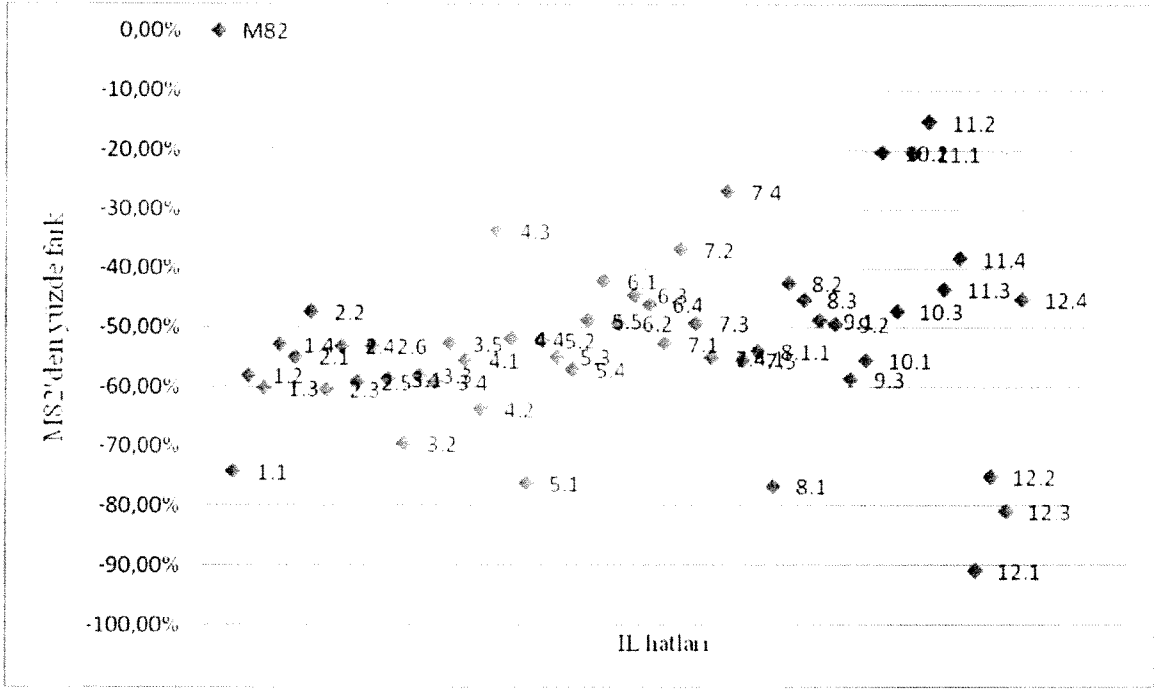
Şekil 20 a/b. Kontrol ve tuz uygulamalı şartlarda yetiştirilen IL hatlarının gövde çapı



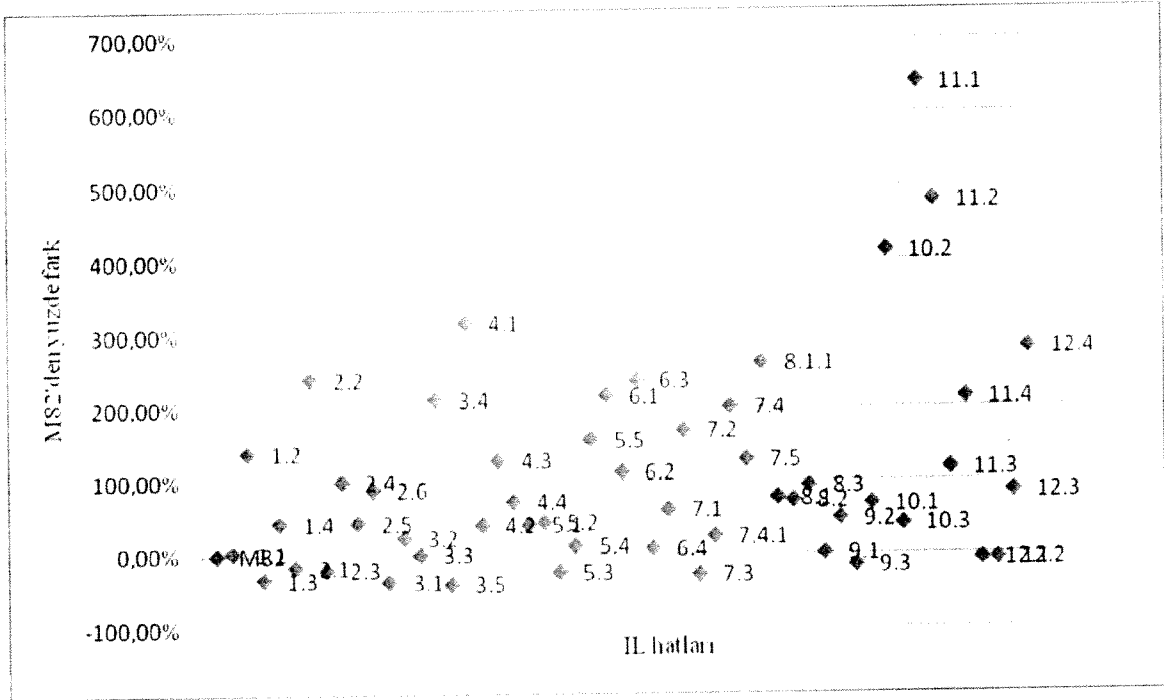
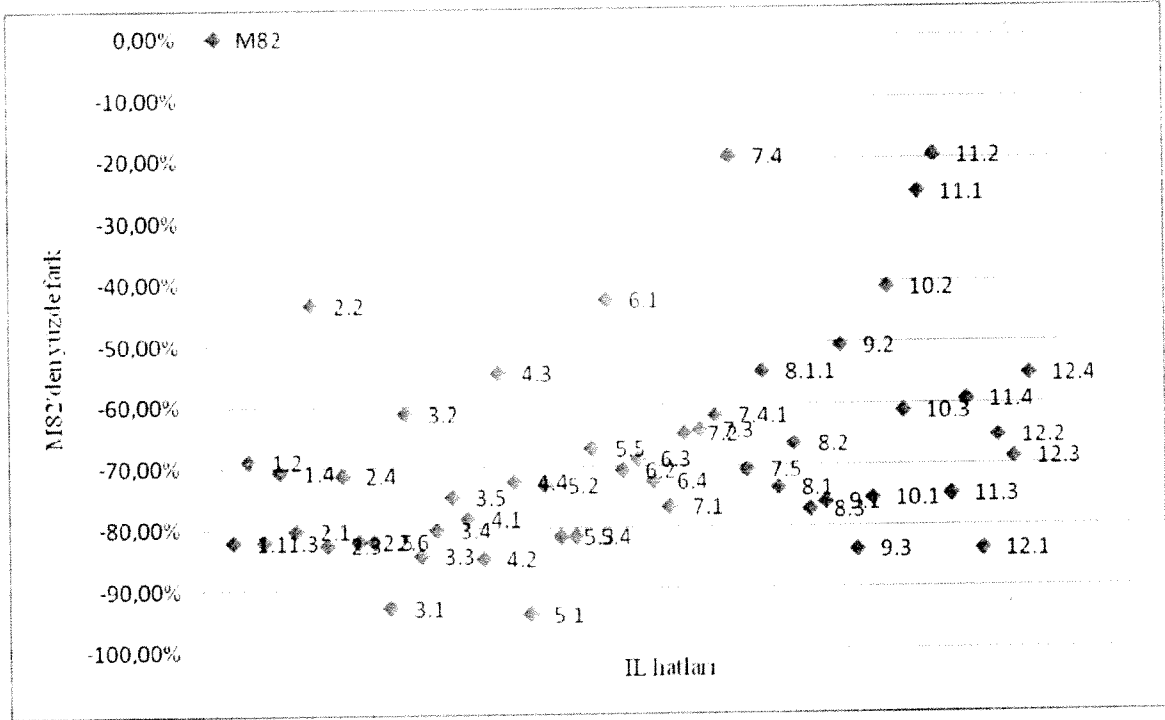
Şekil 21 a/b. Kontrol ve tuz uygulamalı şartlarda yetiştirilen IL hatlarının yaprak sayısı



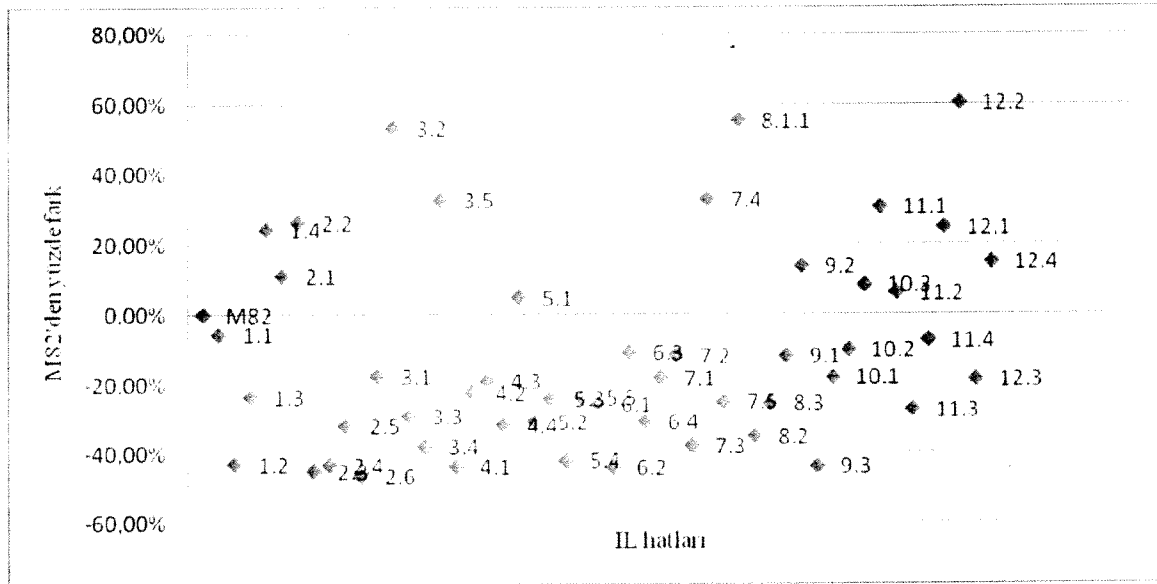
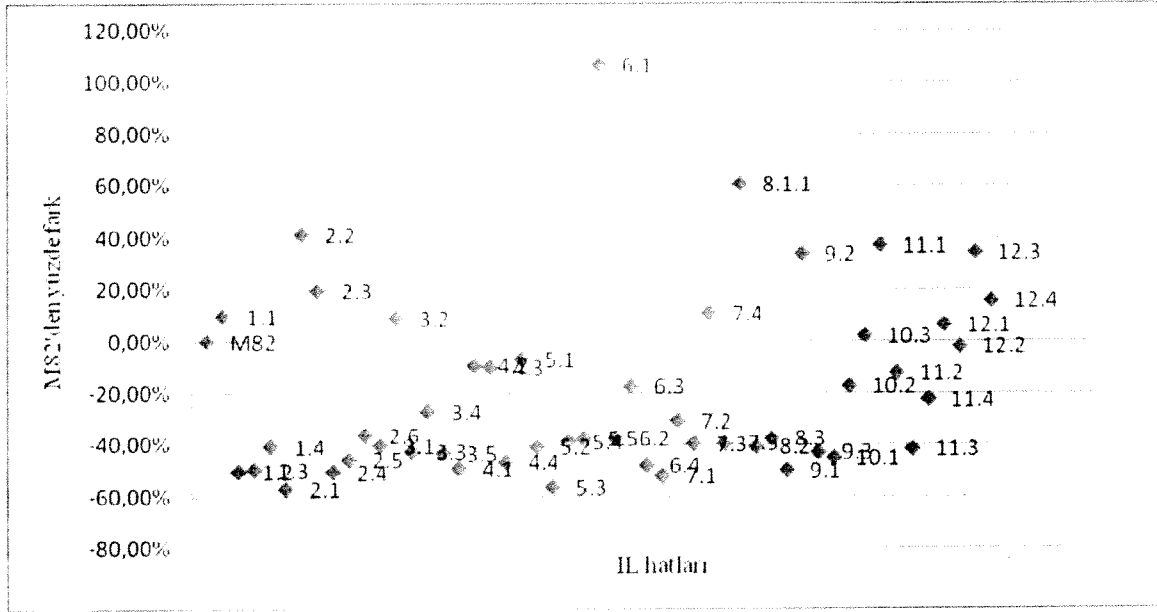
Şekil 22 a/b. Kontrol ve tuz uygulamalı şartlarda yetiştirilen IL hatlarının yaprak yaş ağırlığı



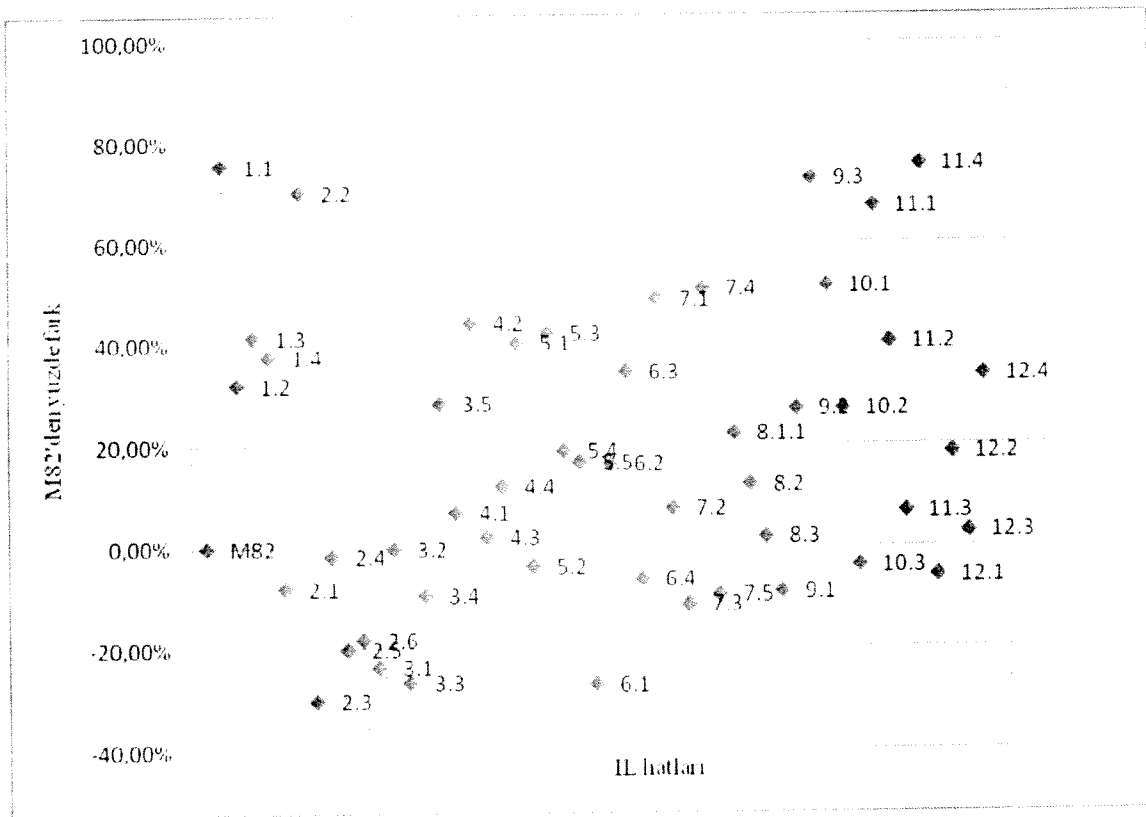
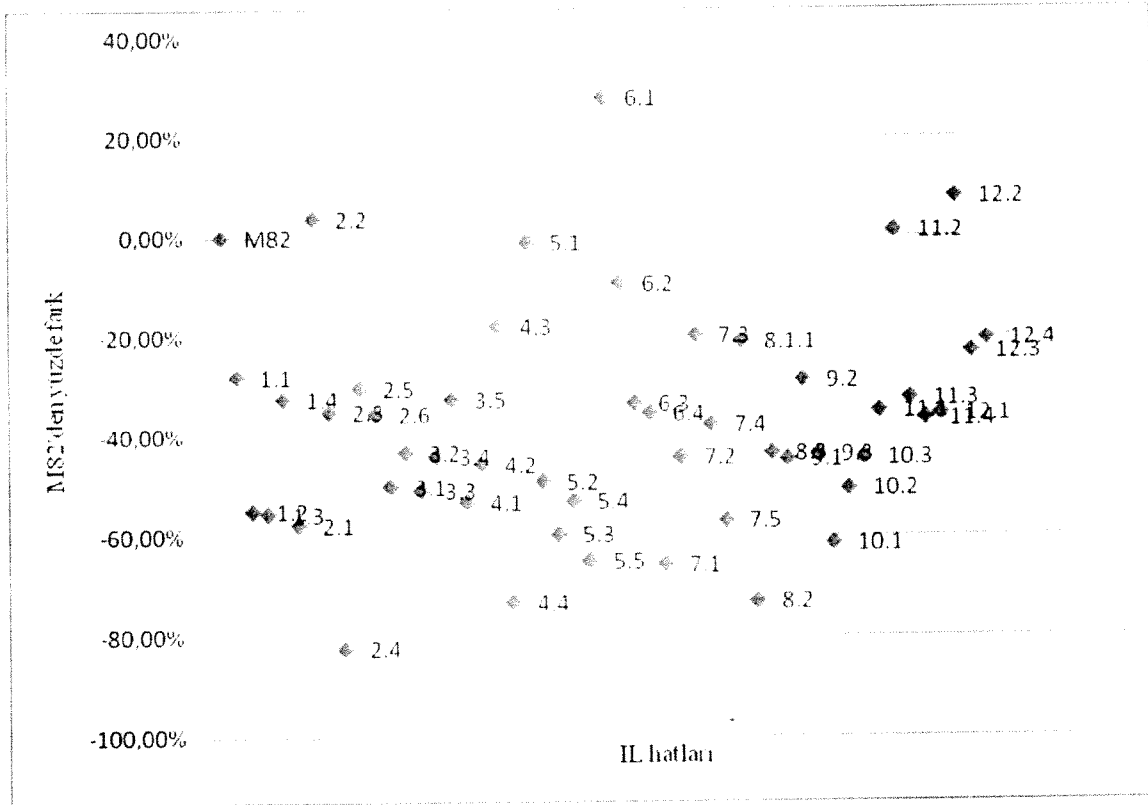
Şekil 24 a/b. Kontrol ve tuz uygulamalı şartlarda yetiştirilen IL hatlarının kök yaş ağırlığı



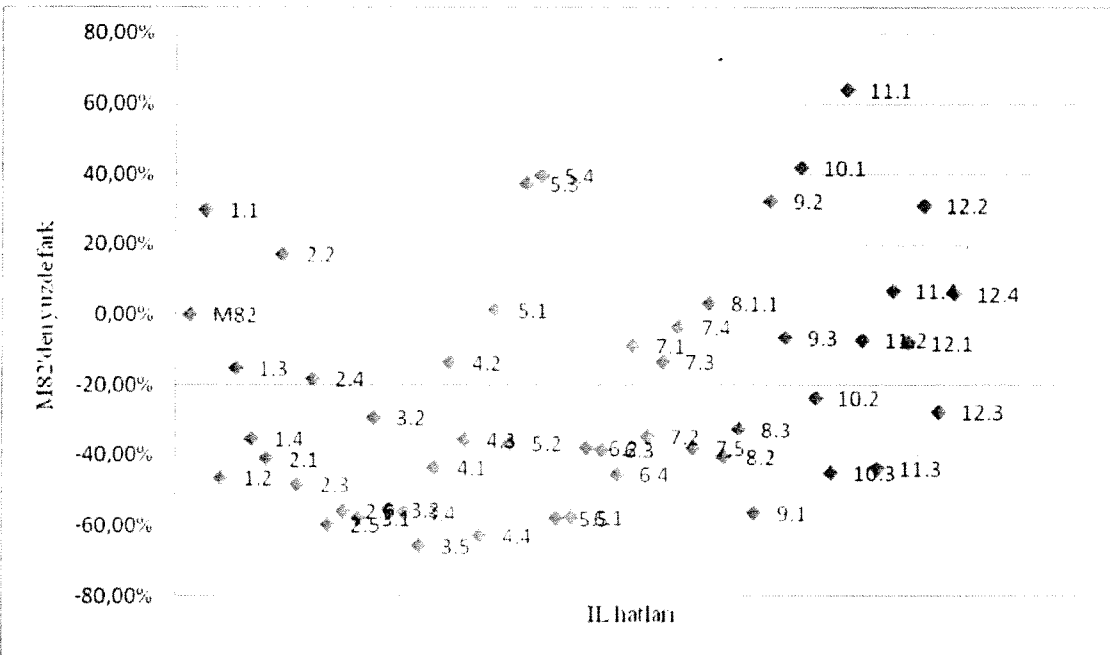
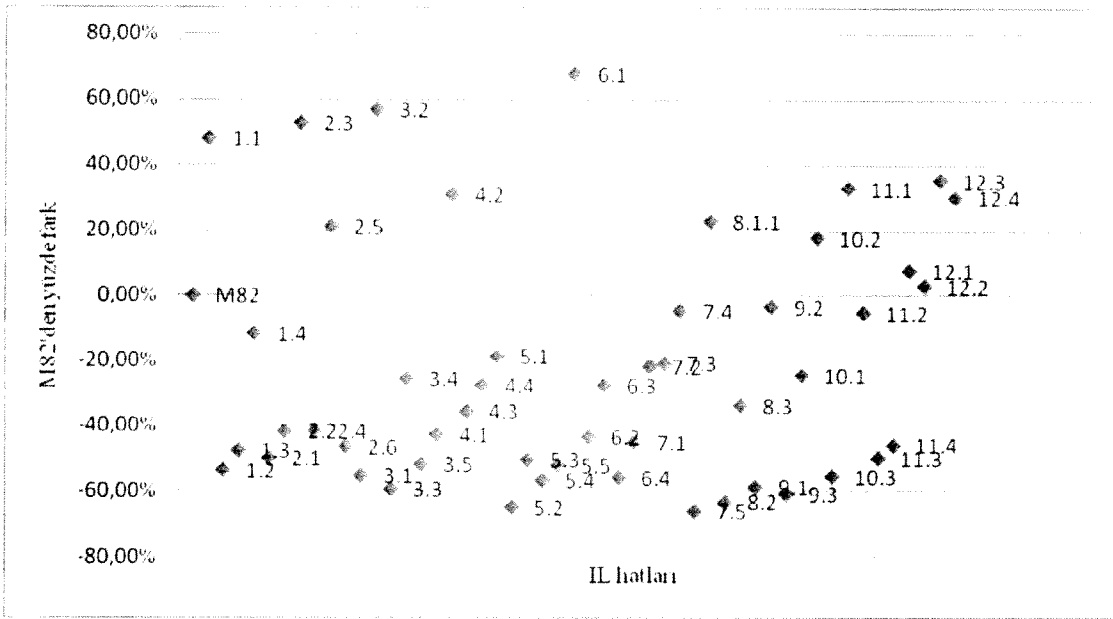
Şekil 25 a/b. Kontrol ve tuz uygulamalı şartlarda yetiştirilen IL hatlarının kök kuru ağırlığı



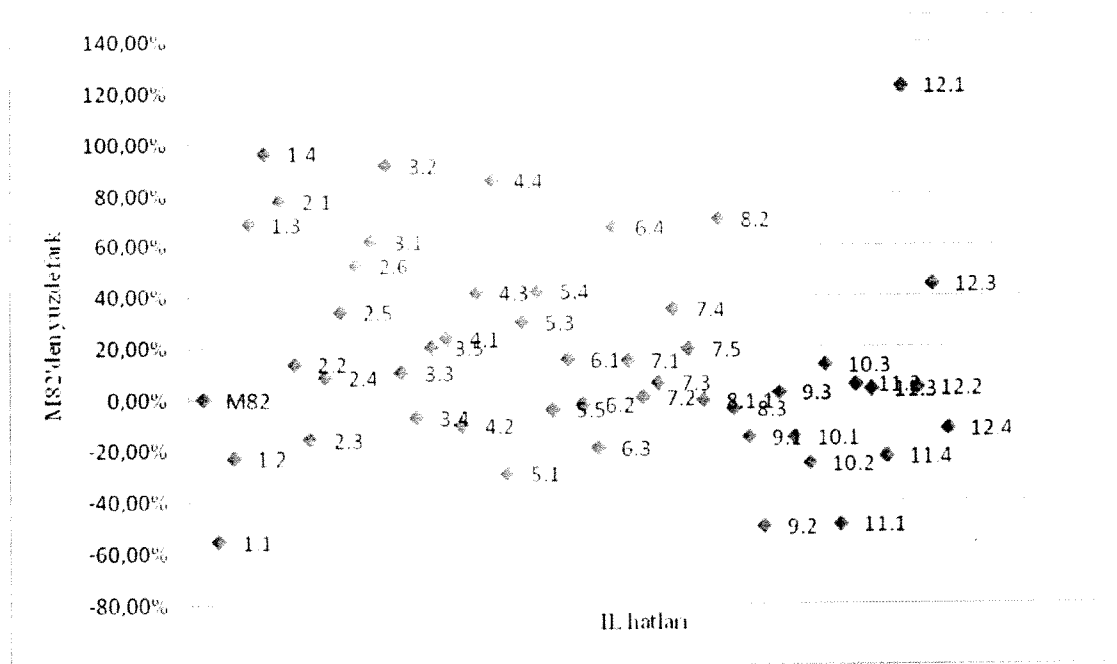
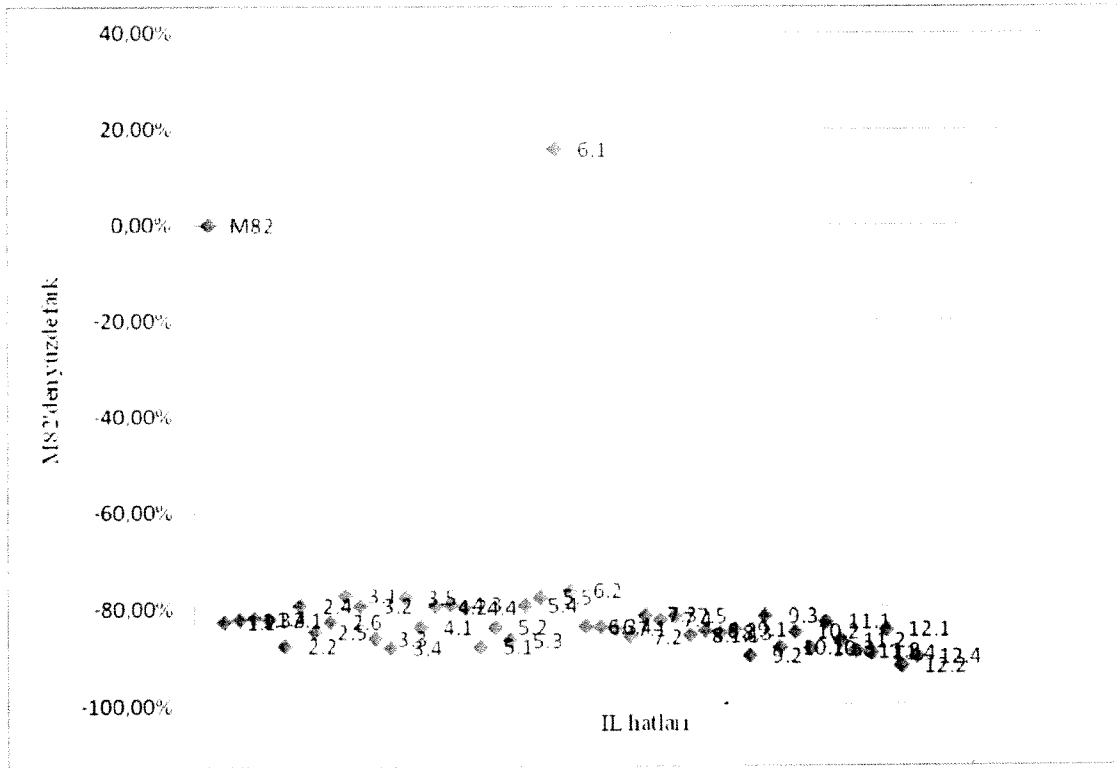
Şekil 26 a/b. Kontrol ve tuz uygulamalı şartlarda yetiştirilen IL hatlarının toplam antioksidant aktiviteleri



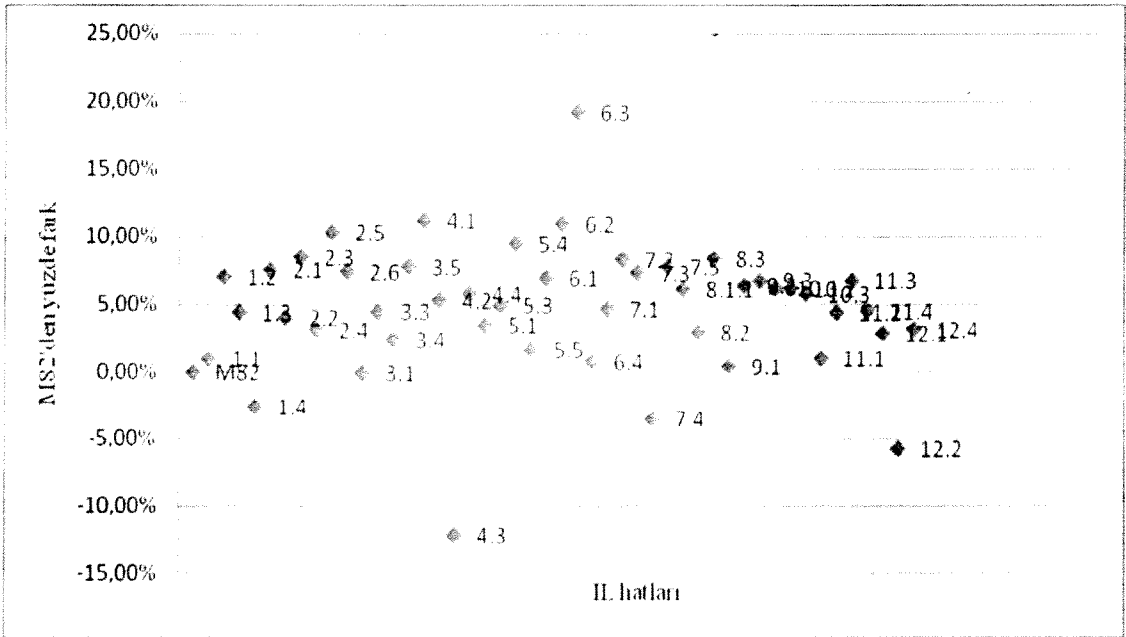
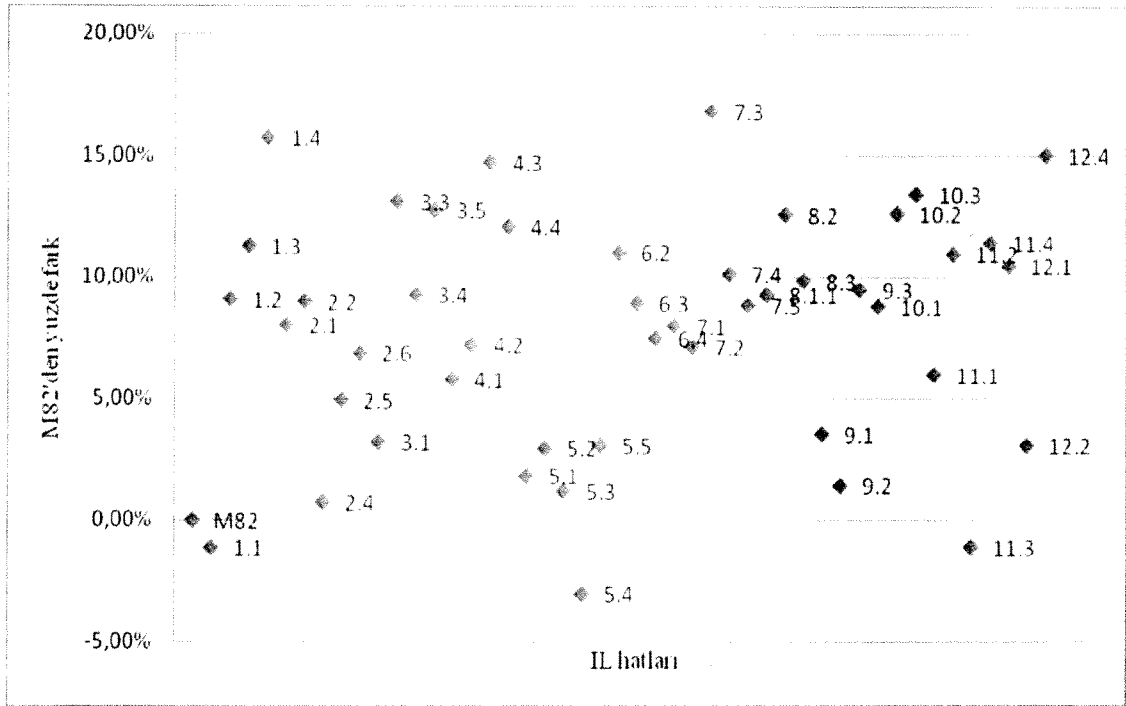
Şekil 27 a/b. Kontrol ve tuz uygulamalı şartlarda yetiştirilen IL hatlarının fenolik madde içerikleri



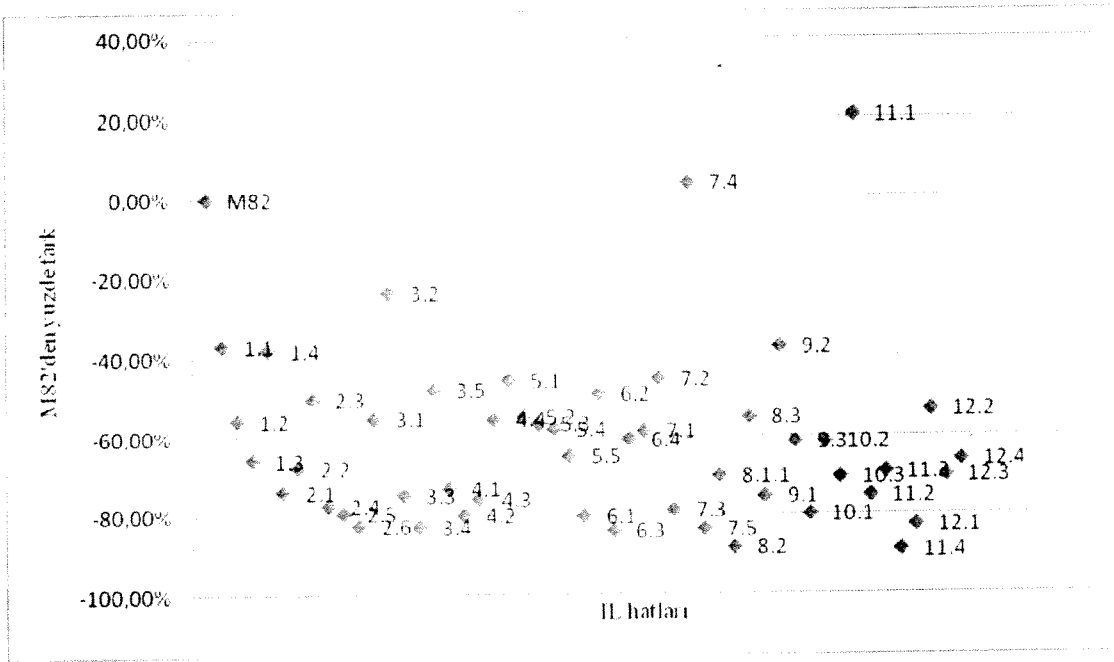
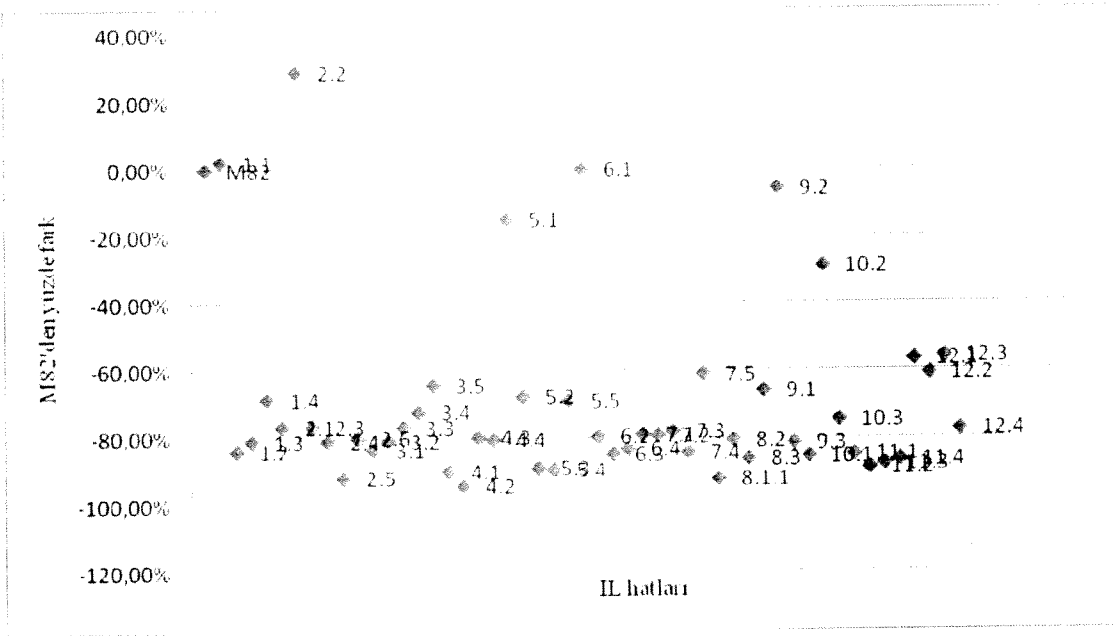
Şekil 28. a/b. Kontrol ve tuz uygulamalı şartlarda yetiştirilen IL hatlarının flavonoid madde içerikleri



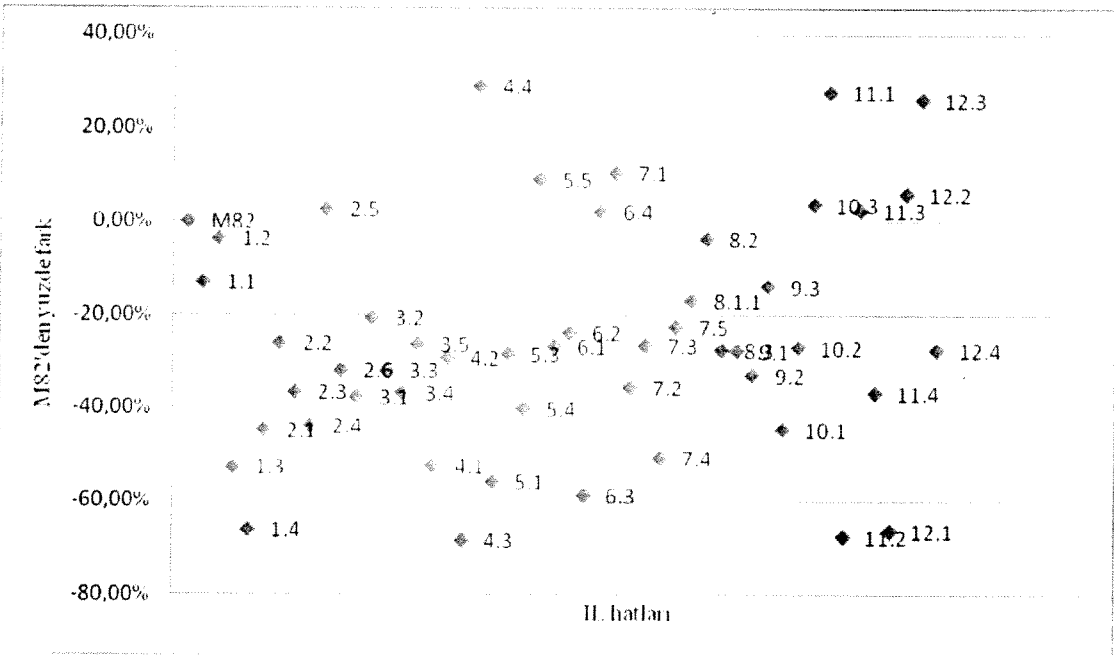
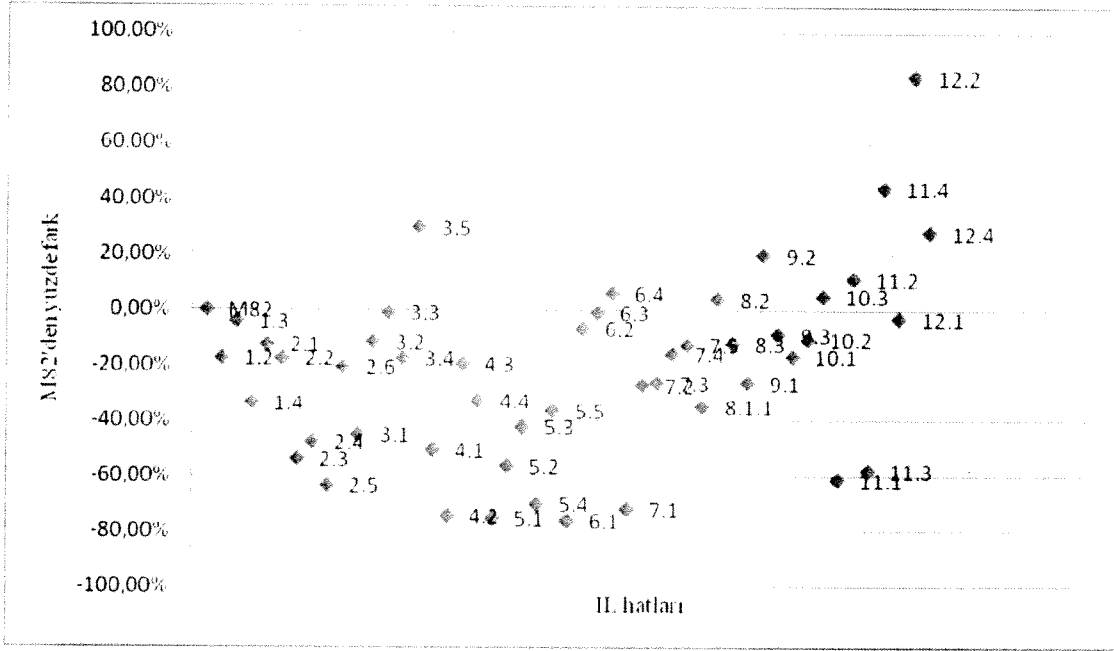
Şekil 29 a/b. Kontrol ve tuz uygulamalı şartlarda yetiştirilen IL hatlarının peroksidaz enzim aktiviteleri



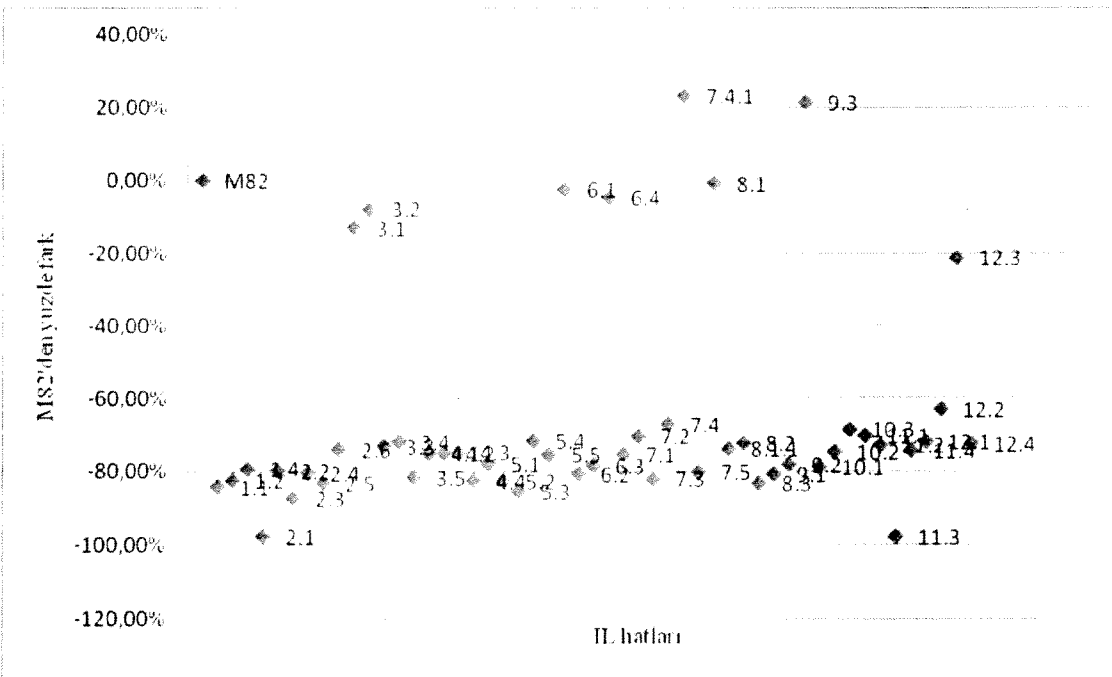
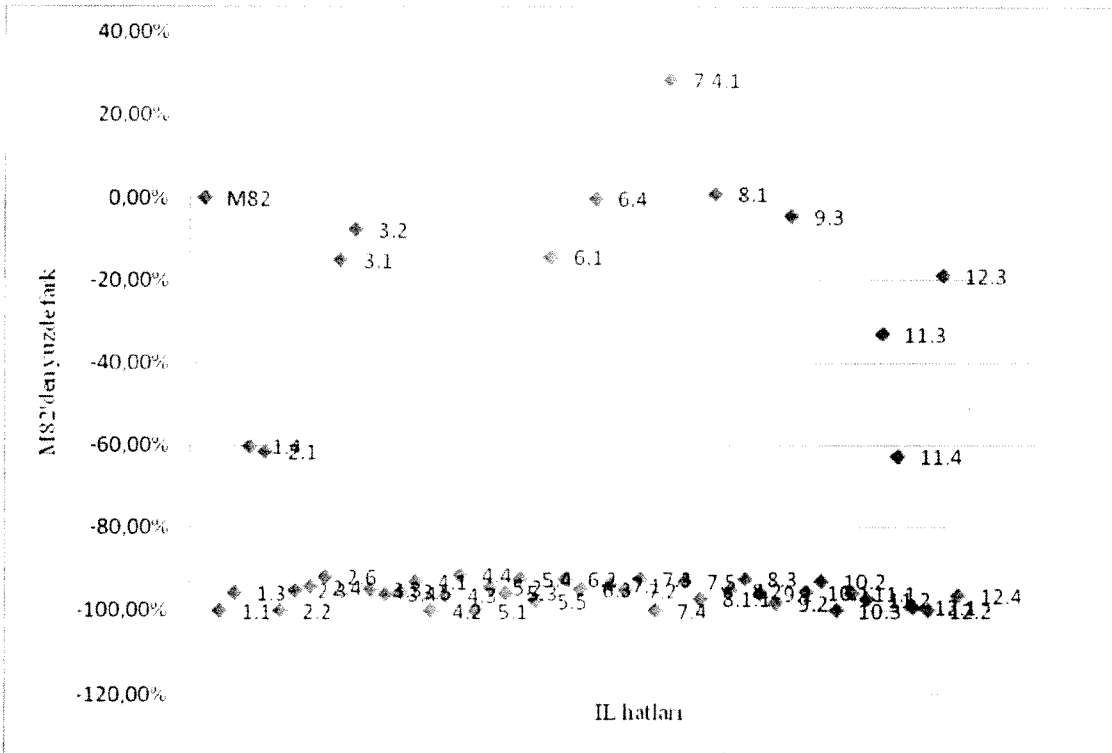
Şekil 30 a/b. Kontrol ve tuz uygulamalı şartlarda yetiştirilen IL hatlarının süperoksit dismutaz enzim aktiviteleri



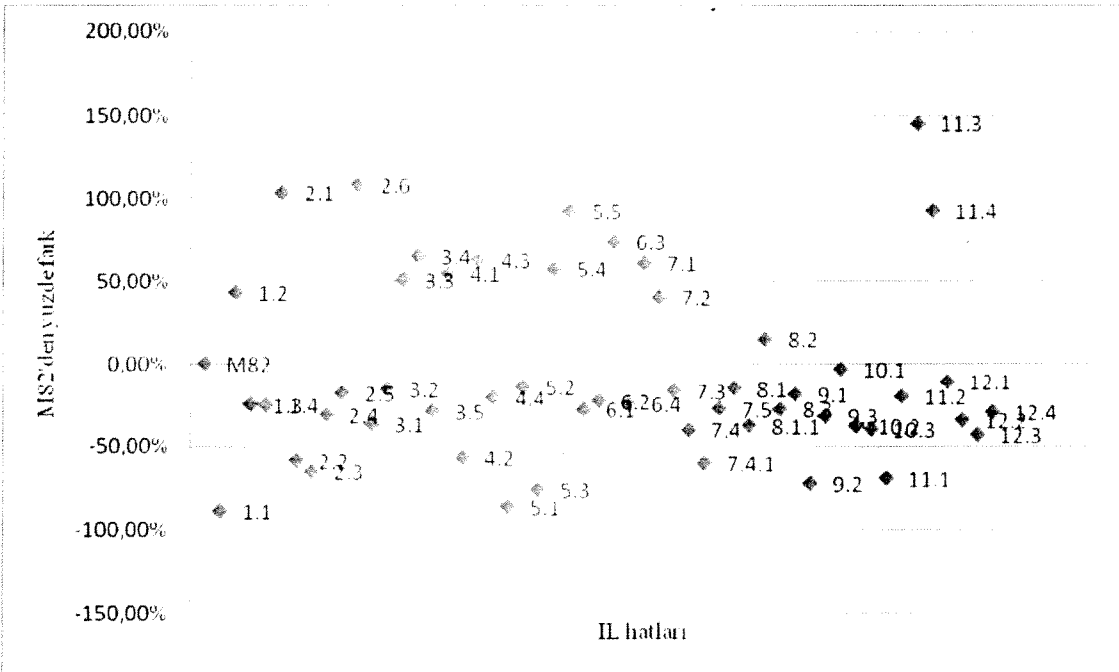
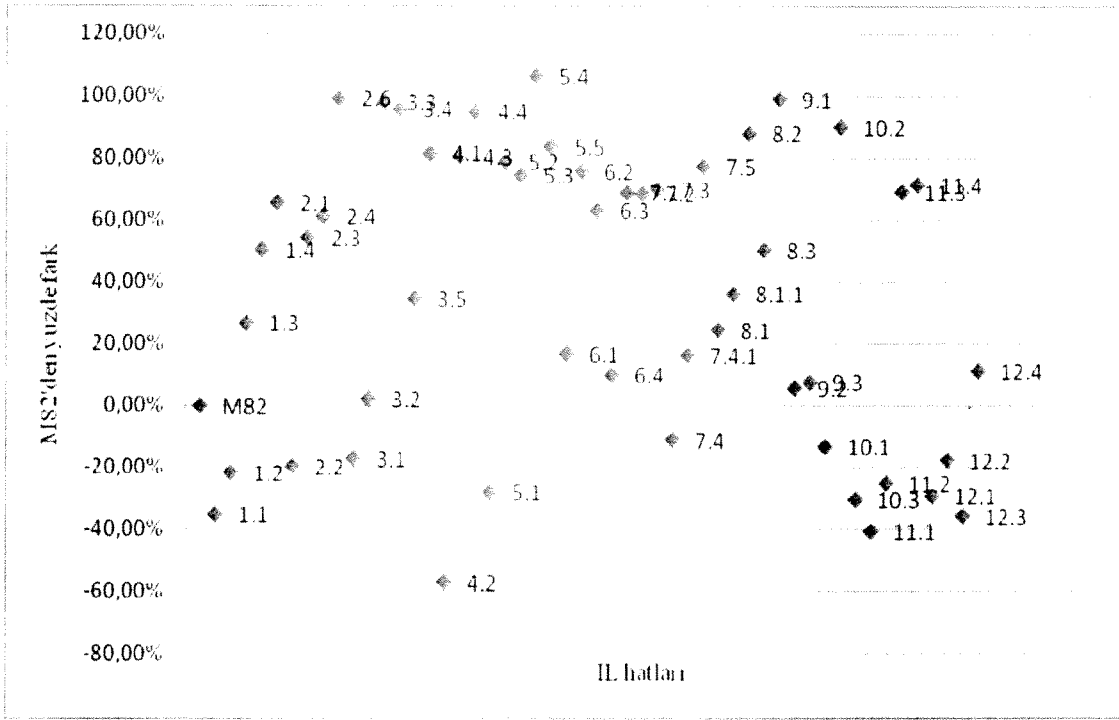
Şekil 31 a/b. Kontrol ve tuz uygulamalı şartlarda yetiştirilen IL hatlarının askorbat peroksidaz enzim aktiviteleri



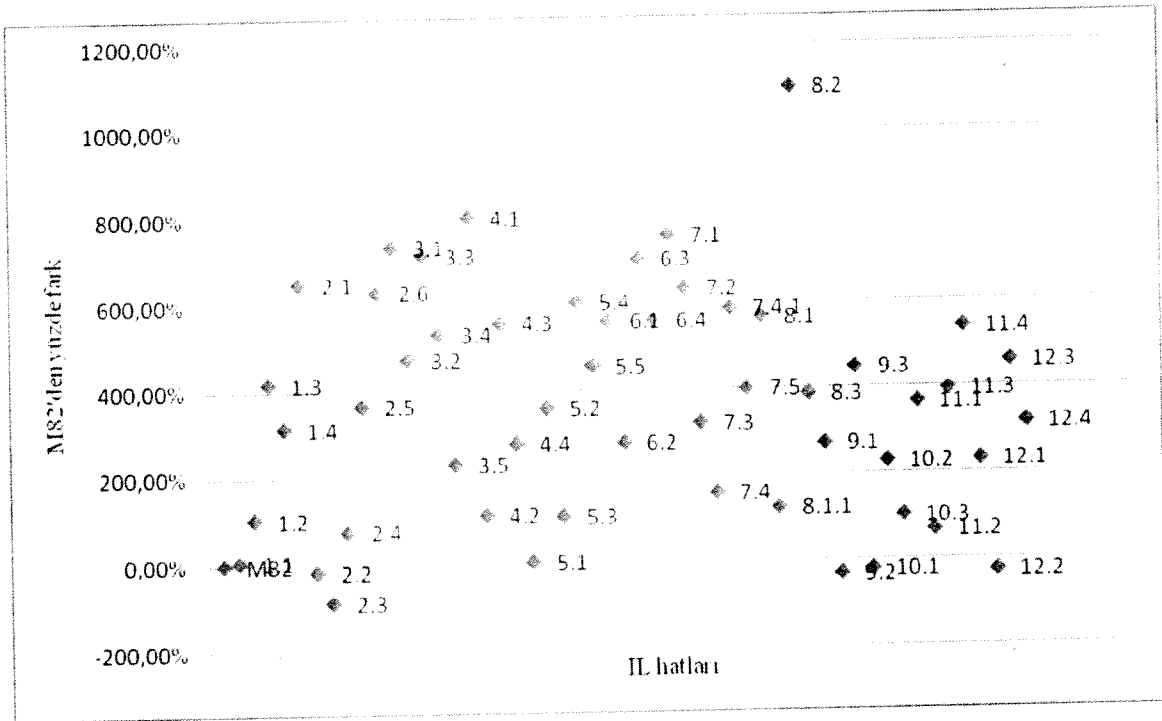
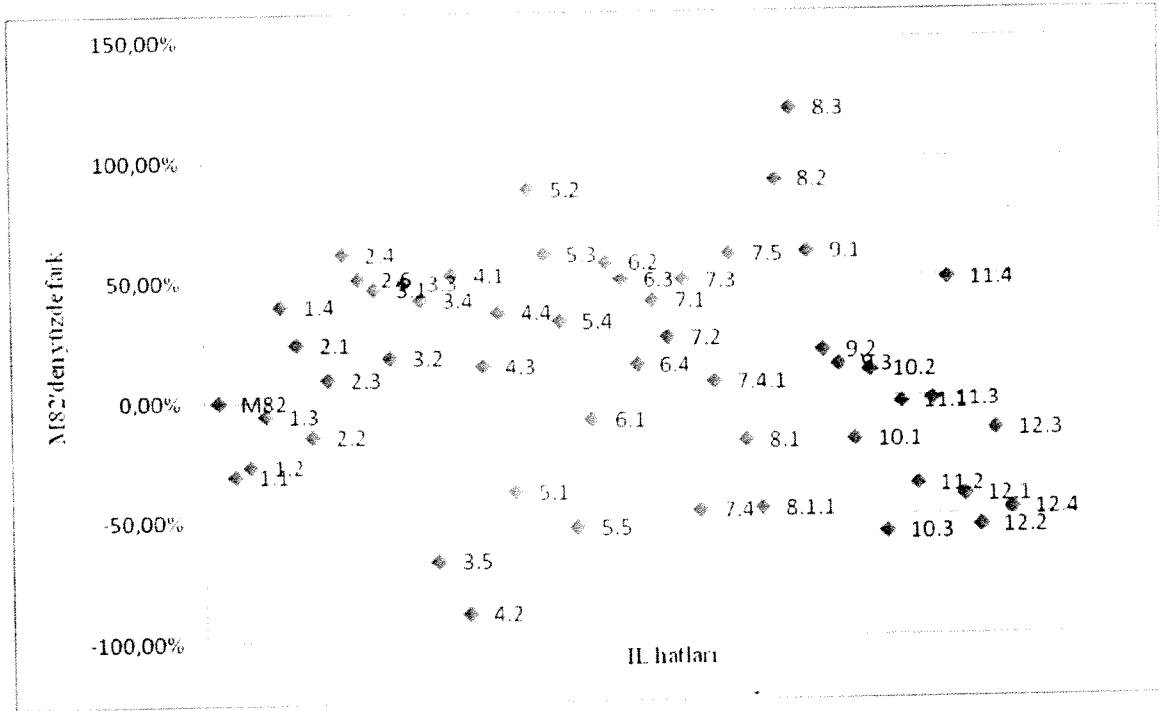
Şekil 32 a/b. Kontrol ve tuz uygulamalı şartlarda yetiştirilen IL hatlarının peroksidaz enzim aktiviteleri



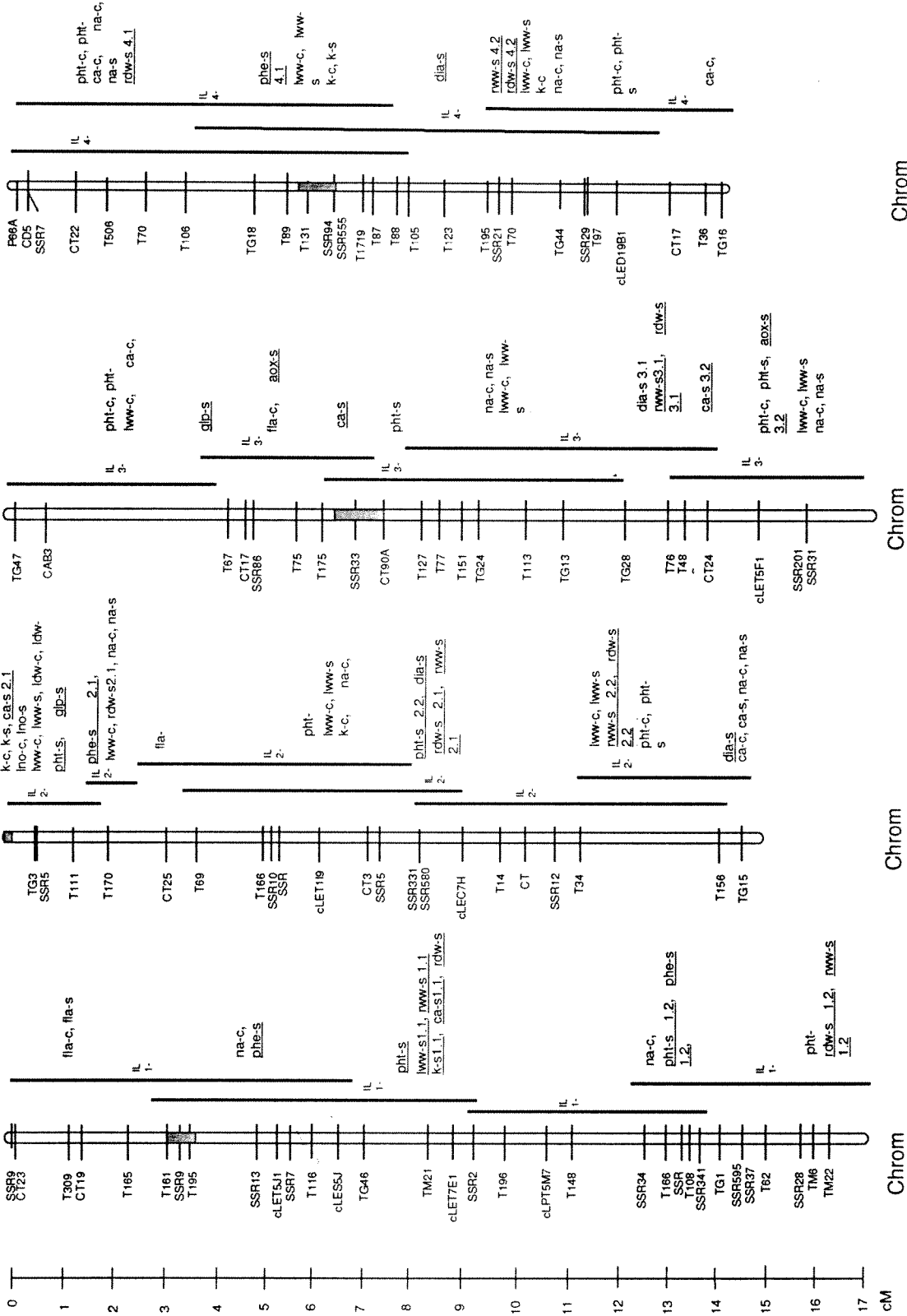
Şekil 33 a/b. Kontrol ve tuz uygulamalı şartlarda yetiştirilen IL hatlarının sodyum seviyeleri

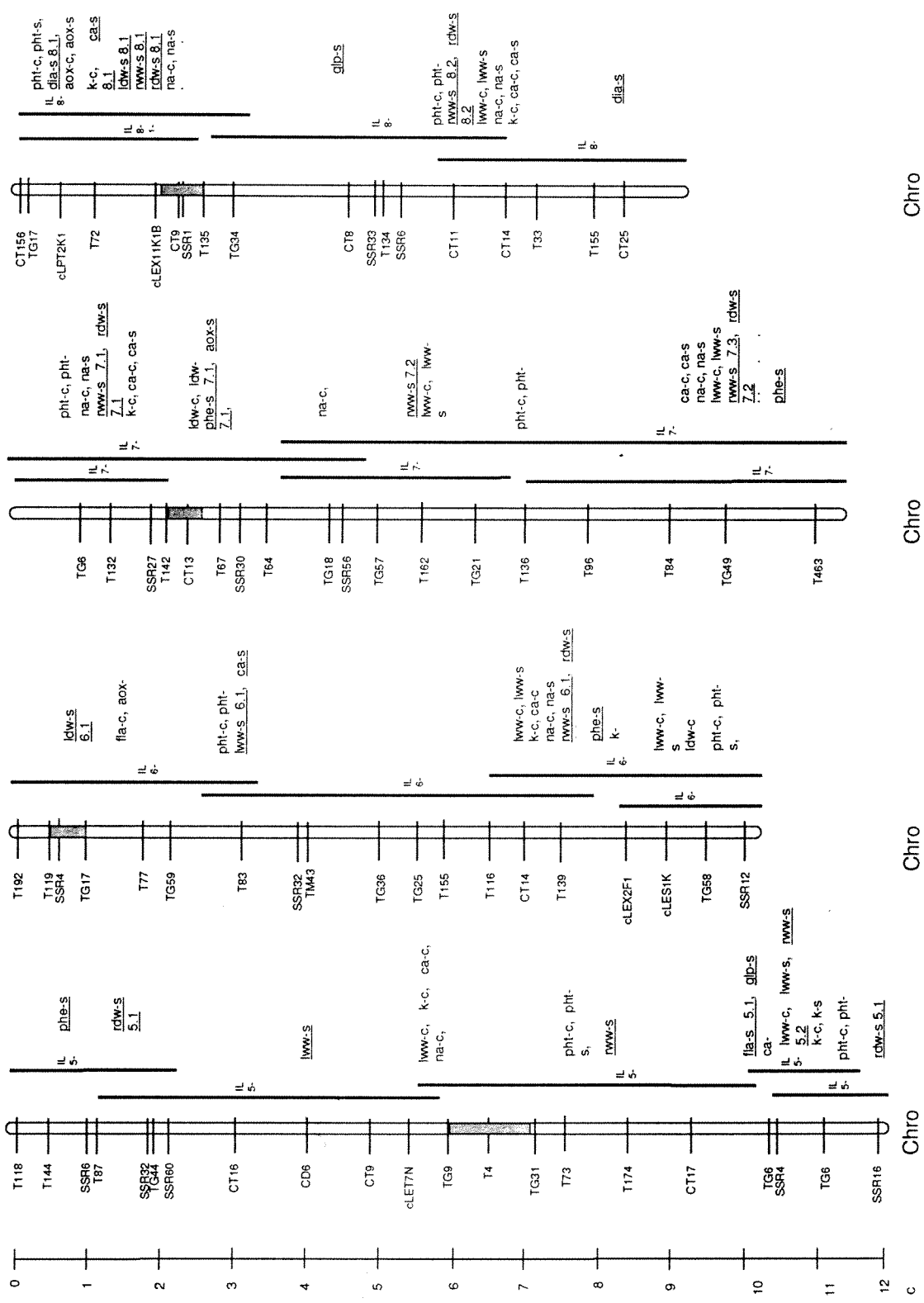


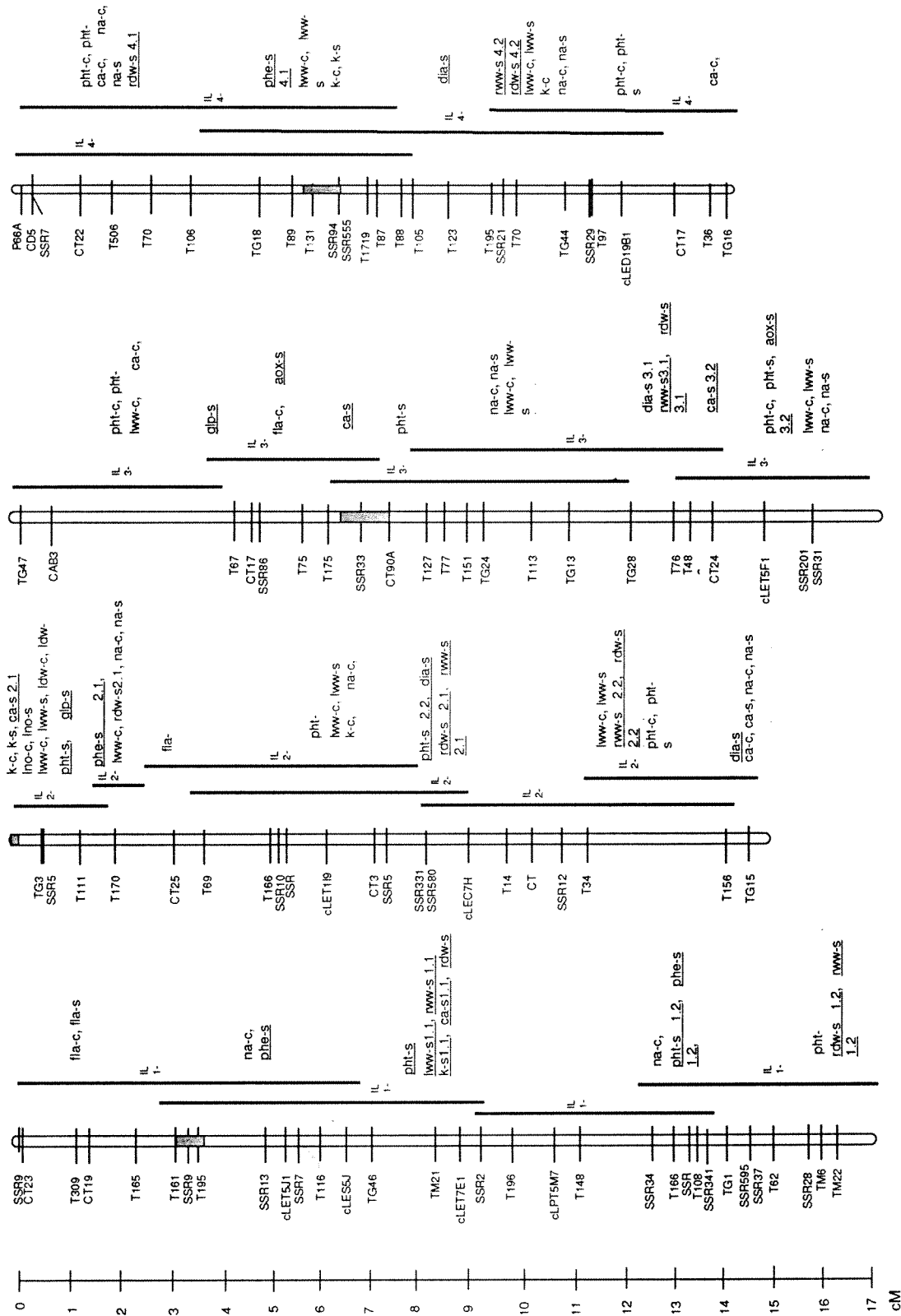
Şekil 34 a/b. Kontrol ve tuz uygulamalı şartlarda yetiştirilen IL hatlarının potasyum seviyesi



Şekil 35 a/b. Kontrol ve tuz uygulamalı şartlarda yetiştirilen IL hatlarının kalsiyum seviyesi

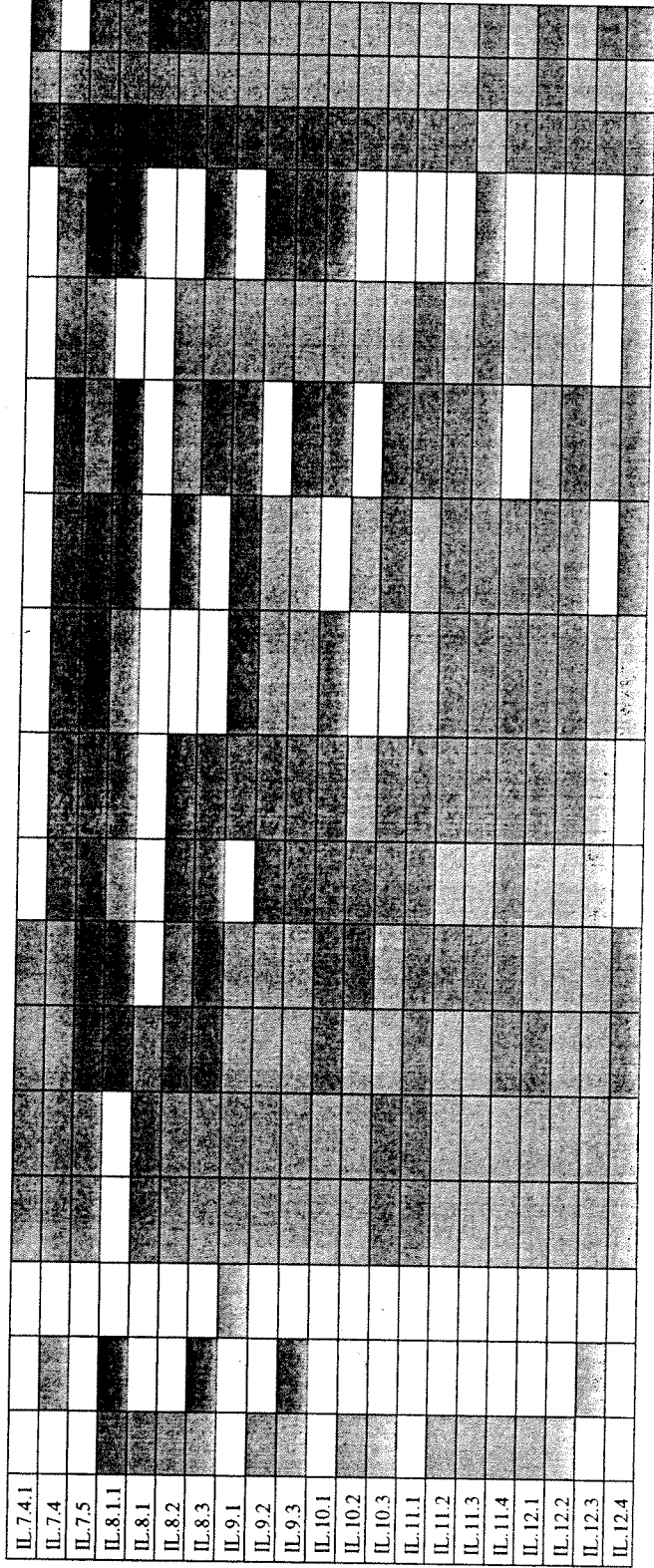






Şekil 36. IL hatları genom haritası. QTL'ler haritalandıkları IL hattının sağ tarafında verilmiştir

Hadlar	Bitki Boyu	Sap Çapı	Yapra Sayısı	Yaprak Yaş Ağırlığı	Yaprak Kuru Ağırlığı	Kök Yaş Ağırlığı	Kk Kuru Ağırlığı	Fenolik Madde İçeriği	Flavonoid Madde İçeriği	Antoksidan Kapasitesi	Peroksidaz Enzim Aktivitesi	Askorbat Peroksidaz Enzim Aktivitesi	Katalaz Enzim Aktivitesi	Süperoksit Dismutaz Enzim Aktivitesi	Na	K	Ca
M82																	
LA716																	
IL.1.1																	
IL.1.2																	
IL.1.3																	
IL.1.4																	
IL.2.1																	
IL.2.2																	
IL.2.3																	
IL.2.4																	
IL.2.5																	
IL.2.6																	
IL.3.1																	
IL.3.2																	
IL.3.3																	
IL.3.4																	
IL.3.5																	
IL.4.1																	
IL.4.2																	
IL.4.3																	
IL.4.4																	
IL.5.1																	
IL.5.2																	
IL.5.3																	
IL.5.4																	
IL.5.5																	
IL.6.1																	
IL.6.2																	
IL.6.3																	
IL.6.4																	
IL.7.1																	
IL.7.2																	
IL.7.3																	



Şekil 37. Herbir IL hattının taşıdığıları QTL'lerin grafik gösterimi

Tablo 1. Test edilen domates tohum örnekleri ve tuz uygulama kombinasyonları.

Genotip	Uygulamalar
SC2121	1, 2, 3, 4, 5 ve 6
L3708	1, 3 ve 6
M82	1, 2, 3, 4, 5 ve 6
LA2744	1 ve 6
LA2172	1 ve 6
LA1278	1 ve 6
LA1310	1 ve 6
LA1589	1, 2, 3, 4, 5 ve 6
LA1223	1, 3 ve 6
TA496	1, 2, 3, 4, 5 ve 6

* Sayılar gruplandırılmış uygulama tiplerini göstermektedir.;

1 = kontrol

2 = 17.5 mM CaCl₂

3 = 100 mM NaCl+17.5 mM CaCl₂

4 = 125 mM NaCl+17.5 mM CaCl₂

5 = 150 mM NaCl+17.5 mM CaCl₂

6 = 175 mM NaCl+17.5 mM CaCl₂

Tablo 2. Anaçların ve IBL hatlarının kontrol ve 100 mM NaCl tuz uygulamasında çimlenme tepkileri. IBL hatları için verilen değerler 131 IBL hattının ortalama değerleridir.

Karakter	Uygulama	TA496	LA1589	IBLs
% çimlenme	kontrol	92%	100%	85.6%
	tuz	100%	84%	75.1%
% çimlenme farklılığı	-	0%	84%	87.6%
İlk çimlenme için geçen gün sayısı	kontrol	4	4	4.2
	tuz	6	4	6.2
İlk çimlenmedeki gecikme	-	2	0	2.1
Tam çimlenme için geçen gün sayısı	kontrol	8	5	15.0
	tuz	19	13	20.2
Tam çimlenmedeki gecikme	-	11	8	5.9
50% çimlenme için geçen gün sayısı	kontrol	5	4	6.5
	tuz	9	7	11.0
50% çimlenmedeki gecikme	-	4	3	5.1

Tablo 3. Anaçların ve IBL hatlarının kontrol ve 125 mM NaCl tuz uygulamasında çimlenme tepkileri. IBL hatları için verilen değerler 131 IBL hattının ortalama değerleridir

Karakter	Uygulama	TA496	LA1589	IBL hatları
% çimlenme	kontrol	100%	100%	85.2%
	tuz	92%	52%	68.2%
% çimlenme farklılığı	-	92%	52%	78.2%
İlk çimlenme için geçen gün sayısı	kontrol	3	2	2.1
	tuz	6	6	5.3
İlk çimlenmedeki gecikme	-	3	4	3.0
Tam çimlenme için geçen gün sayısı	kontrol	12	4	14.2
	tuz	18	13	23.5
Tam çimlenmedeki gecikme	-	6	9	10.2
50% çimlenme için geçen gün sayısı	kontrol	3	3	5.3
	tuz	11	13	13.8
50% çimlenmedeki gecikme	-	8	10	9.1

Tablo 4. Kontrol ve 150 mM NaCl uygulamalı besi ortamında IBL ve anaç hatların çimlenme tepkileri. Veriler üç tekerrürün ortalamasıdır. IBL değerleri üç kere tekrarlanan 140 hattın ortalama değeridir.

Karakterler	Uygulamalar	TA496	LA1589	IBL hatları
Çimlenme %'si	Kontrol	100±0	71.7±0.3	98.2±0.2
	Tuz	80.0±12.8	57.3±12.7	60.8±2.7
Çimlenme %'sindeki farklılık	-	80.0±12.8	75.9±14.5	60.6±2.7
İlk çimlenme için geçen gün sayısı	kontrol	3.0±0	1.7±0.3	2.6±0.1
	tuz	9.7±1.4	4.7±0.9	7.8±0.2
İlk çimlenmedeki gecikme	-	6.7±1.4	3.0±1.2	5.2±0.2
Tam çimlenme için geçen gün sayısı	kontrol	5.0±0.6	23.7±4.5	7.3±0.3
	tuz	28.3±1.2	17.7±3.8	21.0±0.5
Tam çimlenmedeki gecikme	-	23.3±1.4	3.3±3.3	14.2±0.5
50% çimlenme için geçen gün sayısı	kontrol	4.0±0	3.7±0.3	3.2±0.1
	tuz	17.3±3.0	8.3±0.3	11.7±0.3
50% çimlenmedeki gecikme	-	13.3±3.0	4.7±0.3	8.6±0.3

Tablo 5. 100 mM NaCl uygulamasında tuz dayanıklılığı için belirlenen QTL'lerin listesi. R² değeri her bir QTL lokusunun toplam fenotipe olan etkisini göstermektedir. AA; her bir işaretleyicideki *Solanum lycopersicum* allelleri için homozigot olan bireylerin ortalama değerlerini vermektedir. aa; her bir işaretleyicideki *Solanum pimpinellifolium* allelleri için homozigot olan bireylerin ortalama değerlerini vermektedir.

Karakter İsmi	QTL Semboli	Krom	En önemli Moleküler İşaretleyici	P Değeri (≤ 0.01)	R ² Değeri	AA	aa	Tuza Tolerans Kaynağı
Tuzda % çimlenme	<i>spgerm2.1</i>	2	TG308	0.001	10%	77	52	TA496
% çimlenmedeki değişiklik	<i>diffp2.1</i>	2	TG426	0.0009	11%	88	85	TA496
	<i>diffp6.1</i>	6	CT83	0.005	6%	89	73	TA496
	<i>diffp10.1</i>	10	U	0.008	5%	89	76	TA496
Tuzda İlk çimlenme için geçen gün sayısı	<i>sdfirst2.1</i>	2	TG426	<0.0001	21%	6.2	5.6	LA1589
	<i>sdfirst3.1</i>	3	TG214	0.009	7%	5.9	7.7	TA496
	<i>sdfirst11.1</i>	11	TG57	0.01	7%	6.0	7.3	TA496
Tuzda İlk çimlenme için gecikme	<i>delfirst2.1</i>	2	TG426	<0.0001	29%	2.0	1.5	LA1589
	<i>delfirst3.1</i>	3	TG214	0.01	7%	1.8	3.5	TA496
	<i>delfirst9.1</i>	9	TG328	0.002	9%	2.0	6.0	TA496
	<i>delfirst11.1</i>	11	TG57	0.001	11%	1.9	3.1	TA496
Tuzda %50 Çimlenme için geçen gün sayısı	<i>sdifty2.1</i>	2	TG308	<0.0001	21%	10.5	17.2	LA1589
Tuzda %50 Çimlenme için gecikme	<i>delfifty2.1</i>	2	TG469	0.001	12%	4.7	8.2	TA496
	<i>delfifty3.1</i>	3	TG246	0.009	8%	4.8	8.0	TA496
	<i>delfifty7.1</i>	7	TG342	0.01	8%	4.9	8.8	TA496
Tuzda tamamen Çimlenme için gecikme	<i>delfull3.1</i>	3	TG129	0.002	9%	6.3	2.1	LA1589
	<i>delfull6.1</i>	6	TG99	0.002	9%	5.8	14.0	TA496
	<i>delfull10.1</i>	10	CT95	0.01	7%	5.6	7.6	TA496

Tablo 6. 125 mM NaCl uygulamasında çimlenme dönemi tuz toleransı için belirlenen QTL listesi. R² değeri her bir QTL lokusunun toplam fenotipe olan etkisini göstermektedir. AA; her bir işaretleyicideki *Solanum lycopersicum* allelleri için homozigot olan bireylerin ortalama değerlerini vermektedir. aa; her bir işaretleyicideki *Solanum pimpinellifolium* allelleri için homozigot olan bireylerin ortalama değerlerini vermektedir.

Karakter İsmi	QTL Semboli	Kromo zom	En önemli Moleküler İşaretleyici	P Değeri (<0.01)	R ² Değeri	AA	aa	Tuza Tolerans Kaynağı
Tuzda % çimlenme	<i>pgerm2.1</i>	2	TG308	<0.0001	16%	71.5	37	TA496
	<i>pgerm9.1</i>	9	TG654	0.008	7%	70.4	54	TA496
% çimlenmedeki değişiklik	<i>diffp2.1</i>	2	CT176	0.004	8%	79.2	76	TA496
	<i>diffp2.2</i>	2	TG308	<0.0001	23%	81.4	43	TA496
	<i>diffp10.1</i>	10	TG122	0.008	7%	78.6	79	LA1589
Tuzda İlk çimlenme için geçen gün sayısı	<i>dfirst2.1</i>	2	TG308	0.009	7.1%	5.1	6.7	TA496
	<i>dfirst8.1</i>	8	TG349	0.003	8.8%	4.9	7.1	TA496
	<i>dfirst10.1</i>	10	TG122	<0.0001	14.9%	5.1	5.8	TA496
Tuzda İlk çimlenme için gecikme	<i>delfirst2.1</i>	2	CT176	<0.0001	22%	2.8	2.7	LA1589
	<i>delfirst2.2</i>	2	TG48	<0.0001	19%	2.6	3.8	TA496
	<i>delfirst5.1</i>	5	CT93	0.001	9.7%	2.8	3.2	TA496
	<i>delfirst5.2</i>	5	CT118	0.002	9.7%	2.9	2.0	LA1589
	<i>delfirst9.1</i>	9	CT283	<0.0001	21%	2.8	2.6	LA1589
	<i>delfirst9.2</i>	9	TG551	0.0002	10%	2.7	6.7	TA496
	<i>delfirst10.1</i>	10	CT234	<0.0001	19%	2.7	2.9	TA496
	<i>delfirst11.1</i>	11	TG393	<0.0001	17%	2.8	2.5	LA1589
	<i>delfirst12.1</i>	12	CT156	<0.0001	19%	2.8	2.4	LA1589
	<i>delfirst12.2</i>	12	TG473	0.0001	13%	2.8	3	TA496
Tamamen çimlenme için geçen gün sayısı	<i>dfull5.1</i>	5	CT172	0.002	9.6%	23.7	24.7	TA496
50% çimlenme için geçen gün sayısı	<i>d50%3.1</i>	3	TG129	0.0004	14%	12.9	19.8	TA496

Tablo 7. 150 mM NaCl tuz uygulamasında belirlenen tuz dayanıklılığı ile ilgili QTL'lerin listesi. R² değeri her bir QTL lokusunun toplam fenotipe olan etkisini göstermektedir. AA; her bir işaretleyicideki *Solanum lycopersicum* allelleri için homozigot olan bireylerin ortalama değerlerini vermektedir. aa; her bir işaretleyicideki *Solanum pimpinellifolium* allelleri için homozigot olan bireylerin ortalama değerlerini vermektedir.

Karakter İsmi	QTL Semboli	Kromozom	En önemli Moleküler İşaretleyici	P Değeri (≤ 0.01)	R ² Değeri ^a	AA	aa	Tuza Tolerans Kaynağı
Tuzda % Çimlenme	<i>spgerm3.1</i>	3	TG152	0.0003	14%	64	34	TA496
	<i>spgerm8.1</i>	8	TG349	0.006	9%	63	42	TA496
% Çimlenmedeki Değişiklik	<i>diffp3.1</i>	3	TG152	0.0006	13%	64	35	TA496
	<i>diffp8.1</i>	8	TG349	0.006	9%	63	42	TA496
Tuzda İlk Çimlenme için geçen gün sayısı	<i>sdfirst8.1</i>	8	TG349	0.003	10%	7.6	9.7	TA496
	<i>sdfirst9.1</i>	9	TG328	0.002	10%	8.2	4.4	LA1589
	<i>sdfirst10.1</i>	10	TG122	0.0008	12%	8.0	7.0	LA1589
Tuzda İlk Çimlenme için gecikme	<i>delfirst8.1</i>	8	TG349	0.0008	12%	5.0	7.1	TA496
	<i>delfirst9.1</i>	9	TG328	0.008	8%	5.6	2.5	LA1589
	<i>delfirst10.1</i>	10	TG122	0.0002	14%	5.4	4.4	LA1589
Tuzda tamamen Çimlenme için geçen gün sayısı	<i>sdfull1.1</i>	1	TG59	0.008	8%	22	19	LA1589
	<i>sdfull3.1</i>	3	TG214	0.001	11%	22	17	LA1589
	<i>sdfull9.1</i>	9	TG421	0.001	12%	22	16	LA1589
	<i>sdfull11.1</i>	11	TG57	0.006	9%	22	15	LA1589
Tuzda %50 Çimlenme için geçen gün sayısı	<i>sdifty2.1</i>	2	TG608	0.001	11%	11.6	12	TA496
	<i>sdifty9.1</i>	9	TG328	0.0002	14%	12.2	6.8	LA1589
	<i>sdifty12.1</i>	12	TG565	0.002	10%	12.2	8.6	LA1589
Tuzda %50 Çimlenme için gecikme	<i>delfifty2.1</i>	2	CT205	0.002	10%	8.4	11.6	TA496
	<i>delfifty9.1</i>	9	TG328	0.0006	12%	9.0	4.5	LA1589
	<i>delfifty12.1</i>	12	TG565	0.001	11%	9.0	5.8	LA1589
Çimlenme deki Gecikme	<i>delfull3.1</i>	3	TG152	0.001	12%	15.5	10	LA1589
	<i>delfull10.1</i>	10	TG122	0.002	10%	14.9	8.5	LA1589

Tablo 8. IL hatlarının ve ebeveynlerin ortalama bitki boyları ve ortalama sap genişlikleri

Hatlar	ortalama bitki boyu (cm)					ortalama sap genişliği (mm)				
	Kontrol	±se	Tuz	±se	Önemli	Kontrol	±se	Tuz	±se	Önemli
M82	32.3	3.7	23.7	1.9		6.7	0.3	4.5	0.3	*
LA716	22.5	4.0	18.3	1.7		4.1	0.6	3.1	0.4	
IL1-1	14.3	2.3	11.3	0.7		4.9	0.6	3.5	0.0	
IL1-2	35.7	3.8	35.0	5.8		4.6	0.8	4.5	0.7	
IL1-3	36.7	2.6	35.3	3.8		4.5	0.1	4.6	0.6	
IL1-4	50.0	0.0	44.3	3.0		4.5	0.2	4.6	0.1	
IL2-1	41.7	1.8	39.0	1.6		4.2	0.1	4.9	0.3	
IL2-2	30.3	0.7	22.3	2.9		6.2	0.2	4.9	0.5	
IL2-3	43.0	5.1	30.3	1.2		4.0	0.1	4.7	0.2	*
IL2-4	58.3	0.3	37.3	3.2	*	5.0	0.1	6.1	0.4	
IL2-5	48.7	1.3	36.3	0.3	*	4.9	0.6	5.7	0.0	
IL2-6	55.3	2.2	42.3	0.3	*	5.4	0.2	6.0	0.4	
IL3-1	51.5	1.2	42.0	0.0	*	5.9	0.2	3.8	0.2	*
IL3-2	29.0	3.1	20.3	1.3	*	5.0	0.3	3.5	0.3	*
IL3-3	34.3	3.4	31.0	1.0		4.6	0.3	5.7	0.0	*
IL3-4	43.7	0.7	28.3	0.9	*	4.6	0.1	6.4	0.5	*
IL3-5	53.0	0.6	34.0	2.6	*	4.1	0.3	5.0	0.0	
IL4-1	50.7	2.3	37.7	5.5		4.9	0.7	5.4	0.7	
IL4-2	20.7	5.8	19.0	0.8		4.1	1.1	4.2	0.1	
IL4-3	52.0	0.0	37.7	1.8	*	5.5	0.1	6.0	0.2	
IL4-4	50.0	2.9	36.0	2.1	*	4.9	0.1	5.4	0.4	
IL5-1	17.5	6.9	14.5	4.5		4.2	1.0	3.9	1.4	
IL5-2	31.3	1.2	50.7	0.7	*	4.1	0.3	5.2	0.2	
IL5-3	51.7	2.0	32.3	3.2	*	4.5	0.4	5.3	0.3	
IL5-4	53.7	1.9	37.3	2.2	*	4.5	0.1	5.7	0.3	*
IL5-5	44.0	3.1	38.3	1.5		4.9	0.1	5.6	0.3	
IL6-1	48.3	3.8	35.7	1.8	*	5.9	0.6	4.2	0.3	*
IL6-2	48.3	0.9	33.7	4.1	*	4.7	0.4	5.2	0.2	
IL6-3	48.7	1.2	39.0	1.0	*	4.8	0.2	5.5	0.2	*
IL6-4	46.0	3.1	37.3	4.6		5.1	0.2	5.5	0.2	
IL7-1	44.3	7.4	35.0	4.4		4.7	0.6	4.9	0.4	
IL7-2	52.3	1.3	42.3	1.9	*	4.9	0.1	5.1	0.3	
IL7-3	52.7	0.3	35.7	4.4	*	4.3	0.3	5.4	0.2	*
IL7-4	29.7	0.9	26.0	1.5		6.2	0.4	5.0	0.5	*
IL7-5	46.0	4.2	36.3	3.7		4.9	0.3	5.4	0.2	
IL8-1	30.3	1.7	16.0	1.2	*	5.1	0.4	3.4	0.1	
IL8-2	47.0	3.0	33.7	1.9	*	4.5	0.1	5.3	0.5	
IL8-3	51.7	0.9	34.0	0.6	*	4.4	0.2	5.9	0.4	*
IL9-1	43.3	9.4	33.3	4.7		4.9	0.1	5.6	0.4	
IL9-2	22.0	0.6	16.3	1.2	*	6.3	0.9	3.6	0.6	
IL9-3	48.3	1.8	31.7	4.2	*	4.0	0.3	5.2	0.1	*
IL10-1	45.7	5.4	39.3	2.3		4.9	0.2	5.4	0.3	
IL10-2	28.0	1.5	15.5	1.2	*	6.6	0.2	6.9	0.4	
IL10-3	32.5	0.4	22.3	1.9	*	6.9	0.4	5.4	0.8	
IL11-1	27.7	1.2	23.3	1.5		5.2	0.3	5.1	0.4	
IL11-2	37.3	3.4	26.0	1.7	*	5.8	0.2	5.3	0.3	
IL11-3	50.7	2.7	33.7	1.8	*	5.2	0.1	4.8	0.1	
IL11-4	48.7	0.9	38.3	2.2	*	5.6	0.6	6.2	0.6	

IL12-1	41.0	5.6	24.0	2.5	*	6.8	0.6	5.6	0.1	
IL12-2	33.0	0.6	23.3	0.9	*	5.8	0.5	5.4	0.6	
IL12-3	21.5	3.7	13.3	2.0		4.7	0.5	3.6	0.0	*
IL12-4	26.3	2.6	23.3	3.7		5.7	0.6	4.4	0.7	

Tablo 9. IL hatlarının ve ebeveynlerinin yaprak sayısı

Hatlar	Yaprak Sayısı				
	Kontrol	\pm se	Tuz	\pm se	Önemli
M82	9,0	0,6	7,3	0,3	
LA716	11,0	0,0	9,7	0,3	*
IL1-1	6,3	0,9	5,3	0,3	
IL1-2	6,3	0,7	8,0	1,2	
IL1-3	8,7	0,3	5,7	0,7	
IL.1.4	7,7	0,3	6,7	0,7	
IL2-1	13,0	2,9	10,3	0,9	
IL2-2	8,3	0,3	9,0	0,0	
IL2-3	7,0	0,6	6,3	0,9	
IL2-4	10,3	1,5	8,0	0,6	
IL2-5	nd		8,0	1,0	
IL2-6	8,7	0,3	8,7	0,7	
IL3-1	nd		nd		
IL3-2	nd		nd		
IL3-3	7,7	0,3	7,3	0,3	
IL3-4	8,3	0,9	8,0	0,6	
IL3-5	7,7	0,3	6,0	0,0	*
IL4-1	9,0	0,6	7,0	0,6	
IL4-2	7,3	1,8	7,0	0,8	
IL4-3	8,0	0,6	7,0	0,0	
IL4-4	8,0	0,0	7,3	0,3	
IL5-1	8,5	2,0	6,0	1,6	
IL5-2	9,0	1,0	6,7	0,3	
IL5-3	8,7	0,9	6,7	0,3	
IL5-4	10,0	1,0	7,3	0,3	
IL5-5	9,7	1,2	8,0	0,0	
IL6-1	nd		8,7	0,7	
IL6-2	9,0	0,0	7,3	0,7	
IL6-3	10,0	1,0	8,3	0,3	
IL6-4	nd		8,5	0,4	
IL7-1	8,3	1,8	8,3	1,5	
IL7-2	8,0	0,6	6,7	0,3	
IL7-3	10,3	1,3	7,0	0,6	
IL7-4	8,3	0,3	8,7	0,3	
IL7-5	8,3	0,3	7,7	0,3	
IL8-1-1	10,5	0,4	7,0	0,8	
IL8-2	10,0	1,0	8,7	0,9	
IL8-3	9,3	0,3	8,3	1,5	
IL9-1	10,3	0,9	7,7	0,3	*
IL9-2	9,0	0,6	8,3	0,9	
IL9-3	7,7	0,9	6,3	0,7	
IL10-1	8,3	0,7	8,3	0,9	
IL10-2	10,7	0,7	8,5	0,4	
IL10-3	9,0	0,0	8,7	0,7	
IL11-1	11,0	0,6	10,3	0,7	
IL11-2	9,0	0,0	8,7	0,9	
IL11-3	7,3	0,3	8,3	0,3	

IL11-4	9,3	0,3	8,3	1,2	
IL12-1	9,0	0,6	8,7	0,3	
IL12-2	9,0	0,6	8,3	0,3	
IL12-3	nd		nd		
IL12-4	9,0	0,0	8,3	1,2	

Tablo 10. IL hatlarının ve ebeveynlerinin yaş ve kuru yaprak ve kök ağırlıkları

Hatlar	Yaş Yaprak Ağırlığı (g)		Kuru Yaprak Ağırlığı (g)		Yaş Kök Ağırlığı (g)		Kuru Kök Ağırlığı (g)	
	Kontrol	Tuz	Kontrol	Tuz	Kontrol	Tuz	Kontrol	Tuz
M82	12.54	10.03	1.52	1.10	38.42	14.23	1.68	0.25
LA716	5.53	1.52	0.47	0.15	4.03	2.76	0.16	0.18
IL.1.1	15.55	2.16	1.80	0.20	9.90	9.42	0.30	0.26
IL.1.2	15.00	16.70	0.26	0.52	16.10	21.10	0.52	0.60
IL.1.3	15.10	12.20	0.26	0.14	15.30	15.00	0.30	0.17
IL.1.4	9.44	8.68	1.34	1.10	18.10	19.00	0.49	0.36
IL.2.1	36.41	33.49	3.94	3.30	17.30	14.14	0.33	0.21
IL.2.2	16.54	4.08	1.20	0.36	20.23	18.15	0.95	0.85
IL.2.3	29.50	13.00	1.42	0.18	15.20	17.20	0.29	0.20
IL.2.4	29.60	15.50	1.04	0.37	18.00	22.60	0.48	0.50
IL.2.5	21.70	15.70	0.72	0.43	15.70	19.10	0.30	0.36
IL.2.6	29.50	21.90	1.31	1.02	18.00	22.20	0.30	0.47
IL.3.1	20.02	12.11	1.72	1.09	15.90	15.80	0.12	0.16
IL.3.2	12.02	7.42	1.06	0.65	11.69	5.28	0.65	0.31
IL.3.3	20.80	16.50	1.23	0.51	16.10	17.90	0.26	0.25
IL.3.4	19.60	17.10	0.61	0.53	15.70	21.70	0.33	0.78
IL.3.5	19.50	14.10	0.63	0.27	18.20	18.40	0.42	0.15
IL.4.1	27.80	19.30	1.25	0.84	17.10	20.00	0.36	1.04
IL.4.2	4.02	5.90	0.45	0.55	13.97	14.51	0.25	0.35
IL.4.3	30.90	17.20	1.41	0.57	25.50	26.60	0.76	0.57
IL.4.4	21.80	15.90	0.81	0.45	18.50	22.20	0.46	0.43
IL.5.1	9.96	4.45	1.20	0.36	9.13	10.33	0.10	0.35
IL.5.2	29.90	14.90	1.40	0.37	18.40	18.30	0.45	0.36
IL.5.3	23.20	12.90	0.89	0.17	17.30	20.70	0.31	0.19
IL.5.4	26.30	18.00	1.25	0.74	16.50	19.40	0.31	0.28
IL.5.5	22.10	17.10	0.82	0.58	19.70	24.40	0.55	0.64
IL.6.1	14.60	14.22	0.59	1.45	22.23	10.46	0.96	0.79
IL.6.2	21.40	14.40	0.73	0.33	19.50	21.20	0.49	0.53
IL.6.3	28.30	20.30	1.33	0.96	21.30	27.20	0.52	0.84
IL.6.4	35.56	15.05	2.91	1.36	20.70	17.70	0.46	0.27
IL.7.1	24.70	17.00	2.10	0.63	18.20	22.90	0.39	0.40
IL.7.2	29.20	19.30	1.76	0.81	24.30	23.60	0.59	0.67
IL.7.3	27.20	13.60	1.20	0.25	19.50	21.10	0.60	0.18
IL.7.4.1	17.72	5.96	1.43	0.49	17.28	5.19	0.64	0.31
IL.7.4	29.45	12.34	2.70	1.50	28.06	18.44	1.35	0.75
IL.7.5	19.50	16.10	0.66	0.46	17.10	23.10	0.49	0.57
IL.8.1.1	nd	21.36	nd	1.90	17.70	19.40	0.76	0.90
IL.8.1	16.52	8.32	1.26	0.72	8.93	7.23	0.44	0.44
IL.8.2	27.20	16.90	1.11	0.54	22.10	23.50	0.56	0.43
IL.8.3	25.00	14.30	1.02	0.33	21.00	21.60	0.38	0.48

IL.9.1	24.40	14.80	1.02	0.34	19.70	18.80	0.40	0.25
IL.9.2	11.35	4.81	1.10	0.55	19.46	6.99	0.83	0.37
IL.9.3	15.20	13.20	0.29	0.19	15.90	15.50	0.27	0.21
IL.10.1	19.40	15.90	0.56	0.46	17.10	24.70	0.41	0.42
IL.10.2	13.52	2.01	1.90	0.20	30.60	27.90	0.99	1.28
IL.10.3	10.70	14.22	1.10	1.45	20.26	14.51	0.65	0.35
IL.11.1	17.48	23.31	1.90	2.20	30.54	40.77	1.25	1.85
IL.11.2	21.84	13.64	2.10	1.40	32.60	30.86	1.35	1.45
IL.11.3	24.20	17.40	0.94	0.54	21.70	18.40	0.42	0.54
IL.11.4	36.70	24.20	1.92	0.20	23.70	32.30	0.68	0.78
IL.12.1	29.23	13.28	2.80	1.30	3.49	3.67	0.27	0.23
IL.12.2	27.21	10.98	2.90	1.00	9.56	3.67	0.58	0.23
IL.12.3	11.94	8.20	1.25	0.76	7.33	7.24	0.52	0.46
IL.12.4	19.36	10.95	1.80	1.00	21.02	27.06	0.75	0.95

Tablo 11. Kontrol ve tuz uygulamalı şartlarda yetiştirilen IL hatlarının ve ebeveynlerin ortalama fenolik, flavonoid ve antioksidant içerikleri

Hatlar	Ortalama Fenolik İçeriği (mg/ml extract)			Ortalama Flavonoid İçeriği (mg/ml extract)			Ortalama Antioksidant İçeriği (µmol Trolox/100g)								
	Kontrol	± se	Tuz	± se	Önemli	Kontrol	± se	Tuz	± se	Önemli	Kontrol	± se	Tuz	± se	Önemli
M82	559.0	2.5	330.6	1.4	*	229.0	1.1	281.8	0.8	*	681.1	5.8	620.9	5.2	*
LA716	216.7	0.9	525.0	1.1	*	93.2	0.6	231.5	0.5	*	307.6	4.1	670.4	9.2	*
IL.1.1	402.8	1.1	580.6	1.6	*	338.9	3.7	366.0	0.3	*	747.2	13.9	585.9	3.9	*
IL.1.2	252.5	2.2	437.0	2.3	*	106.2	0.3	150.9	1.1	*	338.9	6.4	354.3	14.6	
IL.1.3	249.4	1.1	467.9	0.6	*	120.1	0.8	239.2	0.8	*	343.7	3.4	475.2	10.7	*
IL.1.4	377.7	1.4	455.2	2.0	*	202.5	0.3	182.1	0.8	*	405.7	12.7	771.3	0.9	*
IL.2.1	237.0	2.7	304.3	1.9	*	114.5	1.7	166.4	0.3	*	293.0	9.2	689.5	10.3	*
IL.2.2	579.6	2.3	563.0	4.0	*	133.3	0.5	330.2	0.6	*	962.9	16.5	785.0	4.8	*
IL.2.3	362.7	0.3	231.5	1.9	*	350.0	0.5	145.7	2.0	*	814.2	8.0	341.5	2.9	*
IL.2.4	98.8	1.2	325.0	0.9	*	133.6	0.3	230.6	0.5	*	338.0	4.7	352.2	7.1	
IL.2.5	389.8	1.1	264.8	1.4	*	277.5	0.3	113.6	1.9	*	369.5	4.0	421.9	0.5	*
IL.2.6	360.5	2.7	271.0	0.6	*	122.8	1.3	124.4	2.0		435.2	7.2	331.9	3.4	*
IL.3.1	279.3	0.3	253.1	1.7	*	102.5	0.3	118.8	1.1	*	407.8	1.5	511.2	12.2	*
IL.3.2	317.0	0.6	329.6	0.5	*	359.6	3.2	199.4	7.3	*	742.7	8.5	952.3	23.4	*
IL.3.3	274.7	1.1	243.2	0.8	*	93.2	0.8	125.9	0.5	*	390.7	7.8	440.2	4.3	*
IL.3.4	313.0	1.1	299.7	0.3	*	170.7	1.1	123.5	0.3	*	497.4	10.7	384.9	1.7	*
IL.3.5	376.5	1.6	424.4	0.6	*	110.5	0.3	96.9	0.3	*	386.3	8.1	823.3	14.7	*
IL.4.1	261.7	2.2	353.4	0.8	*	131.2	1.2	159.3	0.0	*	346.7	7.2	349.6	9.1	
IL.4.2	304.0	0.6	476.9	1.6	*	300.0	1.1	243.8	0.6	*	617.7	2.6	481.3	7.3	*
IL.4.3	458.6	2.6	337.3	1.9	*	147.5	0.3	181.5	0.5	*	613.8	8.1	502.5	4.7	*
IL.4.4	150.0	1.4	370.7	1.1	*	166.0	0.6	104.9	0.3	*	363.0	7.1	423.7	8.5	*
IL.5.1	552.2	2.5	463.6	1.6	*	186.4	0.3	285.8	0.3	*	634.3	8.1	650.6	19.8	
IL.5.2	284.9	0.6	318.2	1.9	*	80.9	0.8	178.4	2.6	*	403.8	2.7	430.1	8.3	
IL.5.3	225.3	1.2	470.1	1.5	*	113.6	0.3	387.0	1.1	*	297.1	3.9	470.9	3.1	*
IL.5.4	262.7	0.6	393.5	1.6	*	99.4	0.3	393.5	1.6	*	417.6	5.7	358.9	5.1	*
IL.5.5	195.7	2.9	386.1	0.9	*	109.9	0.8	118.8	1.1	*	424.5	5.6	473.5	9.3	*
IL.6.1	714.5	3.0	242.0	2.5	*	384.0	2.2	119.8	1.1	*	1407.7	3.6	460.9	4.6	*
IL.6.2	506.8	0.8	384.9	1.9	*	129.6	0.5	175.3	0.6	*	425.2	2.6	347.1	6.7	*
IL.6.3	371.9	1.3	444.8	0.6	*	166.0	0.6	173.1	1.9	*	563.1	2.9	552.8	6.1	

IL.6.4	360.8	2.2	309.6	0.8	*	101.5	0.3	153.7	0.5	*	354.6	17.3	429.6	4.8	*
IL.7.1	192.0	0.3	492.0	1.6	*	125.9	0.5	257.1	0.8	*	326.5	7.4	507.9	3.4	*
IL.7.2	311.1	0.0	355.9	2.9	*	179.3	0.3	184.0	0.3	*	472.8	6.8	547.7	3.6	*
IL.7.3	447.8	0.6	293.2	0.8	*	181.5	0.5	244.1	1.2	*	411.9	4.2	385.9	9.5	*
IL.7.4	348.1	1.9	498.5	0.3	*	218.5	2.3	271.9	1.2	*	754.5	10.1	825.2	15.7	*
IL.7.5	240.1	0.8	299.4	0.3	*	78.1	0.3	174.7	1.1	*	412.3	5.0	464.5	2.2	*
IL.8.1.1	440.7	0.9	404.3	0.3	*	281.2	0.3	290.7	0.9	*	1094.2	20.7	965.9	2.5	*
IL.8.2	150.3	0.8	371.6	2.5	*	84.3	0.5	167.6	0.5	*	403.0	2.8	402.7	2.2	*
IL.8.3	316.0	1.1	337.0	0.5	*	151.9	0.5	190.1	0.6	*	424.3	6.1	462.3	14.6	*
IL.9.1	308.6	2.5	301.2	1.2	*	94.8	0.3	123.1	0.9	*	341.1	1.3	546.1	9.2	*
IL.9.2	397.8	0.3	420.4	2.7	*	221.3	2.8	373.1	0.5	*	910.5	27.2	705.8	11.6	*
IL.9.3	314.2	1.1	571.0	1.3	*	89.8	0.5	263.6	1.1	*	388.3	4.0	348.5	6.0	*
IL.10.1	214.8	1.9	500.3	1.9	*	173.1	1.9	400.0	0.5	*	373.6	7.0	508.1	12.3	*
IL.10.2	275.6	2.6	420.4	2.7	*	269.8	0.3	215.1	2.9	*	562.9	4.7	557.2	8.4	*
IL.10.3	310.5	1.3	318.2	0.6	*	102.2	0.6	154.9	0.8	*	696.1	2.2	672.0	11.0	*
IL.11.1	363.0	0.5	552.8	4.2	*	304.6	0.9	462.0	3.3	*	933.3	10.4	811.0	5.9	*
IL.11.2	564.8	2.4	463.9	1.1	*	217.0	1.5	261.4	2.6	*	597.5	4.5	658.8	18.5	*
IL.11.3	376.9	2.4	353.7	0.9	*	114.8	0.9	158.3	0.5	*	396.8	5.3	451.1	2.7	*
IL.11.4	354.3	1.7	580.2	2.2	*	123.8	2.6	300.9	0.5	*	528.5	11.6	574.8	1.7	*
IL.12.1	359.6	0.3	311.4	2.0	*	246.6	1.1	259.6	2.0	*	724.9	3.8	774.7	8.3	*
IL.12.2	603.1	1.9	392.0	0.6	*	235.8	0.8	369.4	1.1	*	667.5	14.3	996.4	10.8	*
IL.12.3	429.0	0.3	340.1	2.2	*	310.2	0.5	204.0	0.3	*	913.9	3.5	505.0	7.9	*
IL.12.4	443.2	0.3	442.3	0.3	*	297.8	0.3	298.8	1.2	*	786.8	13.6	713.3	3.9	*

Tablo 12. Kontrol ve tuz uygulamalı şartlarda yetiştirilen IL hatlarının ve ebeveynlerin ortalama peroksidaz içerikleri

Hatlar	ortalama glutatyon peroksidaz aktivitesi (U/g yaprak)				Önemli
	Kontrol	± se	Tuz	± se	
M82	700,920	19,797	113,050	2,295	*
IL.1.1	nd		50,400	1,905	
IL.1.2	121,680	1,549	87,040	2,068	*
IL.1.3	125,172	3,135	190,816	7,929	*
IL.1.4	127,280	1,240	221,788	4,012	*
IL.2.1	124,906	2,768	200,784	6,949	*
IL.2.2	86,688	2,098	128,312	2,408	*
IL.2.3	nd		95,368	6,058	
IL.2.4	145,168	2,408	122,496	2,439	*
IL.2.5	107,328	2,730	151,140	8,561	*
IL.2.6	121,380	2,567	172,080	5,760	*
IL.3.1	160,000	1,600	182,820	1,190	*
IL.3.2	144,420	2,117	216,650	9,080	*
IL.3.3	97,300	700	124,740	1,168	*
IL.3.4	83,640	2,040	107,100	16,039	*
IL.3.5	156,740	4,178	135,744	3,742	*
IL.4.1	113,520	3,624	139,830	1,971	*
IL.4.2	143,934	2,011	101,268	2,762	*
IL.4.3	146,300	8,364	159,800	340	
IL.4.4	141,900	2,007	209,880	952	*
IL.5.1	84,728	712	80,004	354	*
IL.5.2	113,122	652	nd		
IL.5.3	94,536	0	146,880	4,711	*
IL.5.4	144,664	2,216	160,200	2,826	*
IL.5.5	156,100	1,262	108,120	589	*
IL.6.1	812,000	35,163	130,296	3,083	*
IL.6.2	166,260	2,123	110,360	1,982	*
IL.6.3	114,240	2,040	91,290	620	*
IL.6.4	113,142	1,798	188,784	6,269	*
IL.7.1	111,072	1,850	129,618	2,243	*
IL.7.2	99,430	2,608	113,520	2,383	*
IL.7.3	129,750	2,076	119,720	868	*
IL.7.4	122,808	596	152,368	3,717	*
IL.7.5	128,656	3,282	134,736	672	
IL.8.1.1	100,890	3,245	112,056	348	*
IL.8.2	107,184	1,841	192,384	0	*
IL.8.3	103,544	2,256	108,240	1,704	
IL.9.1	108,550	1,204	95,842	3,460	*
IL.9.2	70,992	1,044	56,350	1,949	*
IL.9.3	128,156	644	115,344	1,233	*
IL.10.1	82,830	1,746	95,616	4,491	
IL.10.2	104,960	6,560	84,240	1,871	*
IL.10.3	81,312	1,219	127,656	857	*
IL.11.1	119,712	921	57,104	1,720	*
IL.11.2	92,612	3,577	118,932	2,717	*
IL.11.3	77,880	4,366	117,000	1,298	*
IL.11.4	74,550	2,643	87,210	2,310	*
IL.12.1	108,414	1,710	251,260	3,550	*
IL.12.2	55,778	884	117,480	1,190	*
IL.12.3	nd		163,100	1,949	
IL.12.4	69,472	334	99,302	1,730	*

Tablo 13. IL hatlarının ve ebeveynlerin ortalama SOD enzim aktiviteleri

Hatlar	ortalama SOD aktivitesi (U/g yaprak)				
	Kontrol	±se	Tuz	±se	Önemli
M82	149.1	1.9	159.7	1.5	*
IL.1.1	147.4	1.7	161.3	1.9	*
IL.1.2	162.7	1.3	171.0	0.3	*
IL.1.3	165.9	1.8	166.8	2.7	
IL.1.4	172.6	1.3	155.6	1.8	*
IL.2.1	161.1	1.2	171.8	0.9	*
IL.2.2	162.5	2.2	166.1	0.2	
IL.2.3	nd		173.3	0.5	
IL.2.4	150.2	2.0	164.8	0.3	*
IL.2.5	156.5	1.2	176.2	0.0	*
IL.2.6	159.3	0.8	171.6	0.9	*
IL.3.1	153.9	2.8	159.6	0.8	
IL.3.2	nd		nd		
IL.3.3	168.7	0.5	166.8	0.6	
IL.3.4	162.9	1.3	163.6	1.4	
IL.3.5	168.1	0.4	172.2	0.3	*
IL.4.1	157.8	0.9	177.6	0.3	*
IL.4.2	159.9	1.9	168.2	0.7	*
IL.4.3	171.1	0.3	140.3	3.1	*
IL.4.4	167.1	0.9	169.0	0.6	*
IL.5.1	151.8	2.2	165.2	1.5	*
IL.5.2	153.5	0.8	166.5	0.3	*
IL.5.3	150.9	1.5	167.5	0.3	*
IL.5.4	144.6	2.8	174.9	0.3	*
IL.5.5	153.7	2.0	162.3	0.9	*
IL.6.1	nd		170.8	0.7	
IL.6.2	165.5	1.0	177.2	0.6	*
IL.6.3	162.4	0.6	190.4	1.0	*
IL.6.4	160.3	1.1	161.0	0.7	
IL.7.1	161.0	2.1	167.1	0.0	*
IL.7.2	159.7	1.3	173.0	1.0	*
IL.7.3	174.2	0.7	171.4	0.0	*
IL.7.4	164.2	1.2	154.1	1.0	*
IL.7.5	162.3	0.6	172.1	0.9	*
IL.8.1.1	162.9	0.3	169.5	0.5	*
IL.8.2	167.9	1.4	164.4	0.5	
IL.8.3	163.8	0.9	173.1	0.3	*
IL.9.1	154.4	2.4	160.4	0.6	
IL.9.2	151.2	1.7	169.9	0.9	*
IL.9.3	163.3	1.3	170.4	0.5	*
IL.10.1	162.2	2.0	169.6	1.0	*
IL.10.2	167.9	0.5	169.5	0.4	
IL.10.3	169.1	0.5	169.0	0.5	
IL.11.1	158.0	1.4	161.3	0.7	
IL.11.2	165.4	0.3	166.7	0.9	
IL.11.3	147.5	2.5	170.5	0.6	*
IL.11.4	166.1	1.5	166.9	0.7	
IL.12.1	164.7	1.8	164.2	1.0	
IL.12.2	153.7	0.7	150.5	1.1	
IL.12.3	nd		166.6	0.5	
IL.12.4	171.5	0.4	164.8	0.3	*

Tablo 14. IL hatlarının ve ebeveynlerin ortalama askorbat peroksidaz enzim içerikleri

Hatlar	Ortalama askorbat peroksidaz aktivitesi (U/g yaprak)				
	Kontrol	± se	Tuz	± se	Önemli
M82	572,760	26,207	655,200	3,208	*
IL.1.1	586,160	2,068	414,000	7,200	*
IL.1.2	93,626	2,216	290,360	4,420	*
IL.1.3	109,782	1,026	224,636	3,164	*
IL.1.4	181,288	1,915	406,552	3,042	*
IL.2.1	134,594	3,512	171,948	1,631	*
IL.2.2	738,192	672	211,560	0	*
IL.2.3	135,450	1,050	325,052	8,372	*
IL.2.4	109,392	3,096	148,192	4,494	*
IL.2.5	47,128	1,915	135,300	1,746	*
IL.2.6	114,580	1,226	114,120	1,569	
IL.3.1	95,360	640	292,710	6,270	*
IL.3.2	109,620	2,762	500,150	25,901	*
IL.3.3	133,700	1,949	165,888	2,652	*
IL.3.4	159,120	1,178	112,700	5,633	*
IL.3.5	205,020	5,032	340,368	9,408	*
IL.4.1	58,480	688	177,000	1,416	*
IL.4.2	32,522	1,404	131,892	921	*
IL.4.3	115,850	1,526	158,780	1,700	*
IL.4.4	111,210	873	290,880	10,985	*
IL.5.1	487,364	2,335	356,478	3,025	*
IL.5.2	184,190	6,737	295,836	1,631	*
IL.5.3	63,336	312	248,200	3,243	*
IL.5.4	60,164	1,473	275,188	356	*
IL.5.5	177,450	3,150	229,160	9,318	*
IL.6.1	572,250	50,927	129,228	10,839	*
IL.6.2	116,620	1,226	333,216	7,476	*
IL.6.3	86,800	2,800	105,610	9,329	
IL.6.4	95,842	3,301	256,842	342	*
IL.7.1	119,972	12,821	270,864	8,398	*
IL.7.2	118,338	565	358,104	3,153	*
IL.7.3	124,906	7,150	138,744	12,792	
IL.7.4	89,440	2,093	678,892	17,379	*
IL.7.5	222,224	7,450	107,520	2,044	*
IL.8.1.1	43,542	3,730	195,924	696	*
IL.8.2	110,316	921	76,486	334	*
IL.8.3	78,776	688	292,904	328	*
IL.9.1	194,388	0	161,236	1,248	*
IL.9.2	540,096	52,182	410,200	1,949	
IL.9.3	105,616	1,959	252,404	356	*
IL.10.1	83,160	1,143	131,804	8,160	*
IL.10.2	407,048	288,491	251,640	23,273	
IL.10.3	145,024	931	193,428	3,414	*
IL.11.1	85,956	348	790,856	29,585	*
IL.11.2	63,206	894	162,816	4,619	*
IL.11.3	69,630	3,806	201,600	360	*
IL.11.4	77,700	606	72,522	3,822	
IL.12.1	247,950	342	113,560	3,400	*
IL.12.2	223,112	4,817	304,590	2,820	*
IL.12.3	251,808	1,032	195,650	2,450	*
IL.12.4	128,256	7,014	221,440	8,092	*

Tablo 15. IL hatlarının ve ebeveynlerin ortalama katalaz enzim içerikleri

Hatlar	ortalama katalaz aktivitesi (U/g yaprak)				Önemli
	Kontrol	±se	Tuz	±se	
M82	266,328	4,892	201,960	2,286	*
IL.1.1	nd		175,700	10,867	
IL.1.2	220,352	3,920	194,452	3,460	*
IL.1.3	255,248	1,820	95,496	5,327	*
IL.1.4	177,568	3,789	68,364	1,714	*
IL.2.1	233,204	5,536	111,784	2,848	*
IL.2.2	220,160	2,999	149,437	3,402	*
IL.2.3	123,200	1,852	128,148	3,942	
IL.2.4	139,320	2,336	113,520	4,128	*
IL.2.5	97,696	688	207,192	0	*
IL.2.6	211,400	8,937	137,632	10,615	*
IL.3.1	146,292	3,471	125,952	0	*
IL.3.2	235,944	3,617	160,300	1,400	*
IL.3.3	263,504	2,999	137,600	4,816	*
IL.3.4	220,160	3,440	127,764	3,513	*
IL.3.5	345,800	1,400	148,944	5,568	*
IL.4.1	132,096	1,192	96,096	3,336	*
IL.4.2	68,742	3,078	143,104	688	*
IL.4.3	214,900	6,103	63,896	1,304	*
IL.4.4	179,568	3,190	260,752	3,440	*
IL.5.1	66,432	599	89,080	3,598	*
IL.5.2	116,688	1,651	143,792	2,999	*
IL.5.3	153,888	4,704	144,840	1,178	
IL.5.4	80,272	6,920	121,040	712	*
IL.5.5	169,984	2,656	220,440	660	*
IL.6.1	64,050	9,925	148,088	2,768	*
IL.6.2	248,500	6,678	154,000	3,898	*
IL.6.3	263,652	4,322	83,520	720	*
IL.6.4	282,768	0	206,304	1,778	*
IL.7.1	75,402	613	222,984	4,161	*
IL.7.2	194,688	0	130,240	704	*
IL.7.3	197,120	1,863	148,400	700	*
IL.7.4	224,432	8,631	99,528	3,480	*
IL.7.5	233,204	1,384	156,468	708	*
IL.8.1.1	173,600	1,400	167,872	2,752	
IL.8.2	277,264	688	194,552	14,563	*
IL.8.3	234,608	688	146,556	6,132	*
IL.9.1	197,200	2,452	146,292	6,123	*
IL.9.2	319,464	7,473	135,872	3,920	*
IL.9.3	243,600	7,375	174,000	7,751	*
IL.10.1	222,312	8,871	112,104	4,794	*
IL.10.2	238,700	1,852	147,744	4,104	*
IL.10.3	279,756	684	209,440	1,799	*
IL.11.1	103,584	575	258,060	1,746	*
IL.11.2	296,800	1,852	65,740	1,927	*
IL.11.3	112,200	25,571	206,908	4,844	*
IL.11.4	383,904	3,153	127,840	6,487	*
IL.12.1	258,552	14,364	68,000	4,796	*
IL.12.2	490,312	4,380	213,840	9,074	*
IL.12.3	nd		254,852	676	
IL.12.4	341,156	1,831	146,496	672	*

Tablo 16. IL hatlarının ve ebevenylerin mineral madde içerikleri

Hatlar	Na (%)	Na (%)	K (%)	K (%)	Ca (%)	Ca (%)
	Kontrol	Tuz	Kontrol	Tuz	Kontrol	Tuz
M82	1.59	4.24	3.74	3.27	1.64	0.34
IL.1.1	0.14	0.77	4.55	0.49	3.22	0.78
IL.1.2	0.00	0.68	2.42	0.37	1.13	0.36
IL.1.3	0.39	0.74	2.93	4.68	1.20	0.70
IL.1.4	0.07	nd	4.74	2.46	1.54	1.76
IL.2.1	0.63	0.88	5.63	2.45	2.29	1.41
IL.2.2	0.61	0.10	6.20	6.65	2.03	2.55
IL.2.3	0.00	0.86	3.01	1.36	1.39	0.28
IL.2.4	0.08	0.54	5.78	1.14	1.79	0.04
IL.2.5	0.09	0.83	6.04	2.25	2.65	0.59
IL.2.6	nd	0.71	nd	2.69	nd	1.58
IL.3.1	0.13	1.10	7.45	6.82	2.47	2.48
IL.3.2	1.35	3.69	3.11	2.07	2.40	2.83
IL.3.3	1.47	3.90	3.82	2.76	1.93	1.95
IL.3.4	0.08	1.14	7.41	4.93	2.44	2.76
IL.3.5	0.06	1.19	7.32	5.40	2.33	2.15
IL.4.1	0.07	0.78	5.04	2.33	0.54	1.12
IL.4.2	0.11	1.05	6.80	5.05	2.49	3.06
IL.4.3	0.00	1.06	1.61	1.41	0.18	0.72
IL.4.4	0.06	1.06	6.76	5.33	1.87	2.23
IL.5.1	0.14	0.74	7.29	2.60	2.23	1.28
IL.5.2	0.00	0.94	2.69	0.46	1.01	0.35
IL.5.3	0.09	0.74	6.69	2.80	3.08	1.55
IL.5.4	0.07	0.62	6.53	0.79	2.63	0.70
IL.5.5	0.12	1.20	7.72	5.14	2.17	2.39
IL.6.1	0.04	1.04	6.88	6.28	0.76	1.88
IL.6.2	1.36	4.14	4.37	2.35	1.49	2.24
IL.6.3	0.12	0.82	6.58	2.53	2.57	1.27
IL.6.4	0.08	0.92	6.11	5.68	2.45	2.72
IL.7.1	1.59	4.04	4.11	2.48	1.87	2.24
IL.7.2	0.10	1.04	6.32	5.26	2.31	2.91
IL.7.3	0.08	1.25	6.31	4.58	2.06	2.49
IL.7.4	0.12	0.76	6.36	2.73	2.45	1.43
IL.7.5	0.00	1.39	3.33	1.95	0.87	0.87
IL.8.1.1	0.11	0.84	6.64	2.37	2.62	1.69
IL.8.2	1.60	4.21	4.66	2.78	1.34	2.26
IL.8.3	0.08	1.17	7.03	3.75	3.13	4.07
IL.9.1	0.12	0.71	5.62	2.35	3.62	1.65
IL.9.2	0.06	0.81	7.45	2.65	2.63	1.25
IL.9.3	0.03	0.93	3.95	0.90	1.96	0.23
IL.10.1	1.52	5.15	4.02	2.22	1.86	1.85
IL.10.2	0.07	0.90	3.25	3.15	1.34	0.26
IL.10.3	0.11	1.07	7.11	2.03	1.82	1.11
IL.11.1	0.00	1.33	2.60	1.97	0.71	0.68
IL.11.2	0.07	1.26	2.22	1.00	1.60	1.57
IL.11.3	0.04	1.15	2.80	2.61	1.03	0.57
IL.11.4	1.06	0.09	6.33	8.02	1.62	1.67
IL.12.1	0.59	1.08	6.42	6.29	2.44	2.17
IL.12.2	0.01	1.19	2.64	2.90	0.96	1.12
IL.12.3	0.00	1.57	3.08	2.15	0.75	0.24
IL.12.4	1.29	3.33	2.41	1.86	1.41	1.89

Tablo 17. Fizyolojik, biyokimyasal ve mineral içerikler arasındaki korelasyonlar

Kontrol uygulaması																
Karakter	Bitki Boyu	Gövde Çapı	Yaprak Sayısı	Yaş Yaprak Ağırlığı	Kuru Yaprak Ağırlığı	Yaş Kök Ağırlığı	Kuru Kök Ağırlığı	PHE	FLA	AOX	GLU	ASC	CAT	SOD	NA	K
Sap	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Yaprak Sayısı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Yaş Yaprak Ağırlığı	0.55	-	0.37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kuru Yaprak Ağırlığı	-	0.34	0.44	0.52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Yaş Kök Ağırlığı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kuru Kök Ağırlığı	-	0.54	-	-	-	0.71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PHE	-	0.29	-	-	-	-	0.37	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLA	-0.45	-	-	-0.36	-	-	0.32	0.46	-	-	-	-	-	-	-	-
AOX	-0.43	0.45	-	-0.34	-	-	0.54	0.66	0.73	-	-	-	-	-	-	-
GLU	-	-	-	-	-	-	-	0.35	0.36	0.47	-	-	-	-	-	-
ASC	-0.49	0.33	-	-0.38	-	-	-	0.47	-	0.53	0.33	-	-	-	-	-
CAT	-	0.32	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.33	-	-	-	-	-
SOD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.42	-	-	-
NA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K	0.62	-0.29	-	0.49	-	-	-	-0.39	-0.47	-0.49	-	-	-	-	-	-
CA	0.49	-0.29	-	0.41	-	-	-	-0.37	-0.43	-0.45	-	-	-	-	-	0.67
TUZ																
Karakter	Bitki Boyu	Gövde Çapı	Yaprak Sayısı	Yaş Yaprak Ağırlığı	Kuru Yaprak Ağırlığı	Yaş Kök Ağırlığı	Kuru Kök Ağırlığı	PHE	FLA	AOX	GLU	ASC	CAT	SOD	NA	K
Sap Çapı	0.43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Yaprak Sayısı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Yaprak Yaş Ağırlığı	0.67	0.50	0.39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Yaprak Kuru Ağırlığı	-	-	0.61	0.49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kök Yaş Ağırlığı	0.39	0.57	-	0.48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kök Kuru Ağırlığı	-	0.28	0.46	-	0.30	0.64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PHE	-0.31	-	-	-	-	-	0.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLA	-0.40	-	-	-	-	-	-	0.67	-	-	-	-	-	-	-	-
AOX	-0.38	-	-	-	0.44	-	-	0.31	0.38	-	-	-	-	-	-	-
GLU	0.32	-	-	-	-	-0.30	-0.38	-0.37	-0.34	-	-	-	-	-	-	-
ASC	-	-0.38	-	-	-	-	-	0.33	0.35	0.43	-	-	-	-	-	-
CAT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.35	-	-	-	-	-	-
NA	-	-0.44	-	-0.28	-	-0.43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K	0.50	0.36	-	0.68	-	0.30	-	-	-0.37	-0.30	-	-0.40	-	-	-	-
CA	0.41	-	-	0.44	-	-	-	-0.30	-0.42	-0.34	0.39	-	-	-	0.30	0.58

Tablo 18. IL populasyonunda belirlenen QTL'lerin listesi

QTL	IL	Etki (%)	QTL	IL	Etki (%)	QTL	IL	Etki (%)
<i>pht-s1.1</i>	1.2, 1.3	48, 49	<i>rdw-s1.1</i>	1.2	140	<i>fla-s5.1</i>	5.3, 5.4	37, 40
<i>pht-s1.2</i>	1.3, 1.4	49, 87	<i>rdw-s1.2</i>	1.4	44	<i>fla-s9.1</i>	9.2	32
<i>pht-s2.1</i>	2.1	65	<i>rdw-s2.1</i>	2.2	240	<i>fla-s10.1</i>	10.1	42
<i>pht-s2.2</i>	2.4, 2.5	58, 53	<i>rdw-s2.2</i>	2.4	100	<i>fla-s12.1</i>	12.2	31
<i>pht-s3.1</i>	3.3	77	<i>rdw-s2.3</i>	2.5, 2.6	44, 88			
			<i>rdw-s3.1</i>	3.4	212	<i>aox-s3.1</i>	3.2	53
<i>dia-s2.1</i>	2.4	36	<i>rdw-s4.1</i>	4.1, 4.2	316, 40	<i>aox-s3.2</i>	3.5	33
<i>dia-s2.2</i>	2.6	32	<i>rdw-s4.2</i>	4.3, 4.4	128, 72	<i>aox-s7.1</i>	7.4	33
<i>dia-s3.1</i>	3.4	42	<i>rdw-s5.1</i>	5.1, 5.2	40, 44	<i>aox-s12.1</i>	12.2	60
<i>dia-s4.1</i>	4.3	33	<i>rdw-s5.2</i>	5.5	156			
<i>dia-s8.1</i>	8.1.1	56	<i>rdw-s6.1</i>	6.1	216	<i>glp-s1.1</i>	1.3, 1.4	69, 96
<i>dia-s8.2</i>	8.3	31	<i>rdw-s6.2</i>	6.2, 6.3	112, 236	<i>glp-s2.1</i>	2.1	78
<i>dia-s10.1</i>	10.2	52	<i>rdw-s7.1</i>	7.4, 7.5	200, 128	<i>glp-s2.2</i>	2.5, 2.6	34, 52
<i>dia-s11.1</i>	11.4	37	<i>rdw-s7.2</i>	7.1, 7.2	60, 168	<i>glp-s3.1</i>	3.1, 3.2	62, 92
			<i>rdw-s8.1</i>	8.1, 8.1.1	76, 260	<i>glp-s4.1</i>	4.3, 4.4	41, 86
<i>lno-s11.1</i>	11.1	42	<i>rdw-s8.2</i>	8.2, 8.3	72, 92	<i>glp-s5.1</i>	5.4	42
			<i>rdw-s9.1</i>	9.2	48	<i>glp-s6.1</i>	6.4	67
				10.1,				
<i>lww-s1.1</i>	1.2	67	<i>rdw-s10.1</i>	10.2	68, 412	<i>glp-s7.1</i>	7.4	35
<i>lww-s5.1</i>	5.2	49	<i>rdw-s10.2</i>	10.3	40	<i>glp-s8.1</i>	8.2	70
				11.1,				
<i>lww-s6.1</i>	6.1, 6.2	42, 44	<i>rdw-s11.1</i>	11.2	640, 480	<i>glp-s12.1</i>	12.1	122
				11.3,				
<i>lww-s9.1</i>	9.1	48	<i>rdw-s11.2</i>	11.4	116, 212	<i>glp-s12.2</i>	12.3	44
				12.3,				
<i>lww-s10.1</i>	10.1	59	<i>rdw-s12.1</i>	12.4	84, 280			
						<i>k-s1.1</i>	1.2	43
<i>ldw-s6.1</i>	6.1	32	<i>phe-s1.1</i>	1.1, 1.2	76, 32			
<i>ldw-s8.1</i>	8.1.1	73	<i>phe-s1.2</i>	1.3, 1.4	42, 38	<i>ca-s1.1</i>	1.2	105
<i>ldw-s10.1</i>	10.3	32	<i>phe-s2.1</i>	2.2	70	<i>ca-s2.1</i>	2.1	650
<i>ldw-s11.1</i>	11.1	100	<i>phe-s4.1</i>	4.2	44	<i>ca-s3.1</i>	3.1	733
			<i>phe-s5.1</i>	5.1	40	<i>ca-s3.2</i>	3.4, 3.5	531, 229
<i>rww-s1.1</i>	1.2	48	<i>phe-s5.2</i>	5.3	42	<i>ca-s4.1</i>	4.1, 4.2	801, 111
<i>rww-s1.2</i>	1.4	34	<i>phe-s6.1</i>	6.3	35	<i>ca-s5.1</i>	5.4, 5.5	603, 454
<i>rww-s2.1</i>	2.4, 2.5	59, 34	<i>phe-s7.1</i>	7.4	51	<i>ca-s6.1</i>	6.1, 6.2	558
<i>rww-s2.2</i>	2.6	56	<i>phe-s7.2</i>	7.1	49	<i>ca-s6.2</i>	6.3, 6.4	275
							8.1,	
<i>rww-s3.1</i>	3.4	52	<i>phe-s9.1</i>	9.3	73	<i>ca-s8.1</i>	8.1.1	565, 121
<i>rww-s4.1</i>	4.1	41	<i>phe-s10.1</i>	10.1	51	<i>ca-s9.1</i>	9.3	444
				11.1,			10.2,	
<i>rww-s4.2</i>	4.3, 4.4	87, 56	<i>phe-s11.1</i>	11.2	67, 40	<i>ca-s10.1</i>	10.3	226, 101
				11.1,			11.1,	
<i>rww-s5.1</i>	5.3	45	<i>phe-s11.2</i>	11.4	76	<i>ca-s11.1</i>	11.2	363, 67
<i>rww-s5.2</i>	5.4, 5.5	36, 71	<i>phe-s12.1</i>	12.4	34	<i>ca-s12.1</i>	12.1	228
							12.3,	
<i>rww-s6.1</i>	6.2, 6.3	49, 91				<i>ca-s12.2</i>	12.4	456, 314
<i>rww-s7.1</i>	7.5	62						
<i>rww-s7.2</i>	7.2, 7.3	66, 48						
<i>rww-s7.3</i>	7.1	61						

<i>rww-s8.1</i>	8.1.1	36								
<i>rww-s8.2</i>	8.2, 8.3	65, 52								
<i>rww-s9.1</i>	9.1	32								
<i>rww-s10.1</i>	10.1, 10.2	74, 96								
<i>rww-s11.1</i>	11.1, 11.2	187, 117								
<i>rww-s11.2</i>	11.4	127								
<i>rww-s12.1</i>	12.4	90								