

Patates (*Solanum tuberosum* L.) eşitlerinde Tuz Stresi ve *Rhizoctonia solani* Kühn
İnteraksiyonunun Moleküler Düzeyde İncelenmesi

Çiğdem Aydoğan

DOKTORA TEZİ

Biyoloji Anabilim Dalı

Temmuz 2020

Investigation of Salinity Stress and *Rhizoctonia solani* Kühn Interaction at
Molecular Level in Potato (*Solanum tuberosum* L.) Cultivars

Çiğdem Aydoğan

DOCTORAL DISSERTATION

Department of Biology

July 2020

Patates (*Solanumtuberosum* L.) eşitlerinde Tuz Stresi ve *Rhizoctonia solani* Kühn
İnteraksiyonunun Moleküler Düzeyde İncelenmesi

ığdem Aydoğan

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Biyoloji Anabilim Dalı
Moleküler Biyoloji Bilim Dalında
DOKTORA TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof. Dr. Ece Turhan

Bu Tez ESOGÜ BAP tarafından 201423A216 no' lu proje çerçevesinde desteklenmiştir.

Temmuz 2020

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Ece Turhan danışmanlığında hazırlamış olduğum “Patates (*Solanum tuberosum* L.) Çeşitlerinde Tuz Stresi ve *Rhizoctonia solani* Kühn İnteraksiyonunun Moleküler Düzeyde İncelenmesi” başlıklı DOKTORA tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik, ilke ve kurallara uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri, akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 14/07/2020

Çiğdem Aydoğan

ÖZET

Çevresel stres faktörleri, tek başına bitkilerin verimlerini ve besin değerlerini etkiler, ayrıca bitki patojenlerinin habitatlarını da olumsuz yönde etkileyerek patojenlerin yayılmasına neden olur. Bu nedenle, bitkiler aynı anda farklı stres faktörlerine maruz kaldıkları yerde yaşamak için çeşitli stratejiler geliştirmelidir. Bu tez çalışmasında, tuz (NaCl) stresi, *Rhizoctonia solani* ve bu iki stres faktörünün kombinasyonuna farklı tepkiler gösteren patates çeşitlerinin fizyolojik özelliklerinde ve sukroz metabolizmasında meydana gelen değişikliklerin moleküler ve gen ifadesi düzeyinde belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla, üç aşama olarak planlanan denemede 19 ticari patates çeşidi, fizyolojik ve morfolojik farklılıklar ile verim ve verim öğeleri vasıtasıyla ilk olarak tuzluluk toleransı ve ikinci olarak morfolojik farklılıklar vasıtasıyla *R. solani*' ye dayanıklılık açısından taranmıştır. Yapılan analizler sonucu Russet Burbank (tuza toleranslı, *R. solani*' ye dayanıklı), Desiree (tuza toleranslı, *R. solani*' ye hassas), Granola (tuza hassas *R. solani*' ye dayanıklı) ve Lady Claire (hem tuza hem de *R. solani*' ye hassas) çeşitleri seçilmiş ve üçüncü aşama olan; kontrol, NaCl, *R. solani*, *R. solani*+NaCl interaksiyonu uygulamalarına maruz bırakılmıştır. Çeşitlerin olgunlaşma dönemlerinin ayrı ayrı stres faktörlerine ve kombinasyonuna tolerans göstermeleri üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Karbonhidratların varlığı ve dağılımının *R. solani*+NaCl stresine toleransta etkili olduğu belirlenmiştir. Yapılan analizlerde gerek enzim aktivitesi gerekse gen ifade düzeyi sonuçları değerlendirildiğinde özellikle yumru büyümesi ve olgunlaşması dönemlerinde invertazların daha yüksek seviyelerde ifade edildiği tespit edilmiştir. Bitki savunma ve yanıt mekanizmalarındaki rolleri de düşünüldüğünde NaCl, *R. solani*, *R. solani*+ NaCl streslerinde invertazların sukroz sintaza kıyasla daha önemli bir rol oynadıkları belirlenmiştir. Bununla birlikte yaklaşık 73, 45 ve 35 kDa moleküler ağırlığa sahip üç dehidrin proteinin NaCl, *R. solani*, *R. solani*+ NaCl streslerine toleransta etkili olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Patates, tuzluluk, *Rhizoctonia solani*, sukroz metabolizması, dehidrin proteinleri, gen ifadesi

SUMMARY

Climate change alone affects yields and nutritional values of plants, as well as causing the spread of pathogens by negatively affecting the habitats of plant pests and pathogens. For this reason, plants must evolve to live where they are exposed to different stress factors at the same time. In this study, it was aimed to determine the changes in the physiological characteristics and sucrose metabolism of the potato varieties that show different responses to salt stress, *Rhizoctonia solani* and the combination of these two stress factors at the molecular and gene expression level. For this purpose, in the experiment planned as three stages, 19 commercial potato cultivars were screened firstly for salinity tolerance by physiological and morphological differences along with yield and yield components, and secondly for resistance to *R. solani* by morphological differences. According to the results of the screenings, Russet Burbank (NaCl tolerant, *R. solani* resistant), Desiree (NaCl tolerant, *R. solani* sensitive), Granola (NaCl sensitive, *R. solani* resistant) and Lady Claire (susceptible to both) cultivars were selected and subjected to the third stage; control, NaCl, *R. solani*, *R. solani*+NaCl interaction applications. Results showed that the maturity periods of the varieties influence tolerance of individual stress factors and combination. The presence and distribution of carbohydrates was determined to be effective in tolerance to *R. solani*+NaCl stress. When the results of both enzyme activity and gene expression were evaluated, it was determined that invertases were expressed at higher levels, especially during the tuber initiation and bulking stages. Considering their roles in plant defense and response mechanisms, invertases are thought to play a more important role in NaCl, *R. solani*, *R. solani* + NaCl stresses compared to sucrose synthase. Besides, three dehydrin proteins of size 73, 45 and 35 kDa are thought to have effective means in tolerance to NaCl, *R. solani*, *R. solani* + NaCl stresses. Besides, three dehydrin proteins with an approximate molecular weight of 73, 45 and 35 kDa are thought to be effective in tolerance to NaCl, *R. solani*, *R. solani*+NaCl stresses.

Keywords: Potato, salinity, *Rhizoctonia solani*, sucrose metabolism, dehydrin proteins, gene expression.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın planlanmasında ve yürütülmesinde, değerli bilgilerini ve tecrübelerini benimle paylaşan, tez çalışmama olduğu kadar mesleki gelişimime de büyük katkıda bulunan sayın danışman hocam Prof. Dr. Ece TURHAN'a göstermiş olduğu destek ve sabrından dolayı sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Tez izleme jürisinde yer alarak değerli katkıları ve yönlendirmeleriyle çalışmanın zenginleşmesine katkıda bulunan Prof. Dr. Mediha CANBEK'e ve Prof. Dr. Fikret DEMİRCİ'ye teşekkürlerimi sunarım. Tohumluk patates yumrularının tedarigini sağlayan Nejmi İNAN Bey özelinde Inan-Meijer Tohumculuk'a, Niğde Patates Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne ve Ziraat Yüksek Mühendisi Zeynep SİREL'e çok teşekkür ederim. Denemelerde kullanılan *R. solani* izolatını sağlayan Doç. Dr. Göksel ÖZER'e (Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü), toprağın ve yetiştirme ortamının analizini yapan Dr. Biyolog Özgür ATEŞ'e (Eskişehir Geçit Kuşığı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü) teşekkür ederim. Sera çalışmaları sırasında destek veren Ziraat Mühendisleri Elif KOCA'ya, Orhan AYTEKİN'e, Samet KONUCUK'a, Ebubekir KAYAALP'e, Onur KIR'a, Berk TUTKA'ya ve Öner DEMİRBAŞ'a teşekkür ederim. Fungal kültür sonuçlarının değerlendirilmesinde fikrine danıştığım Yüksek Biyolog Serhan KARAKAŞ'a ve gen ifadesi analizlerinin yapılmasında yardımlarını gördüğüm Biyolog Bahtiyar YILMAZ'a ve laboratuvarlarını açan EDGE Gıda Yem Çevre Sağlığı Analiz ve Laboratuvar Hizmetleri'ne teşekkür ederim. Verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde kıymetli yardımını gördüğüm, Prof. Dr. İlker ERCAN'a (Uludağ Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Biyoistatistik A.B.D) teşekkür ederim. Doktora öğrenimim süresince desteğini esirgemeyen ve bilgilerini benimle paylaşan Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Biyoloji Bölümü ve Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü öğretim elemanlarına teşekkürlerimi sunarım. 201423A216 no' lu proje çerçevesinde çalışmalarımı destekleyen ESOGÜ BAP Komisyonu' na teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında olduğu gibi doktora çalışmalarım da maddi ve manevi desteklerini, sevgilerini ve özverilerini hiçbir zaman esirgemeyen, her zaman bana güvenen canım annem Hava AYDOĞAN'a, canım babam Mustafa AYDOĞAN'a ve canım AİLEME sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vi
SUMMARY	vii
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xviii
1.GİRİŞ VE AMAÇ	1
2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	8
2.1. Patates Bitkisinin Genetik Yapısı	8
2.2. Tuz Stresi ve Etkileri	9
2.3. Tuz Stresinde Karbonhidratların ve Proteinlerin Rolü	18
2.4. <i>Rhizoctonia solani</i> Kühn <i>Thanatephorus cucumeris</i> (Frank) Donk ve Etkileri	39
2.5. Bitki-Patojen İlişkilerinde Karbonhidratların ve Proteinlerin Rolü.....	46
2.6. Tuz Stresi ve Biyotik Stres Etkileşimi	54
3. MATERYAL VE YÖNTEM	59
3.1. Bitki Materyali	59
3.2. Deneme Planı.....	59
3.3. Ön Filizlendirme	61
3.4. Saksıların Dikime Hazırlanması	62
3.5. <i>Rhizoctonia solani</i> Kühn İnokulumunun Hazırlanması.....	63
3.6. Dikim	63
3.7. Kültürel İşlemler	64
3.8. Sulama Suyu Miktarının Belirlenmesi.....	65
3.9. Tuza Toleranslı Çeşitlerin Belirlenmesi	66
3.9.1. Tuz stresi görsel zararlanma skalasına göre çeşit toleransının belirlenmesi....	66
3.9.2. Hücre membran zararının belirlenmesi.....	67
3.9.3. Lipid peroksidasyonunun (MDA miktarı) belirlenmesi.....	68

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

3.9.4. Yaprak oransal su kapsamının (YOSK) ve turgor kaybının (TK) belirlenmesi	69
3.9.5. Toplam çözünebilir protein (TÇP) analizi	69
3.9.6. Sodyum dodesilsülfat- poliakrilamid jel elektroforezi (SDS-PAGE) analizi ..	70
3.9.7. Verim ve verim öğelerinin belirlenmesi	71
3.10. Sodyum Klorürün <i>R. solani</i> Üzerindeki Fungistatik Etkisinin Belirlenmesi.....	72
3.11. Bitki Hastalık Şiddetinin Belirlenmesi	72
3.12. Tuz Stresi ve <i>R. solani</i> interaksiyonun Etkilerinin Belirlenmesi.....	73
3.12.1. Çözünebilir şeker miktarlarının belirlenmesi.....	73
<u>3.12.1.1. Toplam şeker miktarı</u>	74
<u>3.12.1.2. İndirgen şeker miktarı</u>	74
<u>3.12.1.3. Sukroz miktarı</u>	74
3.13. Nişasta Miktarı.....	74
3.14. Sukroz Metabolizması Enzimlerinin Aktivitelerinin Ölçülmesi	75
3.14.1. İvertazlar (INV'ler)	75
3.14.2. Sukroz sintaz	76
3.15. İmmünoblot (Western Blot) Analizi	76
3.16. Sukroz Metabolizmasında Yer Alan Genlerin İfade Seviyelerinin Belirlenmesi..	78
3.16.1. Toplam RNA izolasyonu.....	78
3.16.2. cDNA (Komplementer DNA) sentezi	79
3.16.3. Kantitatif real time (Eş zamanlı) PCR (qRT-PCR) uygulamaları.....	79
3.16.4. Kullanılan primer ve proplar	80
3.16.5. Primer optimizasyonu	81
3.16.6. Örneklerin qRT-PCR cihazına yüklenmesi.....	81
3.16.7. Gen ifade verilerine ait analizler	81
3.17. İstatistiksel Analizler	82
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	83

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

4.1. Tuza Toleranslı Çeşitlerin Belirlenmesi	83
4.1.1. Tuz stresi görsel zararlanma skalasına göre çeşit toleransı.....	83
4.1.2. Hücre membran zararı.....	85
4.1.3. Lipid peroksidasyonu (MDA miktarı)	89
4.1.4. Yaprak oransal su kapsamı (YOSK) ve turgor kaybı (TK).....	92
4.1.5. Toplam çözünebilir protein (TÇP) miktarı	95
4.1.6. SDS- PAGE analizi	97
4.1.7. Verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi.....	103
4.2. <i>Rhizoctonia solani</i> ile Sodyum Klorür, Bitki Etkileşimi	111
4.2.1. Sodyum klorürün <i>Rhizoctonia solani</i> Kühn üzerindeki fungistatik etkisi	111
4.2.2. Bitki hastalık şiddeti.....	113
4.4. Tuz Stresi ve <i>Rhizoctonia solani</i> Kühn İnteraksiyonunun Etkileri.....	115
4.4.1. Hücre membran zararı.....	115
4.4.2. Lipid peroksidasyonu (MDA miktarı)	119
4.4.3. Yaprak oransal su kapsamı (YOSK) ve turgor kaybı (TK).....	122
4.4.4. Çözünebilir şekerler	126
<u>4.4.4.1. Toplam seker</u>	126
<u>4.4.4.2. İndirgen seker</u>	128
<u>4.4.4.3. Sukroz</u>	130
4.4.5. Nişasta analizi	134
4.4.6. Sukroz metabolizması enzimleri	137
<u>4.4.6.1. İnvertazlar (INV)</u>	137
<u>4.4.6.2. Sukroz sintaz (SuSy) aktivitesi</u>	142
4.4.7. Sukroz metabolizmasında yer alan genlerin ifade seviyeleri.....	145
<u>4.4.7.1. İnvertaz (InvGF) gen ifade seviyesi</u>	145
<u>4.4.7.2. Sukroz Sintaz (SuSy) gen ifade seviyesi</u>	147
4.4.8. Toplam çözünebilir protein (TÇP) miktarı	151
4.4.9 SDS-PAGE analizi	154

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.4.10. İmmünblot (Western Blot) analizi	158
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	163
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	166
EK AÇIKLAMALAR	204
Ek Açıklamalar-A: Tuza Toleranslı Çeşitlerin Belirlenmesi İçin Yapılan Analizlerin Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları.....	209
Ek Açıklamalar-B: Bitki Hastalık Şiddetinin Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Analizlerin Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları.....	217
Ek Açıklamalar-C: Tuz Stresi ve <i>Rhizoctonia solani</i> Kühn İnteraksiyonunun Etkilerinin Belirlenmesi için Yapılan Analizlerin İstatistiksel Sonuçları.....	218
ÖZGEÇMİŞ	247

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Yumru sterilizasyonu ve ön filizlendirme	61
3.2. Filizlenmiş patates yumruları	62
3.3. <i>R. solani</i> inokulumunun hazırlanması.....	63
3.4. Yumru dikimi (A: Kontrol ve tuz stresi uygulaması yapılacak olan saksılarda, B: <i>R. solani</i> uygulaması yapılacak olan saksılarda).....	64
3.5. Denemenin otuzuncu gününde bitkilerin genel görünüşü	65
4.1. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates bitkilerinin yapraklarında görülen bazı morfolojik değişiklikler.....	84
4.2. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerinin yapraklarındaki zararlanma	84
4.3. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerinin yapraklarındaki hücre membran zararı.....	86
4.4. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerinin yumru dokularındaki hücre membran zararı.....	87
4.5. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerinin yapraklarındaki MDA miktarı... 89	89
4.6. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerinin yumru dokularındaki MDA miktarı	91
4.7. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerinin YOSK değerleri.....	93
4.8. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerinin TK değerleri.	94
4.9. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerinin yaprak, yumru eti ve kabuğu dokularındaki TÇP miktarı.....	96
4.10. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerine ait yaprak örneklerinde SDS- PAGE profilinde belirlenen polimorfik bantlar	99
4.11. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerine ait yumru eti örneklerinde SDS-PAGE profilinde belirlenen polimorfik bantlar.....	100
4.12. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerine ait yumru kabuğu örneklerinde SDS-PAGE profilinde belirlenen polimorfik bantlar; bütün çeşitlerde ortak olan bantlar büyük harf, çeşitlere özgü olan bantlar	101
4.13. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerinin sap sayıları.....	104

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.14. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerinin saksı başına verim miktarları.	105
4.15. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerinin saksı başına yumru sayıları ...	106
4.16. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerinin tek yumru ağırlıkları.....	107
4.17. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerinin yumru irilik dağılımları.....	108
4.18. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerinin hektara yumru verimi miktarları	109
4.19. Artan tuz konsantrasyonlarının, 96 saat sonunda, <i>R. solani</i> gelişimine etkisi.....	112
4.20. <i>Rhizoctonia solani</i> Kühn' ün farklı NaCl konsantrasyonlarında, 96 sa sonundaki büyüme kinetiği grafiği	113
4.21. <i>R. solani</i> uygulamasına bağlı olarak bitkilerin kök boğazında oluşan bazı lezyonlar.....	113
4.22. <i>R. solani</i> 'ye bağlı olarak patates çeşitlerinin kök boğazı nekrozu hastalığına karşı gösterdiği reaksiyon	114
4.23. NaCl, <i>R. solani</i> ve <i>R. solani</i> +NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yaprak hücre membran zararlanması	116
4.24. NaCl, <i>R. solani</i> ve <i>R. solani</i> +NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yumru dokularındaki hücre membran zararlanması.....	117
4.25. NaCl, <i>R. solani</i> ve <i>R. solani</i> +NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yapraklarındaki lipid peroksidasyonu	120
4.26. NaCl, <i>R. solani</i> ve <i>R. solani</i> +NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yumru dokularındaki lipid peroksidasyonu.....	121
4.27. NaCl, <i>R. solani</i> ve <i>R. solani</i> +NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin YOSK değerleri.....	123
4.28. NaCl, <i>R. solani</i> ve <i>R. solani</i> +NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin TK değerleri	124
4.29. NaCl, <i>R. solani</i> ve <i>R. solani</i> +NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yapraklarındaki toplam şeker miktarı.....	127

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.30. NaCl, <i>R. solani</i> ve <i>R. solani</i> +NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yumru dokularındaki toplam şeker miktarı	128
4.31. NaCl, <i>R. solani</i> ve <i>R. solani</i> +NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yapraklarındaki indirgen şeker miktarları (mg/gTA).....	129
4.32. NaCl, <i>R. solani</i> ve <i>R. solani</i> +NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yumru dokularındaki indirgen şeker miktarı.....	130
4.33. NaCl, <i>R. solani</i> ve <i>R. solani</i> +NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yapraklarındaki sukroz miktarı.	131
4.34. NaCl, <i>R. solani</i> ve <i>R. solani</i> +NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yumru dokularındaki sukroz miktarı	132
4.35. NaCl, <i>R. solani</i> ve <i>R. solani</i> +NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yapraklarındaki nişasta miktarı.	135
4.36. NaCl, <i>R. solani</i> ve <i>R. solani</i> +NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yumru dokularındaki nişasta miktarı.....	136
4.37. NaCl, <i>R. solani</i> ve <i>R. solani</i> +NaCl uygulamalarına uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yapraklarındaki asit INV aktivitesi.	138
4.38. NaCl, <i>R. solani</i> ve <i>R. solani</i> +NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yumru dokularındaki asit INV aktivitesi miktarı	139
4.39. NaCl, <i>R. solani</i> ve <i>R. solani</i> +NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yapraklarındaki alkalın INV aktivitesi	140
4.40. NaCl, <i>R. solani</i> ve <i>R. solani</i> +NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yumru dokularındaki alkalın INV aktivitesi	141
4.41. NaCl, <i>R. solani</i> ve <i>R. solani</i> +NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yapraklarındaki SuSy aktivitesi.....	142
4.42. NaCl, <i>R. solani</i> ve <i>R. solani</i> +NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yumru dokularındaki SuSy aktivitesi	144
4.43. NaCl, <i>R. solani</i> ve <i>R. solani</i> +NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yapraklarındaki InvGF geninin relatif gen ifade seviyesi.	146

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.44. NaCl, <i>R. solani</i> ve <i>R. solani</i> +NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yumru dokularındaki InvGF geninin relatif gen ifade seviyesi.	147
4.45. NaCl, <i>R. solani</i> ve <i>R. solani</i> +NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yapraklarındaki SuSy geninin relatif ifade seviyesi.	148
4.46. NaCl, <i>R. solani</i> ve <i>R. solani</i> +NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yumru dokularındaki SuSy geninin relatif ifade seviyesi.	149
4.47. NaCl, <i>R. solani</i> ve <i>R. solani</i> +NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yapraklarındaki toplam çözünebilir protein miktarı.	151
4.48. NaCl, <i>R. solani</i> ve <i>R. solani</i> +NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yumru dokularındaki toplam çözünebilir protein miktarı.	153
4.49. 30 gün (A), 45 gün (B), 60 gün (C) sonunda uygulamalara bağlı olarak patates çeşitlerine ait yaprak örneklerinde SDS-PAGE profilinde belirlenen polimorfik bantlar.	155
4.50. 75 gün (A), 90 gün (B) sonunda uygulamalara bağlı olarak patates çeşitlerine ait yaprak örneklerinde SDS-PAGE profilinde belirlenen polimorfik bantlar.	156
4.51. 90 gün sonunda uygulamalara bağlı olarak patates çeşitlerine ait yumru eti (A) ve yumru kabuğu (B) örneklerine ait SDS-PAGE profilinde belirlenen polimorfik bantlar.	157
4.52. 30 gün (A), 45 gün (B), 60 gün (C), 75 gün (D) ve 90 (E) gün sonunda uygulamalara bağlı olarak patates çeşitlerine ait yaprak örneklerinde belirlenen dehidrin grubu protein bantları.	159
4.53. 90 gün sonunda uygulamalara bağlı olarak patates çeşitlerine ait yumru eti (A) ve yumru kabuğu (B) örneklerinde belirlenen dehidrin grubu protein bantları.	161

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Denemede kullanılan patates çeşitlerinin özellikleri	60
3.2. Denemede kullanılan toprağın ve yetiştirme ortamının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	62
3.3. Toplam çözünebilir protein (TÇP) ekstraksiyon çözeltisi (50 mL, pH 7,8) bileşenleri ve miktarları.....	69
3.4. Tris-Glisin-SDS çözeltisi (1L, 10X) bileşenleri ve miktarları.....	70
3.5. Yarı kuru transfer (Towbin) tampon çözeltisi (1 L, pH 8,3) bileşenleri ve miktarları .	77
3.6. TBS ve TBST çözeltilerinin (1 L, pH 7,5) bileşenleri ve miktarları	77
3.8. Real Time PCR reaksiyonunda kullanılan primer ve problara ait bilgiler	80
3.9. Real time PCR programında kullanılan primerlerin optimizasyon koşulları	81
3.10. Real Time PCR Programı	82

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
%	Yüzde
~	Yaklaşık
Σ	Toplam
°C	Santigrad derece
μg	Mikrogram
μL	Mikrolitre
μM	Mikromol
A	Amper
AG	Anastomoz grubu
atm	Atmosfer
B	Bor
bç	Baz çifti
Ca^{+2}	Kalsiyum
Cl^-	Klor iyonu
cm	Santimetre
cm^2	Santimetre kare
cm^3	Santimetre küp
Ct	CycleThreshold- Eşik Döngüsü
Cu	Bakır
da	Dekar
dk	Dakika
dSm^{-1}	Desisimens/metre
g	Gram
ha	Hektar
K	Potasyum
kDa	Kilo dalton
kg	Kilogram

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
L	Litre
M	Molar
mg	Miligram
mL	Mililitre
mm	Milimetre
mM	Milimolar
mmol	Milimol
N	Azot
Na ⁺	Sodyum iyonu
nm	Nanometre
nmol	Nanomol
pg	Pikogram
ppm	Milyonda bir birim
sa	Saat
sn	Saniye
α	Alfa

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
2-DE	İki boyutlu elektroforez
ABA	Absisik asit
ABRE	ABA duyarlı eleman
ADH	Alkol dehidrogenaz
ADP	Adenozindifofat
ADPG	Adenozindifofat-glikoz
AGPase	ADP-glikoz pirofosforilaz
BSA	Bovine serum albumin

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
CaCl ₂	Kalsiyum klorür
CAT	Katalaz
CINV	Sitoplazmik invertaz
CO ₂	Karbondioksit
CWBINV	Hücre duvarına bağlı invertaz
ÇKM	Çözünebilir karbonhidrat miktarı
ÇŞM	Çözünebilir şeker miktarı
dH ₂ O	Distile su
DHN	Dehidrin
DIECA	Dietildithiokarbamik asit
DRE / CRT	Dehidrasyona duyarlı eleman
DREB1A	Dehidrasyona duyarlı element bağlama
DTT	1,4 dithiothreitol
EC	Enzim Komisyon numarası
EDTA	Etilen diamintetra asetik asit
ef 1- α	Elongationfactor 1- alfa
EtOH	Etil alkol
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
G-1-P	Glikoz-1-fosfat
G-6-P	Glikoz-6-fosfat
H ₂ O	Su
H ₂ O ₂	Hidrojen peroksit
HEPES	N ₂ -2-etansulfonik asit
HMS	Hücre membran stabilitesi
HSP	Isı şoku proteinleri
HXK	Hekzokinaz
I	Her sulamada uygulanacak su miktarı

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
IC ₅₀	Yarı maksimum inhibisyonun gözlemlendiği konsantrasyon
INV	İnvertaz
ITS	İç transkribe olmuş boşluk (internal transcribed spacer)
İ.S.	İyon sızıntısı
K.A.	Kuru ağırlık
KOH	Potasyum hidroksit
LEA	Geç embriyogenez bağımlı
LF	Yıkama oranı
MA	Moleküler ağırlık standartı
MAMP	Mikropla ilişkili moleküler paternler
MDA	Malondialdehit
MgCl ₂	Magnezyum klorür
N	Gözlem yapılan toplam örnek sayısı
N	Örnek sayısı
Na ₂ SO ₄	Sodyum sülfat
NaCl	Sodyum klorür
NaEDTA	Sodyum etilen diamintetra asetik asit
NaOCl	Sodyum hipoklorid
NPK	Azot-Fosfor-Potasyum
O.D.	Okuma değeri
PA	Fosfatidik asit
PAMP	Patojenle ilişkili moleküler paternler
PC	Fosfatidil koline
PCR	Polimeraz zincir reaksiyonu
PDA	Patates dekstroza agar
PG	Fosfatidilgliserol
pH	Hidrojen potansiyeli

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
PMSF	Fenilmetilsülfonil florür
PO ₄ -Cit	Fosfat sitrat
PR	Patojen bağıntılı
PS	Fosfatidil serin
PVPP	Polivinilpolipirrolidon
P _w	Suyun yoğunluğu
qRT- PCR	Kantitatif Eş Zamalı PCR
rcf	Göreceli santrifüj kuvveti
rd29A	Kurumaya duyarlı 29A
rDNA	Ribozomal DNA
RNA	Ribo nükleik asit
ROS	Reaktif oksijen türleri
rpm	Dakikadaki dönme sayısı
SDS	Sodyum dodesil sülfat
SDS-PAGE	Sodyum dodesil sülfat- poliakrilamid jel elektroforezi
SH	Standart hata
SPS	Sukrozfosfatsintaz
SuSy	Sukrozsintaz
SWEET	Bitki transmembran proteinleri ailesi- Sugars will eventually be exported transporters
T.A.	Turgor ağırlığı
TBA	Thiobarbutrik asit
TBS	Tris buffer saline
TBST	Tris buffer saline tween-20
TCA	Triklorasetik asit
TÇP	Toplam çözünebilir protein
TEMED	N, N, N', N'-tetrametiletildiamin

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
TK	Turgor kaybı
T _m	Primerlerin bağlanma sıcaklığı
TNC	Toplam yapısal olmayan karbonhidrat
TPS	Trehaloz 6 fosfat sentaz
TSI	Domates stres ile indüklenen
UDP	Uridin 5' difosfat
UDPG	Uridin 5' difosfat–glikoz
V	Volt
Vakuolar invertaz	VINV
W _a	Sulama öncesi saksı ağırlığı
W _{TK}	Saksıların tarla kapasitesi ağırlıkları
X _{oo}	<i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>Oryzae</i>
Y.A.	Yaş ağırlık
YOSK	Yaprak oransal su kapsamı
Z	Hastalık şiddetine ait en yüksek skala değeri

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Solanum cinsine ait tek yıllık bir bitki olan patatesin (*Solanum tuberosum* L.) anavatanı Güney Amerika'dır (Wang-Pruski vd., 2012). Patates bitkisi deniz seviyelerinden 4000 m rakıma, 47° Güney enleminden 65° Kuzey enlemine kadar çok çeşitli habitatlarda yetiştirilebilir (Hijmans, 2001). Patates yüksek verim potansiyeli ve besleyici değeri ile çeltik, buğday ve mısırdan sonra dünyanın önde gelen en önemli dördüncü besin kaynağıdır (Faried vd., 2016). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) 2018 yılı verilerine göre dünyada 17,6 milyon hektar (ha) hasat edilen alandan 368,2 milyon ton patates elde edilmiştir. Bu üretimin %42,4'ü Asya, %38,5'i Avrupa, %12,9'u ise Amerika kıtasında yapılmaktadır. Türkiye'de ise 4,55 milyon tonluk üretim ile en çok üretilen altıncı bitkisel ürün patates olurken, ülkemiz patates üreten ülkeler içerisinde ondokuzuncu sırada yer almaktadır (FAO, 2020). Patates üretimi Türkiye'de, ana ürün olarak Orta ve Doğu Anadolu ile Geçit bölgelerinde, ikinci ürün olarak ise sadece İzmir/Ödemiş'te yapılmaktadır. Bununla birlikte, Akdeniz ikliminin hakim olduğu kıyı Akdeniz ve Ege bölgelerinde kış ve ilkbahar aylarında turfanda patates üretimi yapılmaktadır (Çalışkan vd., 2020).

Patates içerdiği ana depo proteini patatin ile soya fasulyesinden sonra beslenme açısından bilinen en dengeli bitki proteini miktarına (protein/ ha) sahiptir (Liedl vd., 1987; Barrell vd., 2013). Patates yumruları nişasta, protein, antioksidanlar ve vitaminler açısından küresel anlamda önemli bir besin kaynağı olmakla birlikte bitki için hem depo organı hem de vejetatif üretim materyalini oluşturmaktadır (Burlingame vd., 2009). Patates gıda endüstrisinde doğrudan tüketim, dondurulmuş ürün, cips, püre, un, alkol ve nişasta gibi çeşitli amaçlarla kullanılan bir sebzedir. Ayrıca, hayvan yemi, kağıt, tekstil, biyoetanol ve gıda katkı maddesi (katılaştırıcı) üretimi gibi birçok sanayi kolunda da hammadde olarak kullanılmaktadır (Ortiz vd., 2004; Gerbens-Leenes vd., 2009). Birim alanda üretilen patates; çeltik, buğday ve mısıra kıyasla daha fazla enerji sağladığı için küresel sürdürülebilir gıda sisteminde önemli bir rol oynamaktadır (Munira vd., 2015). Gelişmekte olan dünyada uluslararası bir öneme sahip olan patatesin değeri 2008 yılında Birleşmiş Milletler tarafından vurgulanmış ve söz konusu yıl, Patates Yılı olarak ilan edilmiştir (FAO, 2020).

Bitki verimliliğini kısıtlayan veya biyokütlesini azaltan çevresel faktörler stres olarak tanımlanmaktadır (Ashraf ve Harris, 2004). Stres faktörleri, orijinlerine göre abiyotik ve biyotik stres faktörleri olmak üzere iki grupta incelenmektedir (Mahajan ve Tuteja, 2005). Abiyotik stres genel olarak kuraklık, tuzluluk, yüksek veya düşük sıcaklık, ışık, besin elementi yetersizliği veya fazlalığı, ağır metaller ve çevre kirleticilerin tek tek veya kombinasyonları sonucu oluşmaktadır (Rao vd., 2016). Biyotik stres ise bakteri, fungus, nematod, böcek, virüs gibi diğer canlı organizmaların bitkilerde oluşturduğu zararlanmaları ifade etmektedir (Atkinson ve Urwin, 2012). Patates yüksek besleyiciliğinin yanı sıra, yüksek verim potansiyeli (%75'ten fazla hasat indeksi) ile dünyadaki açlığı ve yoksulluğu azaltmada ümit vaad eden zirai ürünlerden birisi konumundadır (Thiele vd., 2010). Bu sebeplerle, sürekli değişen çevresel koşullar altındaki gelecekte, gıda güvenliği ve sosyal süreklilik için sürdürülebilir patates üretimi çalışmaları önemli bir yer tutmaktadır (Aksoy vd., 2015). Ilıman iklim bitkisi olan patates bitkisinin büyüme ve gelişmesi, kuraklık, yüksek-düşük sıcaklık ve tuz stresi sebebiyle kısıtlanmaktadır (Kikuchi vd., 2015).

Tuzluluk bitki büyüme ve gelişmesine ciddi etkileri olan ve tüm dünyada tarımsal üretimi etkileyen başlıca abiyotik stres faktörlerindedir (Liang vd., 2018). Tuzluluğun dünyadaki tarımsal alanların %7'sini etkilediği tahmin edilmekte ve bu oran sulanan tarımsal arazilerin yaklaşık üçte birini oluşturmaktadır (Maršálová vd., 2016). Ülkemizde 4,2 milyon ha, Avrupa'da 50,8 milyon ha, Asya'da 320 milyon ha alan farklı düzeylerde tuzluluktan etkilenirken tüm dünyada 954 milyon ha alan tuzlanma sebebiyle verimliliğini kısmen ya da tamamen kaybetmiştir (Güçdemir ve Sönmez, 2008).

Sulama için temiz su kaynaklarının yaygın kullanımı, çeşitli kaynaklardan gelen kirlilik nedeniyle temiz su kaynaklarının kalitesinin ve sulama için yüksek kaliteli su bulunabilirliğinin azalması, dünya çapında özellikle kurak ve yarı kurak alanlarda düşük kaliteli ve tuzlu su kaynaklarının kullanımının artmasına neden olmaktadır (Katerji vd., 2011; Levy ve Tai, 2013). Kurak ve yarı kurak bölgelerde, esas tuz kaynağının sodyum klorür (NaCl) olduğu üretim alanlarının tuzlanması, tarımda en kalıcı ve zarar verici sorunlardan biridir. Bunun nedeni, ürün veriminin anlık düşüşüne ek olarak geri dönüşü olmayan toprak degradasyonu ve yeraltı su kaynakları ile toprağın uzun süreli kirlenmesidir (Rengasamy, 2016). Elektrik iletkenliği 4 dSm⁻¹, 40 mM NaCl'ye eşdeğer veya daha fazla olan topraklar tuzlu olarak kabul edilir (Marschner, 1995; Munns ve Tester, 2008;

Shrivastava ve Kumar, 2015), ancak, zararlı etkileri olan eşik değer bitki türü, toprak-su rejimi ve iklim koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterir (Rengasamy, 2016). Kısa fotoperiyot gereksinimlerine bağlı olarak, ticari patates çeşitleri, doğal sebeplerden ya da kullanılan sulama suyunun kalitesi sebebiyle az ya da çok tuzluluk problemi olan yarı kurak alanlarda yetiştirilmektedir (Sánchez vd., 2012). Dajic'e (2006) göre, toprak tuzluluk eşik değeri $1,7 \text{ dSm}^{-1}$ olan patates, tuza tolerans bakımından orta-hassas olan bitkiler arasında yer almaktadır. Ayrıca, Hmida-Sayari vd. (2005) 50 mM NaCl (5 dSm^{-1}) uygulamasının patates bitkisinin büyümesini ve yumru verimini %50 oranında azalttığını, 150 mM NaCl uygulamasının ise bitki büyümesini tamamen durdurduğunu belirtmişlerdir.

Tuz stresi altında, tohum çimlenmesi, kök uzunluğu, bitki yüksekliği, dölleme önemli oranda kısıtlanırken (Liang vd., 2018) fotosentezde de azalma görülür (Munns vd., 2020). Ayrıca, tuzluluk bitkinin bütün gelişim dönemlerini olumsuz etkiler ve prematüre yaprak dökümünü teşvik ederek verimde ciddi düşümlere neden olur (Flowers vd., 2015). Tuz stresinin patates bitkisi üzerindeki olumsuz etkileri; gövde, yaprak ve yumru büyümesinde azalma, yapraklarda kloroz, uç yanıklığı ve yaprak yanıklığı, kökler tarafından su alımının kısıtlanması, bitkide yaşlanmanın teşviki, yumru veriminde azalma, yumru yüzeyinde kahverengileşme ve çatlama (Levy ve Veilleux, 2007) ile yumru kuru madde, çözünebilir kuru madde ve sekonder metabolit içeriğinde değişiklik (Levy ve Tai, 2013) şeklinde özetlenebilir.

Ozmotik stres, bir bitkinin toprak tuzluluğuna maruz kaldığında ortaya çıkan ilk streştir ve bitki büyümesini anında etkilemektedir (Horie vd, 2012). İyon toksisitesi, daha sonra, tuz seviyesinin belli bir eşığe ulaşmasıyla ortaya çıkar ve bu noktadan sonra bitki iyon homeostazisini ve büyüme dengesini koruyamaz (Munns ve Tester, 2008). İyon toksisitesi ve ozmotik stres, oksidatif strese ve bir dizi ikincil strese neden olabilen birincil streslerdir (Munns vd., 2020; Liang vd., 2018).

Tuz stresi bitkilerde çok farklı etkilere sahip olduğu için, bitkilerde bu stresi tolere edebilecek birçok mekanizma vardır. Bu mekanizmalar üç ana kategoriye ayrılabilir: ilk olarak, sürgün büyümesini azaltan uzun mesafeli sinyaller tarafından düzenlenen ve sürgünlerde Na^+ birikimi öncesi tetiklenen ozmotik tolerans; ikinci olarak, köklerdeki Na^+

ve Cl^- taşıma işlemlerinin yapraklardaki Na^+ ve Cl^- 'nin toksik konsantrasyonlarda birikmesini azaltan iyon dışlama; ve son olarak, yapraklarda yüksek tuz konsantrasyonlarının bulunduğu, ancak hücresel ve hücre içi düzeyde (özellikle vakuolde) bölümlere ayrılmış olan doku toleransı (Van Zelm vd., 2020). Doku toleransı, taşıma ve biyokimyasal süreçleri koordine etmek için uyumlu çözünenlerin sentezini gerektirmektedir (Munns vd., 2016).

Tuzluluk, kuraklık ve fungal hastalıklar gibi birçok çevresel stres faktörü karbonhidrat metabolizmasında önemli değişikliklere sebep olur (Amini ve Ehsanpour, 2005; Silva ve Arrabaça, 2004; Scharte vd., 2005) ve şeker sinyal yolları metabolizmayı yönlendirebilmek için stres yolları ile etkileşime girer. Strese bağlı birçok genin glikoz tarafından indüklendiğinin belirlenmesi çevresel değişikliklere tepkide şekerlerin rolünü göstermiştir (Ho vd., 2001). Sentezlendikten sonra birincil şekerlerin %80'e yakını floem aracılığıyla büyüme uçları ve nişasta depo organları gibi fotosentetik olmayan dokulara aktarılır. Tuz stresi koşullarında nişasta ile glikoz, sukroz ve fruktoz gibi şekerler birikerek serbest radikallerin temizlenmesinde, ozmotik korumada ve düzenlemede rol almakta ve karbon kaynağı olarak işlev görmektedir (Parida vd., 2002; Jang vd., 2003).

Proteinler, stres toleransını arttırmaya yönelik süreçlere doğrudan dahil olmaktadır (Maršálová vd., 2016). Tuz, kuraklık ve düşük sıcaklık stresleri hem osmotik hem de oksidatif strese sebep olarak; membran organizasyonunun bozulmasına, proteinlerde aktivite kaybı veya denatürasyona neden olmaktadır (Krasensky ve Jonak, 2012). Buna karşın, tuz stresi de dahil birçok stres koşulu altında, stresle ilişkili proteinlerin sentezi artmaktadır (Maršálová vd., 2016). Tuz stresinin patates bitkisinde, abiyotik veya biyotik stres toleransına dahil olan; ısı şoku proteinleri (HSP)'ni, geç embriyogenez bağımlı (LEA) protein ailesi ve patogenezle ilişkili proteinleri aktive ettiği tespit edilmiştir (Legay vd., 2009). Geç embriyogenesis bağımlı proteinler D-11 veya LEA II proteinleri olarak da bilinen dehidrin (DHN)'ler hücre dehidrasyonuna neden olan çeşitli faktörler tarafından teşvik edilirler (Kosová vd., 2010). Dehidrinler, sitoplazma ve membranları aşırı su kaybına karşı koruyan bitki mekanizmalarının önemli bir komponentidir. Tuz stresinin HSP'leri ve DHN'leri aktive ettiği belirlenmiştir. Dehidrinlerin, sitoplazmik proteinleri denaturasyondan koruduğu (Close, 1996), uyumlu bileşiklerle birlikte hareket ederek membranların ve

proteinlerin çözünmesi için suyun yerini alabileceği (Kosová vd., 2010) bildirilmektedir. Ayrıca DHN'lerin stres koşullarında yalnızca şaperon veya koruyucu olarak görev almadığı aynı zamanda lipid peroksidasyonu ve protein oksidasyonunu da azalttığına dikkat çekilmektedir (Liu vd., 2017a).

Bitkiler sürekli kuraklık, soğuk, yüksek tuzluluk, zararlı böcekler ve patojen enfeksiyonu gibi çeşitli abiyotik ve biyotik faktörler tarafından tehdit altındadır (Atkinson ve Urwin, 2012). Patojen saldırısı, yüksek tuzluluk, kuraklık ve sıcaklık gibi biyotik ve abiyotik stresler, büyük ölçüde bitkilerin büyümesini ve gelişmesini engeller (Lee vd., 2004). Enfeksiyöz bitki hastalıkları; uygun bir ortam, duyarlı bir konukçu ve yetkin bir patojen olmak üzere üç ana faktörün etkileşimi nedeniyle oluşmaktadır (Sparks vd., 2014). Bu nedenle, iklim değişikliğine bağlı olarak havadaki değişikliklerin, bitki hastalıklarından kaynaklanan üretim kaybı riskini etkilemesi muhtemeldir (Anderson vd., 2004; Garrett vd., 2006). Patateste hastalıklardan, zararlılardan ve yabancı otlardan kaynaklanan küresel verim kaybının, elde edilebilecek üretimin yaklaşık %40'ı olduğu ve yalnızca hastalıkların bu oranın %21'ini oluşturduğu tahmin edilmektedir (Oerke, 2006).

Patateste görülen başlıca hastalıklar, geç yanıklık (mildiyö) (*Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary), erken yanıklık (*Alternaria solani* Sorauer), kök boğazı çürüklüğü (*Rhizoctonia solani* Kühn), bakteriyel solgunluk (*Ralstonia solanacearum* Smith.), bakteriyel yumuşak çürüklük (*Pectobacterium carotovora*) ve virüsleri içermektedir (Muhinyuza vd., 2015). *Rhizoctonia solani* Kühn (teleomorph: *Thanatophorus cucumeris* Frank. Donk) patateste ciddi ekonomik kayıp oluşturan kök boğazı nekrozu ve siyah kabukluk hastalıklarının etmenidir. *Rhizoctonia* hastalık kompleksi yaygındır ve dünya çapında patates üretim alanlarında ortaya çıkmaktadır (Banville vd., 1996; Demirci, 1998; Banville ve Carling, 2001; Yanar vd., 2005a; Fiers vd., 2011; Inokuti vd., 2019). Kısa sürede %34' e varan verim kayıplarına yol açan bu fungus, oluşan yumrular da ciddi büyüklük farklılıklarına (çok büyük veya çok küçük) neden olmaktadır (Kumar vd., 2017).

Patates *Rhizoctonia* hastalığı karmaşık bir hastalık olduğu için mücadelesi güçtür. Çok sayıda inokulum kaynağı (toprak, yumru kökleri, mahsul artıkları, organik gübre, alternatif konaklar), patojenin genetik ve patojenik çeşitliliği, yumru işleme zincirinde

tohumdan rafa kadar birçok aşama içeren uzun mahsul döngüsü patojenle mücadeleyi zorlaştırmaktadır (Tsrör, 2010). *R. solani*, bitkilerin toprak altı ve üstü kısımlarında büyüyen, kök boğazı nekrozu ile bitkilerin ve sklerotia oluşumu ile yumruların enfeksiyonu (siyah kabukluk) olmak üzere iki fazda gözlemlenmektedir. *Rhizoctonia* hastalığının en göze çarpan belirtisi olan siyah kabukluk, büyüme döneminin sonlarında gelişir ve yumru üzerinde çeşitli boyutlarda siyah, düzensiz sklerotların oluşmasıyla karakterize edilmektedir. Bitki büyümesinin erken dönemlerinde ortaya çıkan kök boğazı nekrozu semptomları, filiz uçlarında oluşan ve sürmenin gecikmesine veya engellenmesine sebep olan nekrotik lezyonları içerir ve bunun sonucunda zayıf ve dengesiz çıkış gösteren bitkiler oluşmaktadır (Tsrör, 2010; Kumar vd., 2017). Kök boğazı nekrozu semptomlarını ise; bitki boyunca besin taşınmasını azaltarak, yumru veriminin düşmesine sebep olan kök lezyonları oluşturur (Inokuti vd., 2019).

Tohumluk yumrulara veya salma sulama dahilinde kullanılan etkili kimyasallar *Rhizoctonia* hastalığı ile mücadelede kısa vadeli bir çözüm sunmaktadır, ancak böyle bir hastalığın sürdürülebilir yönetimi açıkça toprakta bulunan inokulum seviyelerini ve dikilen yumruların hastalıkla bulaşık topraklarda maruziyetini azaltan kontrol uygulamalarını birleştiren entegre çözümler gerektirmektedir. Diğer taraftan bahsi geçen çözümlerden salma sulama uygulaması toprak tuzluluğuna yol açan nedenlerden biridir (Shahbaz vd., 2012). Bu nedenle, *Rhizoctonia* hastalıklarının yönetimi, patojenin biyolojisi ve epidemiyolojisi hakkında toplanan faydalı bilgilere rağmen, bir sorun olmaya devam etmektedir (Tsrör, 2010).

Güncel iklim tahminleri önümüzdeki 50-100 yıl içerisinde, Orta Avrupa ve Orta Afrika gibi kıtaların iç kesimlerinde sıcaklığın ve kuraklığın artmasıyla birlikte birçok bölgede üretim periyodunda ciddi bir kısalma, deniz seviyesinin yükselmesi ile ciddi tuzlanma ve tarıma uygun arazilerde azalma yaşanacağını öngörmektedir (Arneeth vd., 2019; Jia vd., 2019). İklim değişikliği tek başına verimi ve bitkilerin besin değerlerini olumsuz şekilde etkilediği (Porter ve Semenov, 2005) gibi bitki zararlı ve patojenlerinin habitatlarını da olumsuz etkileyerek patojenlerin yayılmasına sebep olmaktadır (Luck vd., 2011; Nicol vd., 2011). Bu sebeple bitkiler aynı anda farklı stres faktörlerine maruz kaldıkları yerde yaşamak için evrimleşmek zorundadır. Bu ortamlarda çevresel değişiklikleri algılar ve karmaşık stres yanıtları oluşturarak üreme ve büyüme için değerli kaynaklarını korurlar

(Atkinson ve Urwin, 2012). Değişen iklim koşulları, popülasyon artışına bağlı olarak global gıda üretimi üzerindeki baskı ile birleşince strese toleranslı bitki çeşitlerine olan ihtiyaç artmıştır (Newton vd., 2011). Bu sebeple bitkilerin aynı anda maruz kaldıkları farklı stres koşullarına gösterdikleri tepkilerin anlaşılması geniş spektrumlu stres-tolerant bitkilerin üretimine olanak sağlayacaktır (Atkinson ve Urwin, 2012).

Yapılan bu çalışmada Türkiye’de yaygın olarak üretilen 19 patates çeşidinin tuz stresine ve *R. solani* fungal hastalık etmenine tepkilerinin morfolojik ve fizyolojik olarak ortaya konulması ve sonrasında tuzluluk ve *Rhizoctonia*’ya farklı tepkiler gösteren 4 çeşidin sukroz metabolizmasında meydana gelen biyokimyasal ve moleküler farklılıkların tespit edilmesi ile bu metabolizmada yer alan bazı genlerin ifadelerinde meydana gelen değişikliklerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Patates Bitkisinin Genetik Yapısı

Patates üç binden fazla türe sahip olan *Solanaceae* familyasına dahildir. Kültüre alınan bitkiler arasında, *Solanum* cinsinin *Petota* seksiyonunda yer alan 190 yabancı ve atasal tür ile en zengin genetik kaynağa sahip olan bitkilerden biridir (Jacobs vd., 2011). Ticari patates çeşitleri, Güney Amerika'dan Orta Avrupa'ya kısıtlı miktarda anaç tohumluk introduksiyonu sebebiyle sınırlı bir genetik tabana sahiptir. Geleneksel patates ıslahıyla ilgili en önemli zorluklardan birisi de ticari patates çeşitlerinin autotetraploid ($2n= 4x= 48$) yapısıdır. Bu tetrasomik kalıtım, yüksek oranda heterozigotluk ile birleşince, arzulanan özellikleri taşıyan allellerin gelecek nesillere aktarılmasını güçleştirmesi (Conner vd., 1997) ve vejetatif olarak çoğaltılan, poliploid bir bitki olan patates çeşitlerinin genellikle sınırlı eşeyssel fertiliteye sahip olması patates ıslahını zorlaştırmaktadır (Barrell vd., 2013). Klasik çeşit geliştirme çalışmaları, uzun ıslah döngülerini içermektedir ve patatesin karmaşık genetik yapısı ve kendileme depresyonu hassasiyeti tarafından baskılanmaktadır (Barrell vd., 2013). Yeni çeşit geliştirme çalışmalarında büyük populasyonlar içerisindeki bireyler, istenilen özellikler bakımından taranmalıdır. İstenilen birçok karakter için ilk seleksiyon yetersiz ve/veya zaman alıcı olabilmektedir. Patates ıslahçıları bir klonal hattan başarılı bir çeşit geliştirebilmek için çoğu zaman bir milyona yakın fideyi taramak zorunda kalmaktadırlar (Plaisted vd., 1994).

Yarım asırdan fazla süredir bitki biyoteknolojisi uygulamaları türler arası melezleme yapmaya ve kültürü yapılan patateslerin gen havuzunu genişletmeye yardımcı olmuştur. Bitki biyoteknolojisi geleneksel olarak çeşit geliştirilmesi için hücre ve doku kültürü uygulamalarını kapsamıştır. 1980'lerin ortalarından sonra transgenik bitki geliştirme çalışmaları ve uygulamaları en baskın bitki biyoteknolojisi araştırmaları olmuştur. Günümüzde ise genomik teknolojileri içeren çalışmaların sayısı artmaktadır. *Solanaceae* familyasına ait bitkiler, birçok biyoteknolojik gelişmeye konu olmuşlardır ve patates bitkisinin tüm genom sekansının yayınlanması (Potato Genom Sequencing Consortium, 2011) patates biyoteknolojisi açısından yeni olanaklar sağlamıştır (Barrell vd., 2013).

2.2. Tuz Stresi ve Etkileri

Stres; bir organizmanın homeostatik dengesini bozan, optimum istekleri dışında değişen ani çevresel değişikliklerdir (Bostock vd., 2014). Durağan yaşamları sebebiyle bitkiler birçok çevresel (abiyotik) strese maruz kalmaktadırlar. Bunların içerisinde tuzluluk, kuraklık, yüksek sıcaklık, düşük sıcaklık, üşüme, donma, yüksek ışık yoğunluğu, ozon ve su basması ve anaerobik stres faktörleri bulunmaktadır (Wang vd., 2008; Nakashima ve Yamaguchi-Shinozaki, 2006; Agarwal ve Grover, 2006). Bu streslerden tuzluluk, uygun olmayan sulama teknikleri nedeniyle ekilebilir alanların azalmasında en büyük etkiye sahiptir. Dünyada yerel öneme sahip birçok bitkisel ürün bulunmaktadır, ancak belirli sebze türleri çok daha yaygın olarak yetiştirilmektedir. Bu sebze türlerinin tümü az ya da çok tuzluluktan etkilenmektedir (Shahbaz vd., 2012). Bununla birlikte, sebzeler, çevresel stres koşullarına karşı diğer tarımsal ürünlerden daha hassas olarak kabul edilmektedir (Chinnusamy vd., 2005). *Solanaceae* familyasına ait türlerden domates, biber ve patatesin toprak tuzluluğu eşik değerleri, sırasıyla, 2,5 dSm⁻¹, 1,5 dSm⁻¹ ve 1,7 dSm⁻¹ olarak bildirilmiştir (Grieve vd., 2012).

Düşük konsantrasyonlarda oluşan tuz stresinin etkileri öncelikle bitki büyümesi, gelişme ve ürün verimliliği ile sınırlıdır, ancak yüksek konsantrasyonlarda tuz stresi bitki ölümüne yol açabilir (Aoki vd., 2005). Yüksek tuz seviyelerine maruz kalan bitkiler, genel olarak iki-fazlı bir tuz tepkisi ortaya çıkarmaktadır: Birincisi, spesifik olmayan bir ozmotik etki, yani, tuz çözeltisinin azalmış bir su potansiyeline neden olması sonucu hücresel dehidratasyon ve ikincisi, tuza özgü iyonik etki, yani hücre iyonu homeostazında önemli değişikliklere yol açan hücre sitoplazmasına doğru arttırılmış bir tuz iyonu akışıdır (Zhu, 2001; Munns vd., 2020). Ozmotik etki, tüm dehidratasyon stresleri için yaygındır ve bitki su alımı üzerindeki olumsuz etkilere karşı koymak için hücre sitoplazmasında osmolit birikmesine yol açmaktadır (Munns ve Tester, 2008). Tuz stresinin ozmotik veya su eksikliği etkisi olarak adlandırılan, toprak çözeltisindeki yüksek tuz konsantrasyonu, bitkilerin su alma yeteneğini azaltır (Machado ve Serralheiro, 2017). Tuzluluğun ozmotik etkisi, bitkide, su stresi kaynaklı “solgunluk” nedeniyle meydana gelen metabolik değişiklikler ile aynı değişiklikleri tetiklemektedir (Munns, 2002). Tersine, iyonik etki tuzluluk stresleri için spesifiktir ve tuz iyonları, yani Na⁺, toprak su solüsyonunda artan konsantrasyonlarda bulunmakta; bu da hücre sitoplazmasında artan tuz iyonu seviyelerine yol açarak tuz iyonu

dışlama ve bölme mekanizmalarının aktivasyonu ile sonuçlanmaktadır (Munns ve Tester, 2008; Maršálová vd., 2016; Munns vd., 2020). Ayrıca, tuz stresi reaktif oksijen türleri (ROS)'nin oluşumu sebebiyle oksidatif stres olarak da kendini göstermektedir (Mittova vd., 2004). Oksidatif stres, ROS üretimini hızlandırır ve daha sonra bu türlerin oluşumu ve temizlenmesi arasındaki dengeyi değiştirir (Sobhanian vd., 2011).

Bitkilerin tuz stresine maruz kalma sürelerine bağlı olarak gösterdikleri tepkiler de değişmektedir ve tuza toleranslı bitkilerin tepkileri, su noksanlığı stresinde verilen tepkilere benzer olmaktadır. Birkaç dakikalık maruziyet durumunda her iki strese de verilen tepki yaprak ve köklerin uzamasında anlık bir düşüş ve hızlı bir geri kazanım olurken; birkaç saat (sa) veya haftada yaprak uzamasındaki gerileme köklere kıyasla daha fazla olur ve tuza hassas bitkilerde yaşlı yapraklarda gözle görülür zararlanmalar meydana gelir. Stres durumunun uzaması durumunda (haftalar-aylar) toleranslı çeşitlerde yaprak büyümesi tamamen yavaşlar, yan sürgün gelişimi ve tohum bağlama azalır; hassas çeşitlerde ise yaşlı yapraklarla birlikte genç yapraklarda da ölüm gözlenir ve hatta tohumlar olgunlaşmadan bitki ölümü gerçekleşebilmektedir (Munns, 2002).

Tuz stresinin başlangıcı ve gelişimi sırasında, fotosentez, protein sentezi, enerji üretimi ve lipit metabolizması dahil olmak üzere tüm ana süreçler etkilenmektedir (Parida ve Das, 2005). Tuz stresi taramalarında özellikle, karmaşık karakterlerin özelliklerini tararken, fizyolojik kriterler agronomik parametrelerden veya görsel değerlendirmeden daha nesnel bir bilgi sağlayabilmektedir (Yeo, 1994). Bu konudaki başlıca sorun, bir dizi önemli tarımsal üründe tuzluluk toleransının geliştirilmesi için pratik olarak bitki yetiştiricileri tarafından kullanılabilir, iyi tanımlanmış bitki göstergelerinin bulunmamasıdır. Bu durum kısmen, tuza tolerans mekanizmalarının çok karmaşık olmasından kaynaklanmaktadır ki, varyasyon sadece türler arasında değil, birçok durumda, tek bir türün içindeki çeşitler arasında da ortaya çıkmaktadır (Ashraf ve Harris, 2004).

Tuzluluk stresi, morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler değişiklikler dahil olmak üzere bitkilerde çok sayıda yanıt neden olmaktadır (Abreu vd., 2013). Tuz toleransına katkıda bulunan morfolojik özelliklerin yanı sıra fizyo-biyokimyasal ve moleküler özelliklerin anlaşılması, tuza toleranslı çeşitlerin geliştirilmesi için önemlidir (Singh vd., 2018a, b).

Yüksek tuzluluk nedeniyle bitki hücrelerinde ROS'un aşırı birikimi; membran lipitleri, proteinler ve nükleik asitlerde oksidatif hasar oluşturmaktadır (Soundararajan vd., 2019). Plazma zarı, stres koşulları altında zarar gören ilk bölgedir (Hosseini-Boldaji vd., 2017; Nxele vd., 2017). Çevresel stresler altında bitki zarları, geçirgenlik ve bütünlük eksikliğindeki artışlarla ilişkili değişikliklere uğramaktadırlar (Taïbi vd., 2016). Hücre zarlarına verilen hasar sonucunda, hücre içi sıvının sızmasında artış olur ve sonuçta hücre zarlarının stabilitesi azalır ve böylece hücre ölümü meydana gelir (Munns vd., 2016). Bu nedenle, bir hücre zarının, hücrelerin içindeki ve dışındaki iyon trafiği hızını kontrol etme kabiliyeti, membran hasarının bir testi olarak kullanılmaktadır. Reaktif oksijen türleri, biyotik ve abiyotik stresler altında hücelere ana hasar kaynağı olarak kabul edilmektedir (Nxele vd., 2017). Yüksek Na⁺ konsantrasyonları ozmotik dengeyi bozar ve bitkinin su alımını önleyen bu durum "fizyolojik kuraklık" olarak tanımlanır (Levitt, 1980). Farklı stresler altında büyüyen bitkilerin iyon sızıntısındaki artışın başlıca nedenlerinden birinin genellikle hücre zarı geçirgenliğinin artması olduğu düşünülmektedir (Tabaei-Aghdaei vd., 2000). Toplam iyon seviyesine kıyasla, yaklaşık %50 bağlı iyon sızıntısı (İ.S.) hücre zarlarına verilen hasarın bir göstergesi olarak kabul edilir.

Membranın genel stabilitesi polar lipit miktarına ve yağ asidi doymunluğuna bağlıdır. Yağ asidi doymamışlığındaki bir artış, membran akışkanlığında ve dolayısıyla geçirgenliğinde bir artışa neden olabilir (Quartacci vd., 2002). Membran lipitlerinin yüksek seviyede doymamışlığının, lipofilik bileşiklerin difüzyonu için gerekli akışkanlık derecesini korumak için gerekli olabileceği ve lipit moleküllerine uygun bir geometri sağlayabileceği öne sürülmektedir (Guerfel vd., 2008). Lipit peroksidasyonunun bir ürünü olan malondialdehit (MDA) miktarı, oksidatif hasarın bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Dehnavi vd., 2017); bu nedenle, tuza toleranslı ve tuza duyarlı bitkilerin belirlenmesi için yaygın olarak kullanılan yararlı bir biyobelirteçtir (Azevedo Neto vd., 2006; Dehnavi vd., 2017). Lipit zarının serbest radikal kaynaklı peroksidasyonunun stres kaynaklı hasarın bir yansıması olduğu bilinmektedir. Tuza toleranslı bitkilerde düşük lipit peroksidasyonunun, serbest radikallerin etkisine karşı membran hasarını azaltan daha etkili antioksidan savunma sistemlerinden (enzimatik ve enzimatik olmayan) kaynaklandığı düşünülmektedir (Azevedo Neto vd., 2006). İyon sızıntısı ve MDA miktarı genellikle membran hasarı ve oksidatif stresin derecesini değerlendirmek için ölçülmektedir (Bandoğlu vd., 2004).

Tek veya çok yıllık, otsu veya odunsu yapıda, çalı formu çok sayıda farklı familyaya ait bitkide toprakta artan tuz konsantrasyonlarında hücre zarı zararlanmasının bir göstergesi olan İ.S. miktarının arttığı belirtilmiştir. Çilekte (Turhan vd., 2008), ekinezyada (Sabra vd., 2012) ve patatesten (Al-Hussaini vd., 2015) yapılan çalışmalarda hücre zarı zararlanmasının bir göstergesi olan İ.S. analizi tuz stresine tolerans bakımından çeşitler arasındaki farkı ortaya koymak için kullanılmıştır. Bazı türlerde zar geçirgenliğinin, büyümenin azalmasından veya ciddi kloroz görülmeden önce değiştiği belirlenmiştir (Mansour ve Salama, 2004). Birçok çalışmada, tuza duyarlı bitkilerde, tuza toleranslı bitkilere kıyasla daha fazla İ.S. olması eğilimi saptanmıştır. Bu fenomen, hıyar (Kaya vd., 2001) ve şeker pancarı (Ghoulam vd., 2002) gibi farklı bitki türlerinde tespit edilmiştir. Bu nedenle hücre zarı zararlanması erken tespit ve çeşitler arası toleransın belirlenmesi için kullanılan en önemli parametrelerden biri olarak kabul edilmektedir.

Bitkiler farklı gelişim dönemlerinde tuz stresine farklı tepkiler gösterebildiği gibi bir bitkinin farklı dokularının strese verdikleri yanıtlar da farklılık gösterebilmektedir. Tuzluluğun (150 mM NaCl) iki ekme kili buğday çeşidinde (S-24, tuza toleranslı; MH-97, tuza duyarlı) MDA miktarında artışa sebep olduğu, bu artışın MH-97 çeşidinde, bütün büyüme aşamalarında (vejetatif, dane dolum, çiçeklenme), S-24 çeşidine kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Ashraf vd., 2010). Tuz stresine bağlı olarak, lipid peroksidasyonundaki artışın, her iki çeşitte de vejetatif aşamadakine kıyasla, dane dolum ve çiçeklenme aşamalarında daha belirgin olduğu tespit edilmiştir (Ashraf vd., 2010). Tuz stresinin (100mM ve 200mM NaCl) 14 günlük mercimek fidelerinin sürgün ve kökleri üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, yaprakların tuz stresinden köklere oranla daha fazla etkilendiği saptanmıştır. Tuz stresi uygulanan bitkilerin yapraklarındaki İ.S. ve MDA miktarları kontrole kıyasla oldukça önemli oranda artış gösterirken, köklerde anlamlı bir değişikliğin olmadığı belirlenmiştir (Bandeoğlu vd., 2004). Üç domates çeşidinin (Rio Grande, Monika F1 ve Marylin F1) 6 hafta boyunca, hidroponik olarak yetiştirildiği bir çalışmada yüksek NaCl konsantrasyonunda yetiştirilen bitkilerin İ.S. miktarının, NaCl uygulamasıyla arttığı tespit edilmiştir. Her üç çeşitte de bu artış, kontrole kıyasla, gelişmekte olan yapraklarda yaklaşık 5 kat; olgun yapraklarda ise yaklaşık 4 kat olarak rapor edilmiştir (Kaya vd., 2006). Mısır fidelerinin 75 mM ve 150 mM NaCl'ye tabi tutulduğu bir çalışmada, ekimden 3 hafta sonra, kökler, olgun yapraklar ve genç yapraklar hasat edilmiştir. Bütün örneklenen kısımlarda, artan tuz konsantrasyonlarına paralel olarak İ.S., MDA ve hidrojen

peroksit (H₂O₂) miktarlarında artış olduğu, tuzluluğun köklerde ve olgun yapraklarda oksidatif strese belirgin bir şekilde neden olduğu, daha genç yapraklarda ise stresin daha az oranda indüklendiği tespit edilmiştir (AbdElgawad vd., 2016).

Patates bitkisinde tuza tolerans çalışmaları uzun yıllardır yapılmaktadır. Çeşitlerin tuza toleransları belirlenirken birçok morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal parametreden faydalandığı gibi son dönemlerde moleküler biyolojik değerlendirmelerden de yararlanılmaktadır. Yapılan çeşit tarama araştırmalarında bitkilerin farklı tuz konsantrasyonlarına olan toleransları hem arazi çalışmalarında hem de kontrollü koşullarda yapıldığı gibi birçok *in vitro* tarama çalışması da bulunmaktadır. Khrais vd. (1998) tarafından yapılan 130 patates çeşidinin *in vitro* koşullarda, tek boğumlu eksplantların, 0, 40, 80 ve 120 mM NaCl seviyesi içeren, mikro-çoğaltma ortamı üzerinde tuza tolerans bakımından test edildiği bir çalışmada, 4 haftalık bitkiciklerde sürgün ve kök uzunlukları ile yaş ve kuru ağırlıkları ölçülmüştür. Bütün parametreler ve NaCl konsantrasyonları birlikte değerlendirildiğinde; Amisk, BelRus, Bintje, Onaway, Sierra ve Tobique çeşitlerinin en toleranslı çeşitler oldukları belirlenmiştir. Bununla birlikte, genel değerlendirmede orta düzeyde toleranslı bulunan Russet Burbank çeşidinin, 120 mM NaCl' ye tolerans bakımından en toleranslı çeşitler arasında yer aldığı, Marfona çeşidinin ise NaCl konsantrasyonları tek tek değerlendirildiğinde toleranslı sayılabileceği tespit edilmiştir (Khrais vd., 1998).

Patates bitkisinin tüm büyüme aşamalarının tuz stresinden etkilendiği belirlenmiştir. Örneğin Jefferies (1996), patates büyümesini tohum çimlenmesi ve tohum canlılık temelinde değerlendirdiği çalışmasında hem çimlenme hem de canlılığın, tuza toleranslı çeşitlerde tuza duyarlı olanlardan daha yüksek olduğunu tespit etmiştir. Tuz stresinin, fide taze ve kuru biyokütle birikimini tuza duyarlı patates çeşitlerinde tuza toleranslı olanlardan daha ciddi şekilde etkilediği çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Jefferies, 1996; Ghosh vd., 2001; Rahnama ve Ebrahimzadeh, 2004).

Tuz stresi patates bitkisinde antioksidan enzimlerin aktivitesinde artışa (Aghaei vd., 2009), yumru sayısında azalmaya (Akrimi vd., 2020), ve yaprak oransal su kapsamı (YOSK) ve membran stabilite indeksi (MSI) gibi fizyolojik özellikler üzerinde olumsuz etkilere (Faried vd., 2016; Dehnavi vd., 2017) neden olmaktadır. Patates çeşitlerinin büyümesi ve

yumru verimi, bitkiler 50 mM'dan fazla NaCl konsantrasyonlarına maruz kaldığında azalmaktadır (Backhausen vd., 2005). Bu bulgular patates bitkisinin diğer glikofitik bitkilere benzer bir tuz duyarlılığı gösterdiğini ortaya koymaktadır. Patateste tuz toleransını sağlayan mekanizmalar yeterince anlaşılacakla birlikte hassas ve toleranslı çeşitlerin karşılaştırılması, toleranslı çeşitlerde mikro yumrulara MDA birikimi gibi tuz stresine toleransla ilişkili birçok parametreyi ortaya çıkarmıştır (Sobhanian vd., 2011). Patates mikro yumrularındaki MDA seviyelerinin, *in vitro* tuz stresi altında önemli ölçüde arttığı belirlenmiştir (Zhang vd., 2005).

Tarla koşullarında 6,1-6,9 dSm⁻¹ toprak tuzluluğunun verimi %59 oranında azalttığı, bununla birlikte, bitki gelişiminin tamamlanmasından sonra tuz stresi gerçekleşirse verimin %22-31, 3,8-4,3 dSm⁻¹ toprak tuzluluğunda ise %0-17 oranında azaldığı rapor edilmiştir (Levy, 1992). Mondial, Vivaldi, Desiree, Nicola, Ditta, Winston, Hermes, Maris Peer, Almera ve Charlotte patates çeşitleriyle yapılan bir çalışmada bütün çeşitlerin yüksek tuzlulukta (EC=8,50 dSm⁻¹) ciddi verim kaybı yaşadığı, orta dereceli tuzluluktan (EC=5,10 dSm⁻¹) Mondial çeşidinin etkilendiği ama Almera, Hermes, Maris Peer çeşitlerinin ise etkilenmediği tespit edilmiştir (Levy ve Veilleux, 2007). Elkhatib vd. (2005) ise, 9,38 dSm⁻¹ toprak tuzluluğunun Cara, Alpha, Spunta ve King Edward çeşitlerinin verimlerini sırasıyla %30, %39,5, %48,9 ve %61,1 azalttığını belirlemiştir.

Savalan patates çeşidinin mini yumru sayısının, 20, 40, 60 mM NaCl tuz konsantrasyonlarında, kontrole oranla, sırasıyla %25, 38 ve 50'ye kadar düştüğü saptanmıştır (Faramarzi vd., 2011). Jaarsma vd. (2013) 180 mM NaCl konsantrasyonunun Mozart ve Mona Lisa patates çeşitlerinde büyümede ciddi azalmaya sebep olduğunu, Desiree ve Russett Burbank çeşitlerinin ise tuz stresine daha toleranslı olduğunu belirtmiştir.

Alaska, Spunta ve Bellini çeşitlerinin yumru irilik dağılımlarının tuz stresi (T1:2,2 ms cm⁻¹ EC, T2: 6,3 ms cm⁻¹ ve T3: 8.5 ms cm⁻¹ EC) koşullarında azaldığı rapor edilmiştir. Alaska çeşidinin diğer çeşitlere kıyasla daha büyük yumrulara sahip olduğu, bununla birlikte, Spunta ve Bellini çeşitlerinin yumrularının ağırlıklı olarak 35-55 mm çap sınıfında toplandığı tespit edilmiştir. Küçük çaplı yumruların (<35 mm) sayısının tuz stresi uygulanan bitkilerde önemli ölçüde daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Akrimi vd., 2020).

On adet *Solanum tuberosum* çeşidi (Caribe, Carlton, Eramosa, Jemseg, Edmonton, Kennebec, Alpha, Norland, Bintje ve Russet Burbank), farklı ploidi seviyesine sahip 11 yabancı *Solanum* türüne ait genotipler [*S. acaule* (4n, PI 266386), *S. berthaultii* (2n, PI 473331), *S. chacoense* (2n, PI 209411), *S. commersonii* (2n, PI 472833), *S. demissum* (6n, PI 186562), *S. hjertingii* (4n, PI251065), *S. lycopersicoides* (2n, PI 265378), *S. microdomtum* (2n, PI473171), *S. phureja*(2n, PI 243461), *S. stenotomum* (2n, PI195214), ve *S. stoloniferum* (4n, PI 230477)] *in vitro* olarak yetiştirilmiş ve İ.S. yöntemi temel alınarak tuza [200 mM NaCl veya 100 mM sodyum sülfat (Na_2SO_4)] tolerans bakımından incelenmiştir. Tuz stresine 24 sa maruz bırakılan bitkilerden, *S. tuberosum* çeşitleri içerisinde, Alpha ve Bintje çeşitlerinde NaCl, Agria çeşidinde ise Na_2SO_4 stresine tolerans yüksek bulunmuştur. Çeşitlerin ve yabancı türlerin genel performansı arasında ise çok az bir fark tespit edilmiştir (Arvin ve Donnelly, 2008).

Daneshmand vd. (2010) tarafından yabancı patates türlerinin NaCl stresine (0, 40, 80 ve 120 mM NaCl) tepkilerinin *in vitro* olarak araştırıldığı bir çalışmada, *S. stoloniferum* ve *S. bulbosum*'da tuzluluğun, lipit peroksidasyonu ve İ.S. yüzdesini arttırdığı belirlenmiştir. Artan tuz konsantrasyonları ile *S. stoloniferum*'da ve *S. bulbosum*'da MDA miktarındaki artışın kontrole kıyasla yaklaşık 2, İ.S. miktarındaki artışın ise *S. stoloniferum*'da 10 kat; *S. bulbosum*'da ise yaklaşık 13 kat olduğu tespit edilmiştir. *S. acaule*'de (toleranslı) lipit peroksidasyonunun ve İ.S. miktarlarının tuzluluktan etkilenmediği belirlenmiştir. *S. acaule*'de gözlenen düşük MDA ve İ.S. değerleri, NaCl stresi altında, bu türün lipit peroksidasyonuna daha az maruz kaldığını ve membran geçirgenliğinin yüksek tuz seviyesinden daha az etkilendiğini göstermektedir. Bu durum, yüksek düzeyde tuzluluğa maruz kalan *S. acaule* türünün tuza toleransının nedenlerinden biri olabileceğini düşündürmektedir.

Dört patates çeşidi (Arnova, Provento, Burren ve Riviera) ile yapılan bir çalışmada, çeşitlerin tuza toleransları %50 zararlanma eşiği temel alınarak belirlenmiş ve farklı tuz konsantrasyonlarında (6, 8, 10, 12 dSm⁻¹ NaCl) ortalama en az zararlanmayı gösteren Riviera çeşidi en toleranslı, 10 ve 12 dSm⁻¹ NaCl koşullarında %50'den fazla zararlanma gösteren Arnova çeşidi ise en az toleranslı olarak belirlenmiştir (Al-Hussaini vd., 2015). N-Y LARA ve 720-110 NARC patates çeşitlerinin tuza toleransının, İ.S. miktarına bağlı olarak MSI'ne

göre belirlendiği bir çalışmada, İ.S. miktarı daha düşük ve MSI daha yüksek olan N-Y LARA patetes çeşidinin tuza daha toleranslı olduğu tespit edilmiştir (Faried vd., 2016).

Mikro yumrularda MDA birikmesi, patates bitkilerinin tuz stresine karşı gösterdiği eşsiz bir tepkidir ve bu nedenle MDA'nın manipülasyonunu içeren stratejiler, tuz toleransını arttırmak için olası bir yol teşkil etmektedir (Sobhanian vd., 2011). Ticari patates *S. tuberosum* çeşidi (BF15) ve *S. berthaultii* arasındaki protoplast füzyonu ile oluşturulmuş üç türler arası somatik hibrit hat STBa, STBc ve STBd üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada bitkiler 15 gün boyunca, 100 mM NaCl stresine tabi tutulmuştur. Ortamda NaCl mevcudiyetinin, BF15 ebeveyn hattının yapraklarında MDA seviyelerinin artmasına neden olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, tüm bitki hatlarında yapraklardaki MDA seviyelerinin köklerdeki MDA seviyelerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. STBd hattındaki bitkilerin en düşük MDA miktarına sahip olduğu saptanmıştır. STBa hattının, 6. günde hem köklerde hem de yapraklarda MDA miktarında önemli bir artış gösterdiği, ancak bu MDA seviyelerinin, 8-10 günden sonra hem tuz stresi hem de kontrol uygulamalarında sabitlendiği belirlenmiştir (Jbir-Koubaa vd., 2015). BF15 ebeveyn hattında MDA miktarının köklerde 10 günlük, yapraklarda ise 8 günlük tuz uygulamasında maksimum seviyeye ulaştığı rapor edilmiştir. Tuz stresine tepki bakımından STBa hattının, BF15'e benzer bir davranış gösterdiği, fakat BF15'e kıyasla daha toleranslı olduğu tespit edilmiştir. Bu veriler ışığında, hibrid hatların 8 günlük NaCl uygulamasından sonra adaptasyon sağladığını, stres ilerledikçe membran stabilitesini koruyarak ve MDA birikimini sınırlayarak tuz stresine, BF15 ebeveyn hattından daha fazla toleranslı olduğu bildirilmiştir (Jbir-Koubaa vd., 2015). Queirós vd. (2011) de tuza duyarlı patates hatlarında lipid peroksidasyonunun, tuza toleranslı hatlardan daha fazla arttığı sonucuna ulaşmıştır. Köklerde belirlenen MDA artışının esas olarak ROS'un mitokondriyal üretimi ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir (Jbir-Koubaa vd., 2015).

Bitki su ilişkileri, büyüme miktarı ve kalitesini belirleyen fizyolojik ve metabolik süreçlerde etkili olan, bitki hücrelerindeki su kaybını kontrol etmede izlediği yolu açıklamaktadır (Passioura, 2010). Kök bölgesinde bulunan tuzların birikmesi, ozmotik potansiyelde bir azalmaya neden olarak, su potansiyelinde ve kök bölgesindeki suyun azalmasına sebep olmaktadır (Franco vd., 2011). Toprak tuzluluğu arttığında, esas olarak kökler etrafında biriken tuzun ozmotik etkisi nedeniyle yaprak büyüme oranı azalır (Munns

ve Tester, 2008). Bu azalma, karbonhidrat tedarikinden (Munns vd., 2020), su durumundan (Fricke ve Peters, 2002), besin eksikliğinden (Hu vd., 2007) ve iyon toksisitesinden (Munns ve Tester, 2008) bağımsızdır. Tuzluluğa maruz kalan bir bitki, ozmotik potansiyelinin ve turgorunun azalmasına neden olan su kaybı ile su potansiyelini dengelemektedir. Bu durum, adaptif yanıtları tetikleyebilen kimyasal sinyaller oluştururken (Hasegawa vd., 2000), hücreleri tehlikeye atabilir ve hem fotosentez hem de solunum reaksiyonlarındaki elektron taşınımını etkisiz hale getirebilmektedir. Ayrıca, apoplastta tuz birikebileceği ve YOSK'nı etkileyerek hücreyi dehidre edebileceği öne sürülmektedir (Munns ve Tester, 2008).

Bitkilerin tuz stresine maruz kalma süreleri arttıkça YOSK miktarlarının azaldığı dut (Ahmad vd., 2010) ve hıyar bitkilerinde yapılan çalışmalarla tespit edilmiştir (Furtana ve Tıprıdamaz, 2010) ve bunun da hücre uzama işlemi için sınırlı su mevcudiyeti ile sonuçlanan bir turgor kaybı (TK)'na neden olduğu belirlenmiştir (Ahmad vd., 2010). Ayrıca bitkilerin YOSK değerlerinin, maruz kaldıkları tuz konsantrasyonlarının artışı ile ters orantılı olarak azaldığı şeker pancarı (Ghoulam vd., 2002), çilek (Turhan, 2002), palmye (Cha-Um vd., 2010), buğday (Jamali vd., 2015; Dehnavi vd., 2017), nar (Khayyat vd., 2014), nohut (Singh vd., 2018a) bitkileri ile yapılan çalışmalarda ortaya konulmuştur. *Hordeum vulgare* cv. Tadmor'da ve halofilik yabancı arpa *H. marinum* bitkileri ile yapılan bir çalışmada tuz uygulamalarının her iki arpa türünde de TK'da bir artışa ve YOSK'nda azalışa neden olduğu tespit edilmiştir (Maršálová vd., 2016).

Patates bitkisinde yumru büyüklüğü ve verim (Patel vd., 2001) ile yaprak su ve ozmotik potansiyeli, artan NaCl konsantrasyonları ile azalmaktadır (Heuer ve Nadler, 1998). Heuer ve Nadler (1998), Desiree patates çeşidi ile yaptıkları bir çalışmada, bitkilere 3 farklı tuz konsantrasyonu (3,0 ve 6,0 ve kontrol görevi gören 1,5 dS m⁻¹) uygulamışlardır (toplam su ihtiyacının %60'ı). Yapılan çalışmada, patates bitkilerinde tüm büyüme süresi boyunca pozitif bir turgorun korunduğu belirlenmiştir. Bu durumun, bitkilerin ozmotik olarak düzenlenmesinden kaynaklandığı ve tuzluluk altında, esas olarak klorür ve prolin birikimi ile elde edildiği düşünülmektedir. Yaprak su potansiyelinin, toprak ve yaprak tuzluluğu arttıkça önemli ölçüde azaldığı belirtilmiştir. Sonuç olarak, stres uygulanan ve uygulanmayan bitkilerde turgor basıncının, büyüme döngüsünün çoğunda tüm uygulamalarda pozitif tutulduğu belirtilmiştir (Heuer ve Nadler, 1998).

Tuz stresine toleranslı bitkilerin, suyu emme ve tutma kabiliyetinin daha yüksek olması sebebiyle, tuz stresi altında YOSK miktarları daha yüksek olmaktadır. Aynı zamanda, bitkiler, toprak üstü aksamından transpirasyonu azaltarak su kaybını azaltma yoluyla veya kök sistemine daha fazla asimilat göndererek su alımını arttırarak, tuz stresi altında büyümesini kontrol edebilmektedir (Singh vd., 2018a).

2.3. Tuz Stresinde Karbonhidratların ve Proteinlerin Rolü

Ozmoprotektan bileşikler, hücrenin ozmotik potansiyelini düşürerek su potansiyelinin geri kazanılmasını sağlamaktadır. Bu durum bitkilerin, kök bölgesinden daha fazla su almasına yol açarak su eksikliğinin etkisini hemen tamponlayabilmelerini ve stres sırasında metabolik aktivitelerini daha verimli bir şekilde gerçekleştirebilmelerini sağlamaktadır (Giri, 2011; Singh vd., 2018a).

Hassas ve toleranslı patates çeşitlerinin proteomlarının karşılaştırılmasının, bu bitkide tuz stresi toleransının artırılması için potansiyel stratejiler hakkında değerli bilgiler sağlayabileceği bildirilmiştir (Sobhanian vd., 2011). Tuz stresine maruz bırakılan patates bitkilerinde, klorofil ve protein miktarının azaldığı belirlenmiştir (Heuer ve Nadler, 1998).

Bitkilerin tuz stresine uyum sürecinde, hücresel ozmotik potansiyeli azaltan organik ve inorganik çözelti birikimi ve membranların hidrolik iletkenliğinde azalma meydana gelmektedir (Munns vd., 2020). Bu durum, muhtemelen, bitkilerin su kanalları (aquaporinler) sayısını azaltmasıyla gerçekleşmektedir (Kaldenhoff vd., 2008). Stomaların açılmasını sağlayan ozmotik düzenleme süreci ozmolit adı verilen çözünenlerin, hücreler arası su geçişini teşvik eden hareketi ile gerçekleşir (Acosta-Motos vd., 2017). Iqbal ve Ashraf (2013)'a göre, ozmotik stres altında madde taşınımındaki değişiklikler, genellikle, kök/gövde oranlarına da yansıyan kök büyümesi lehinedir. Bunun nedeninin köklerdeki, daha hızlı ozmotik düzenleme ve sürgünlere göre daha yavaş turgor kaybı olabileceği düşünülmektedir (Kroeger vd., 2011). Hücre içi su kaybı, NaCl stresinin önemli bir sonucudur; bu nedenle bitkiler, hücreden su kaybını önlemek ve hücresel proteinleri korumak için uyumlu çözünenler olarak bilinen çeşitli metabolitler biriktirir (Harishchandra vd., 2010).

Uyumlu çözünenler temel olarak çözünebilir şekerler (Kerepesi ve Galiba, 2000), polioller (Bohnert vd., 1995) ve bazı azotlu bileşiklerden (Wang ve Nil, 2000) oluşmaktadır. Cram (1976)'a göre, tuzlu koşullarda yetiştirilen glikofit bitkilerde, ozmotik bileşenler içerisinde şekerler, toplam ozmotik potansiyelin neredeyse yarısını oluşturmaktadır. Tuz stresine tepki olarak bitkilerin düşük karbondioksit (CO₂) asimilasyonuna karşın çözünebilir karbonhidrat birikimi yaptığı bildirilmektedir (Murakeözy vd., 2003). Ayrıca tuz stresi koşullarında bitkilerde biriken glikoz, sukroz, fruktoz, trehaloz ve fruktanlar gibi şekerler ile nişasta; karbon kaynağı, radikal temizleyicisi gibi görev yapmaktadır (Parida vd., 2002; Jang vd., 2003). Tuz stresine maruz bırakılan bitkilerde çeşit toleransının, sukrozun lipid tabakalarının stabilitesini arttırmak için hücrel zarlarla etkileşime girmesi sebebiyle, stres sırasında şeker biriktirme kapasitelerine bağlı olabileceği düşünülmektedir (Arefian vd., 2014).

Tuz stresi koşulları altında olgun domates meyvesinde, sukroz miktarının arttığı, meyve veriminin azaldığı rapor edilmiştir (Chookhampaeng vd., 2008). Tuza toleranslı ve tuza duyarlı domates genotiplerinde karbon dağılımı ve sukroz metabolizmasının hem üreten hem de kullanan organlarda incelendiği bir çalışmada hem fotosentez hem de büyümenin fruktoz, glikoz ve sukroz birikimi ile negatif korelasyon gösterdiği hem olgun hem de genç yapraklarda büyümede bir yavaşlama olduğu tespit edilmiştir (Shahbaz vd., 2012). Tuz stresi uygulanmış nohut genotiplerinde yapraklardaki çözünebilir karbonhidrat miktarının toleranslı genotiplerde arttığı, hassas genotiplerde ise azaldığı belirlenmiştir (Arefian vd., 2014).

Bitkiler, tuzluluk stresiyle başa çıkmak için ozmotik uyum mekanizmasındaki iyileşme gibi çeşitli fizyolojik değişiklikler geliştirmektedir. Toplam çözünmeyen karbonhidrat (TNC) miktarı (fruktanlar, nişasta) ve suda çözünebilir karbonhidratlar, bitkilerde karbonhidrat üretimi ve tüketimi arasındaki dengenin sonucu oluşmaktadır (Sheikh-Mohamadi vd., 2017). Birçok çalışma, TNC miktarındaki artışların, yaprak ve köklerin büyüyen bölgelerinde ozmotik ayarlanmanın ve turgorun sürdürülmesine katkıda bulunarak tuz stresi toleransını arttırdığını göstermektedir. Ayrıca, TNC'lar stres durumu sırasında biyosentez için substrat olarak da işlev görebilir ve daha sonra büyüme, gelişme ve stresten kurtulma amacıyla kullanılabilir (Fu ve Dernoeden, 2008).

May Queen ve Dejima patates çeşitleri kullanılarak yapılan bir çalışmada tuz stresi, toprak ekstraktının elektriksel iletkenlik değerleri 0,20, 0,77, 1,37 ve 1,95 dS m⁻¹ olacak şekilde uygulanmıştır. Deneme sonunda, suda çözünebilir karbonhidratların miktarı (ÇKM) ve yapraklardaki TNC miktarının tuz stresi ile arttığı belirlenmiştir. Sapların ÇKM miktarının büyümenin erken safhasında arttığı, sonraki aşamalarda ÇKM ve ayrıca TNC miktarının tuz stresi ile azaldığı tespit edilmiştir. Yaprak karbonhidrat miktarı her iki çeşitte de tutarlı eğilimler göstermemiştir. Tuz stresinin yaprak ÇKM miktarı üzerindeki etkileri, May Queen ve Dejima çeşitleri arasında ve büyüme dönemleri arasında farklılık göstermiştir. Sapların ÇKM içeriklerinin, çıkıştan 20 gün sonra tuz stresinin artmasıyla birlikte her iki çeşitte de arttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, çıkıştan 35 gün sonra ise, her iki çeşidin karbonhidrat seviyesinde önemli bir azalma belirlenmiştir. Çıkıştan 50 gün sonra ÇKM miktarının, özellikle Dejima çeşidinde, artan tuz konsantrasyonlarıyla azaldığı belirlenmiştir (Ghosh vd., 2001). Malas ve Shishe nar çeşitlerinin farklı tuz konsantrasyonlarına ve elektriksel iletkenliğe (1,05, 4,61 ve 7,46 dSm⁻¹) fizyolojik yanıtlarını değerlendirmek için yapılan bir çalışmada, Malas çeşidinde en yüksek ve en düşük karbonhidrat miktarı sırasıyla 1,05 ve 4,61 dSm⁻¹'de gözlenmiştir. Shishe çeşidinde ise karbonhidrat miktarının artan tuzluluk oranı ile azaldığı tespit edilmiştir (Khayyat vd., 2014).

Farklı patates türlerine (*S. tuberosum* L., *S. curtilobum* Juz. ve Bukasov, *S. juzepczukii* Bukasov) ait eksplantlar *in vitro* koşullarda 0, 25, 50, 75, 100 mmol L⁻¹ NaCl'ye maruz bırakılmıştır. En yüksek tuz konsantrasyonu (100 mmolL⁻¹), bütün türlerde, yumru gelişimini tamamen engellemiştir. Tuzluluk bütün patates genotiplerinde mikro yumrulardaki şeker birikimini farklı şekillerde etkilemiştir. *S. tuberosum* mikro yumrularında toplam ve indirgen olmayan şeker miktarı 50 mmolL⁻¹, indirgen şeker miktarı 75 mmolL⁻¹ NaCl uygulamasına kadar artmıştır. Toplam, indirgen ve indirgen olmayan şeker miktarı *S. curtilobum*'un mikro yumrularında, NaCl uygulamasına bağlı olarak değişiklik göstermemiştir. *S. juzepczukii*' de ise toplam ve indirgen şeker 75 mmolL⁻¹ NaCl uygulamasına kadar azalmıştır (Silva vd., 2001).

Üç yapraklı çeltik (*Oryza sativa* L. cv. Tainung 67) fideleri 200 mM NaCl'ye maruz bırakıldıktan 24 sa sonra, yapılan incelemede tuza maruz bırakılan bitkilerin normal kültür çözeltilisinde yetiştirilen fidelerden biraz daha zayıf olduğu tespit edilmiştir. Yüzyirmi saatlik

NaCl uygulamasından sonra yaprakların yuvarlandığı ve tamamen solduğu gözlemlenmiştir. Tuz stresi uygulanan fidelerin yapraklarındaki nişasta miktarının, kontrol bitkilerinin sadece %36'sı kadar olduğu tespit edilmiştir (Chen vd., 2008).

Şekerler, bitkilerin vejetatif organlarında depolanan birincil enerji kaynağıdır ve biyosentetik süreçler ile büyüme için enerji ve metabolit sağlamaktadırlar (Hu vd., 2015). Stres dönemi öncesinde ve sırasında daha yüksek karbonhidrat seviyesi daha iyi toleransın göstergesidir (Kerepesi ve Galiba, 2000). Düşük karbonhidrat kullanımı stres koşullarında bitki büyümesi için sınırlayıcı bir faktördür (Hu vd., 2015). Sukroz, yüksek bitkilerde taşınabilen başlıca karbonhidrat olup, gen ifadesinde değişime ve fizyolojik adaptasyona yol açan sinyal yollarını harekete geçirmektedir. Sukrozun kullanım ve taşınma şekli türlere, gelişim evresine ve bitki dokusuna göre değişmektedir. Kaynak hücreler tarafından sentezlenen sukroz, plazmodesmata yoluyla hücrelere taşınabilir. Alternatif olarak, sukroz taşıyıcıları tarafından apoplast içine nakledilebilmektedir ve daha sonra sukroz taşıyıcıları tarafından diğer hücrelere taşınabilmektedirler (Sauer, 2007).

Aghaei vd. (2009) tuza toleranslı Kennebec çeşidinin sürgünlerindeki ve köklerdeki toplam çözünebilir şeker miktarının arttığını, ancak tuz stresinin, tuza duyarlı çeşidin sürgünlerindeki çözünebilir şeker miktarı üzerinde hiçbir etkisi olmadığını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, toleranslı çeşitte çözünebilir şekerlerdeki bu yüksek artışların daha yüksek tuz toleransı ile ilişkili olabileceğini öne sürmektedir. Bununla birlikte, prolin ve çözünebilir şeker miktarındaki değişikliklerin, tuza duyarlı ve tuza toleranslı patates çeşitleri arasında ayırım yapmak için kesin kriterler olmadığı ve sonuç olarak, tuza toleransta rol oynayan başka mekanizmalar olabileceği görülmektedir (Sobhanian vd., 2011). Yirmi gün süre ile tuz stresine maruz bırakılmış çeltik bitkilerinde, hassas çeşitlerde nişasta miktarının toleranslı çeşitlere kıyasla daha çok azaldığı, indirgen ve indirgen olmayan şeker miktarının ise daha çok arttığı belirlenmiştir (Dubey ve Singh, 1999). Tuza tolerans bakımından farklılık gösteren üç buğday çeşidi ile yapılan bir çalışmada, çözünebilir karbonhidratlar, fruktanlar ve nişasta miktarının artan tuz konsantrasyonuna paralel olarak arttığı tespit edilmiştir. Tuza hassas olan Gkosh çeşidine ait çözünebilir şeker miktarının yaprak ve köklerde olgun tohumlardan daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Kafi vd., 2003). Tuz stresi uygulanan dört farklı buğday genotipi içerisinde toleranslı genotiplerin hassas olanlara oranla daha fazla çözünebilir karbonhidrat biriktirdiği ve tuz stresinin indirgen

şekerler (glikoz, fruktoz), sukroz ve fruktanların miktarını arttırdığı belirlenmiştir (Kerepesi ve Galiba, 2000). *Setaria sphacelata* bitkisi kısa süreli tuz stresine maruz bırakıldığında, sukroz ve nişasta miktarının azaldığı, stres süresinin uzamasıyla çözünebilir şeker miktarının arttığı fakat nişasta miktarının ise azaldığı tespit edilmiştir. Karbonhidrat metabolizmasında sukroz yönünde olan bu değişimin, nişasta sentez ve parçalanmasının sukroz sentezinden daha fazla etkilenmesinden kaynaklandığı belirtilmiştir (Silva ve Arrabaça, 2004).

Mares vd. (1985), yumruların sukroz ve indirgen şeker içeriklerinin, büyüme koşulları ve hasat süresine bağlı olarak bir yumrunun farklı kısımlarında ve yumrular arasında önemli ölçüde değişebileceğini bildirmiştir. *In vivo* olarak yumru oluşumunun başlangıcında, stolonun apikal kısmında belirlenen ilk şişmeyi, şeker miktarında meydana gelen ani bir düşüş takip etmektedir (Ulloa vd., 1997).

Farklı patates çeşitlerine ait eksplantlar (*S. tuberosum* L., *S. curtilobum* Juz. ve Bukasov, *S. juzepczukii* Bukasov) *in vitro* koşullarda 0, 25, 50, 75, 100 mmol L⁻¹ NaCl'ye maruz bırakılmıştır. Deneme sonunda nişasta miktarı *S. curtilobum* ve *S. juzepczukii*'de bütün tuz konsantrasyonlarında sabit kalırken, *S. tuberosum*'un mikro yumrularında ise artmıştır. Tuzluluğun *S. tuberosum*'un mikro yumru oluşturması üzerindeki olumsuz etkilerinin hem stolon hem de mikro yumru dokularında tuz seviyelerinin artmasına bağlı olarak ozmotik potansiyeldeki azalmadan kaynaklandığı düşünülmektedir. Tuz stresi mikro yumrulara su miktarının ve besin maddesi alımının azalmasına neden olarak kuru ağırlıkta bir artışa yol açmıştır, bu durumun nişasta miktarında belirlenen artışın sebebi olduğu düşünülmektedir (Silva vd., 2001).

Nişasta, bitkilerde en yaygın depolanan karbon rezervidir ve gıda ve gıda dışı kullanımlar için önemli derecede endüstriyel öneme sahiptir. Nişasta ifadesi sukroz, oksijen kıtlığı ve yaralanma ile artmaktadır (Liu vd., 2017b). Sukrozun nişastaya dönüşümünde yer alan iki anahtar enzim bulunmaktadır: SuSy ve Adenozin difosfat-glikoz pirofosforilaz (AGPaz). Sukrozdan nişastaya giden yoldaki ilk adım olan SuSy, sukroz ve UDP'nin UDPG ve fruktoza dönüşümünü kolayca geri dönüşümlü bir reaksiyonla (Geigenberger, 2003) katalize etmektedir.

Sukrozdan nişasta sentezi, sukrozun parçalanmasıyla başlar (Winter ve Huber, 2000). Sukroz sintazın UDPG üretmek için tercih ettiği nükleosid difosfat substratı UDP olmasına rağmen, ADP (Adenozin difosfat) aynı zamanda ADPglukoz (ADPG) üretmek için bu sukrolitik enzim için etkili bir alıcı moleküldür (Baroja-Fernández vd., 2009). Dikotiledon bitkilerin hızlı gelişen, enerji ihtiyacı olan organlarında sukroz-nişasta dönüşümü üzerine klasik bir bakış, ADPG pirofosforilazın nişasta biyosentezine bağlı tek ADPG kaynağı olduğunu varsaymaktadır (Müller-Röber vd., 1992; Baroja-Fernández vd., 2009). Bu görüşe göre, iç zardaki bir taşıyıcı vasıtasıyla plastide girebilen UDPG ve fruktoz, ADP-glikozu (ADPG) oluşturmak için ADP-glikoz pirofosforilaz (ADGPase) tarafından kullanılabilen, glikoz-1-fosfata (G-1-P) ve glikoz-6-fosfata (G-6-P) dönüştürülmektedir (Smith vd., 2004).

Adenin difosfat glikoz pirofosforilaz yüksek oranda regüle edildiğinden, nişasta sentezinde ana düzenleyici adım olarak kabul edilir (Ballicora vd., 2004). Birçok heterotrofik organda SuSy gelen sukrozun nişasta ve hücre duvarı polisakaritlerine yönlendirilmesini kontrol eden alıcı gücünün en önemli belirleyicisidir (Konishi vd., 2004). Adenin difosfat glikoz pirofosforilaz, nişasta sintaz tarafından, amilozun yani nişasta oluşumuna yol açacak uzun glikoz zincirlerinin sentezlenmesi için, UDPG ise selüloz sentezi için substrat olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle, nişasta ve selüloz sentez yolları, gelişmekte olan hücrelerde karbonhidrat substratı için rekabet etmektedir. Sitosolik G-6-P amiloplasta girerek, burada plastid fosfoglukomutaz, ADPG pirofosforilaz ve nişasta sintaz enzimlerinin birleştirilmiş reaksiyonları ile nişastaya dönüştürülmektedir (Tauberger vd., 1999). Bununla birlikte, Muñoz vd. (2006), böyle bir mekanizma ile tutarsızlıklara işaret eden kanıtlar ortaya koymuştur ve SuSy' nin doğrudan sitozolde *de novo* ADPG üretimini katalizlediği, alternatif ve/veya ek yolların çalışma olasılığı olduğunu belirlemiştir. Sitozolde ADPG'yi parçalayan bir enzimi ifade eden transgenik patates bitkileri kullanılarak yapılan bir çalışmada, patates yumru sitozolünde nişasta biyosentezine bağlı önemli bir ADPG havuzunun olduğunu gösteren kanıtlar rapor edilmiştir (Muñoz vd., 2008).

Sukroz katabolizması dünyadaki en büyük metabolik yıkım olaylarından biridir. Fizyolojik koşullarda sadece iki enzim sukroz yıkımını katalizler: sukroz sintaz (SuSy; EC 2.4.1.13) [sukroz + üridindifosfat (UDP) → fruktoz + UDP-glikoz (UDPG)] ve invertaz (INV) (sukroz + H₂O → glikoz + fruktoz) (Koch, 2004; Konishi vd., 2004). Bu sebeple birçok bitki biyokütlesi bu iki enzimin yer aldığı reaksiyonlar sayesinde oluşmuştur. Her iki

enzim de çok sayıda ve farklı izoformlara sahiptir. İnvertazlar, sukrozun glikoz ve fruktoza geri dönüşümsüz hidrolizini etkin bir şekilde katalizler. Hücre duvarı ve vakuolde bulunan izoformları (asit INV, EC 3.2.1.25) sitozol, mitokondri ve plastidlerde bulunan izoformlarından (nötral/alkalin INV, EC 3.2.1.26) yapı bakımından farklılık gösterir (Barratt vd., 2009).

Sukroz alımı ve taşınımı arasındaki oranların değişimi hem lokal hem de sistemik olarak sukroz seviyelerini ve hücre metabolizmayı ve böylece bitki büyümesini ve gelişmesini etkilemektedir. Sukroz sintaz, patates bitkisinde sukroz metabolizmasında önemli rol oynar. Yüksek SuSy seviyelerine sahip patates yumruları daha fazla nişasta içerir ve daha yüksek toplam yumru ağırlığına sahiptir (Baroja-Fernández vd., 2009). Yapılan çalışmalar, SuSy'nin sukroz alımındaki rolünün, karbonu hem polisakkarit biyosentezine hem de adenilat koruyucu bir solunum yoluna yönlendirmeyi içerebileceğini göstermektedir. Biyosentetik süreçlerde SuSy'nin önemli bir fonksiyonunun da hücre duvarı oluşumuna katkı sağlamak olduğu; mısır mutantları (Winter ve Huber, 2000), antisens havuç bitkileri (Sturm ve Tang, 1999) ve antisens pamuk tohumları (Ruan vd., 2003) ile yapılan çalışmalar ile desteklenmektedir.

Invertazlar birçok bitki türünde majör sukroz parçalayıcı enzimlerdir ve INV aktivitesinin olmaması büyümeyi etkilemektedir (Barratt vd., 2009). Hücre duvarına bağlı invertazlar (CWB-INV) bölgesel heksoz (glikoz+fruktoz) seviyelerini belirgin bir şekilde yükseltebilmektedir. Bu durum ana doku ile arasında plazmodesmatal (simplastik) süreklilik olmayan, gelişmekte olan, tohum ve daneler için tipiktir (Weschke vd., 2003). Vakuolar invertazlar (VINV), CWB-INV'lar gibi bol miktarda heksoz ve heksoz tabanlı şeker sinyalleri üretmektedir. Ayrıca, genişleyen dokularda sukrozun parçalanmasının birincil yolağına aracılık etmekte ve bu nedenle tonoplast boyunca heksoz akışına ve heksozların sitoplazmik metabolizmaya girmesine önemli katkılarda bulunmaktadır. Her iki işlemin zamansal kontrolü, VINV'in alım ve sinyal fonksiyonlarını, ozmotik rolü ile bütünleştirebilen vakuolar bölümlendirme ile daha da kolaylaştırılmaktadır (Koch, 2004).

Hücre duvarı elastikiyetinin ayarlanması, bitkilerin turgor basıncını ve su alımını korumalarına yardımcı olmaktadır (Mustard ve Renault, 2004). Sukroz, NaCl tarafından düzenlenen ikinci disakkarittir (Legay vd., 2009). Alarm fazı sırasında, fotosentezin güçlü

bir şekilde azalması, patatesin karmaşık şekerleri sukroza indirgenmesine neden olabilmektedir. Sukroz daha sonra SuSy tarafından heksoz eksikliğini önlemek için glikoz ve fruktoza dönüştürülmektedir (Lichtenthaler, 1996).

Yapraklarda sukrozun sentezi ve birikimi esas olarak biyosentetik enzim SPS'nin ve sukrozu heksoza dönüştüren fakat aynı zamanda nişasta sentezini başlatan sukrolitik enzimlerin (INV ve SuSy) aktiviteleri ile belirlenebilmektedir (Huber ve Huber, 1996). Yirmi gün süre ile tuz stresine maruz bırakılmış çeltik bitkilerinin sürgünlerindeki asit INV aktivitesinin tolerant çeşitlerde hassas çeşitlere oranla daha az olduğu tespit edilmiştir (Dubey ve Singh, 1999). Muscolo vd. (2003) 15 gün süre ile 150 ve 200 mM NaCl konsantrasyonlarına maruz bırakılan *Pennisetum clandestinum* bitkisinin yapraklarındaki INV aktivitesinin önemli oranda arttığını, köklerindeki INV aktivitesinin ise azaldığını belirlemişlerdir.

Tuzluluk toleransının fizyo-biyokimyasal mekanizmaları çeşitli bitki türlerinde yaygın olarak analiz edilmiştir. Bununla birlikte, bu özelliği düzenleyen moleküler olaylarla ilgili mevcut bilgimiz hala sınırlıdır. Tuz stresi düzenleyici ağlar için temel oluşturan ana genlerin tanımlanması ve karakterize edilmesi de gerekmektedir (Singh vd., 2018b). Tuzluluk toleransı, spesifik gen aktivasyonunu ve çok çeşitli tuz stresine duyarlı genlerin düzenlenmesini içeren karmaşık bir dizi moleküler fonksiyonun sonucudur (Passaia vd., 2013).

Genel olarak şekerler, fotosentez ve rezerv mobilizasyonunda yer alan enzimlerin ifadesini bastırırken, rezervlerin (nişasta, lipit ve proteinler dahil) biyosentezi, kullanımı ve depolanması ile bağlantılı enzimlerin ifadesini desteklemektedir (Ho vd., 2001). Çok sayısaki spesifik gen gruplarının şekerler tarafından pozitif olarak düzenlendiği bildirilmiştir. Depolama proteinlerini kodlayan genler, örneğin; patatesten patatin (Hattori vd., 1990) ve tatlı patatesten sporamin (Jefferson vd., 1990); nişasta biyosentezi ile ilişkili proteinleri kodlayan genler, örneğin; Adenozin difosfat glikoz (ADPG) pirofosforilaz (Müller-Röber vd., 1990); savunma proteinlerini kodlayan genler, örneğin patates içindeki proteinaz inhibitörü II (Kim vd., 1991); ve sukroz metabolizmasında yer alan proteinleri kodlayan genler, örneğin INV ve SuSy (Roitsch vd., 1995) bu gen grupları arasındadır. Bunun aksine, çeşitli genler şekerler tarafından negatif olarak düzenlenir ve bunların ifadesi,

şeker yoksunluğu ile indüklenmektedir; örneğin şeker, çeltik (*Oryza sativa* cv. Tainan 5) süspansiyon hücrelerinde ve filizlenen embriyolarda α -amilaz (Yu vd., 1996); mısır kökü uçlarında endopeptidaz, SuSy1 (James vd., 1993) ve hıyar kotiledon ve süspansiyon hücrelerinde malat sintaz ve izositrat liyaz (Graham vd., 1994) genlerinin ifadesinin bastırıldığı belirlenmiştir.

Bu tepkiler arasında şeker miktarının tuz stresi sırasında önemli ölçüde değiştiği gösterilmiştir (Gupta ve Kaur, 2005). Tuz stresi sırasında daha yüksek SuSy ve sukroz fosfat sintaz (SPS; EC 2.4.1.14) aktiviteleri ile daha yüksek bir sukroz konsantrasyonu gösteren bitkilerin daha toleranslı olduğu belirlenmiştir (Fernandes vd., 2004). Abiyotik stres mekanizmaları, sinyal algılama ve adaptif yanıtlar, model bitki *A. thaliana* için oldukça iyi açıklanmıştır (Mahajan ve Tuteja, 2005). Örneğin; Galaktinol sintaz genini aşırı ifade eden bir *Arabidopsis thaliana* mutantının galaktinol ve rafinoz biriktirdiği ve tuzluluk stresine daha toleranslı olduğu tespit edilmiştir (Ottow vd., 2005). Kaynak-kullanıcı dokuların ilişkisinin manipüle edilmesi, abiyotik stres koşulları altında bitkinin hayatta kalmasını artırmak için yeni fırsatlar sağlayabilmektedir. Enerjiyi kullanan organların, üretilen kaynaklar için birbirleriyle rekabet etmesinin (Sadras ve Denison, 2009), farklı organların metabolit oranlarının ve bu organlar arasındaki büyüme dengesinin karşılaştırılması ile bitkinin toleransına dair bilgi sağlanabileceği düşünülmektedir (Hu vd., 2015). Bununla birlikte patates bitkisinde, tuz stresi koşullarında, strese yanıt olarak meydana gelen şeker birikimi ve yönlendirilmesiyle ilgili yapılmış bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Tuz stresine (150 mM NaCl) 1 gün maruz kalan PS3 patates çeşidine ait bitkilerin gen ifadesinde önemli değişimler meydana geldiği tespit edilmiştir. Primer metabolizma ile ilgili genlerin, yani karbonhidrat, amino asit, lipit metabolizmasının esas olarak bastırıldığı belirlenmiştir. Bir gün tuza maruz kaldıktan sonra SuSy (HF04) kodlayan transkriptlerde önemli bir artış olduğu tespit edilmiştir. Tuza 3 gün maruz kalan bitkilerde gen ifadesindeki eğilim benzerlik göstermiştir ancak aynı zamanda bitki savunması ve taşıyıcı kategorilerinde indüklenmiş daha fazla sayıda gen rapor edilmiştir. Bununla birlikte, farklı şekilde ifade edilen genlerin toplam sayısının, 3 günlük tuz stresi uygulamasında, 1 günlük uygulamaya kıyasla daha az olduğu belirtilmiştir (Legay vd., 2009).

Fu ve Park (1995), patatestte Sus3 ve Sus4 olmak üzere farklı düzenlenmiş iki SuSy gen sınıfı tanımlamışlardır. Başlıca dikotiledon bitki familyalarının ayrışmasından sonra, fakat domates ve patatesin ayrılmasından önce evrimleşmiş oldukları düşünüldüğü için sekans homolojisine dayanan tipler ile Sus1 ve Sus2 sınıflarına dahil edilememişlerdir. Patates Sus3 genleri, saplarda ve köklerde en yüksek seviyelerde ifade edilmektedir ve SuSy'nin vasküler fonksiyonunu sağladığı belirlenmiştir. Aksine, Sus4 genlerinin öncelikle yumruların depo ve vasküler dokusunda ifade edildiği ve sukroz kullanım fonksiyonunu kolaylaştırdığı belirtilmektedir. Bu genler kök uçlarında ise birbirinden farklı olarak düzenlenir; Sus3 hücre bölünme bölgesinde, Sus4 ise meristem ve kaliptrada yüksek seviyelerde ifade edilmektedir. Patates SuSy genlerinin Sus3 sınıfı, Sus4 genlerinin aksine, normal olarak fotosentetik dokularda, yapraklarda da ifade edilmektedir. Yumru köklerindeki yüksek Sus4 gen ifadesi seviyeleri, bu organdaki nispeten yüksek sukroz konsantrasyonunun indüksiyonuna bağlı olabilmektedir. Bununla birlikte, yapraklarda sukrozla indüklenmeyen delesyon yapılarının yumrularda düşük seviyelerde de olsa ifade edildiği tespit edildiği için, sukroz yumru köklerinde Sus4 genlerinin ifadesinden sorumlu tek faktör olarak kabul edilmemektedir.

Tuza duyarlı *Solanum lycopersicum* cv. Volgogradskij çeşidi tuz stresine maruz bırakılmış ve genç yapraklarda yaşlı yapraklara kıyasla, sukroz ve heksozlar daha yüksek seviyelerde birikirken nişastanın daha iyi korunduğu belirlenmiştir (Khelil vd., 2007). Bununla birlikte, bitkilerin yapraklarındaki şeker birikiminin, şeker metabolizmasında yer alan asit ve nötral INV, SuSy ve heksokinaz (EC 2.7.1.1) aktivitelerindeki azalmayla ilişkili olmadığı saptanmıştır. Tuz uygulamasından 3 gün sonra 100 mM NaCl'de SuSy aktivitesinin yaşlı ve genç yapraklarda sırasıyla 12 ve 3,4 kat, 200 mM NaCl'de ise yaşlı yapraklarda 46 kat arttığı tespit edilmiştir. Hem yaşlı hem de genç yapraklarda, asit INV aktivitesi, stres yoğunluğuna göre azalma eğilimi göstermiştir. Yaşlı yapraklarda nötral INV aktivitesinin, 100 mM NaCl'de, 200 mM NaCl'ye göre daha fazla arttığı belirtilmiş olup, genç yapraklarda 100 mM NaCl'de değil, 200 mM NaCl'de yükseldiği belirlenmiştir (Khelil vd., 2007). Sukroz sintaz ile, nötral INV aktivitesi, tuz uygulaması sırasında artan sukroz ve heksoz seviyeleri ile ilişkili olarak artmıştır, bu durum sitoplazmik aktivitenin sukroz hidrolizinde daha önemli bir rol oynadığını düşündürmektedir (Khelil vd., 2007). Yarı-kantitatif RT-PCR analizleri sonucu SuSy (Sus2, Sus3) transkriptleri çok zor tespit edilebilmiş ve yaşlı yapraklarda görülen şeker artışı sebebiyle beklenen transkript artışı elde

edilememiştir. Hekzokinaz (Hxk1, Hxk2) genleri ve VINV genleri zayıf fakat açıkça ifade edilirken, AGPaz ve SPS genlerinin güçlü bir şekilde ifade edildiği belirtilmiştir. Test edilen genler için transkript varyasyonunun, tuz adaptasyonunda önemli bir rol oynamadığı düşünülmektedir (Khelil vd., 2007). Bazı raporlarda, SuSy ve INV genlerinin (Koch vd., 1996; Koch vd., 2004) de çeşitli bitki genlerinin indüksiyonu veya baskılanmasında yer aldığı belirtilmiştir.

Domates bitkisinde daha yüksek tuz toleransı, yapraklarda SuSy ve VINV aktivitelerinin indüksiyonu ile ilişkilendirilmektedir. Tuza dayanıklı Pera domates genotipinde, asit ve nötral INV ve özellikle de SuSy aktivitelerinin, 50 ve 100 mM NaCl uygulamalarının ilk haftasında arttığı; tuza duyarlı Volgogradskij genotipinde ise, asit INV aktivitesinin belirlenen temel aktivite olduğu fakat 100 mM NaCl uygulamasının 3 haftası boyunca genç yapraklarda sadece küçük bir artış belirlendiği rapor edilmiştir (Balibrea vd., 2000).

Lu vd. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada hibrit domates çeşidi Liaoyuanduoli, besin çözeltilisine 0 (kontrol), 25, 50 veya 75 mM NaCl ilave edilerek tuz stresine maruz bırakılmıştır. Gelişimin erken safhasında, nişasta birikiminin gerçekleştiği, ancak olgunlaşma aşamasında, nişasta miktarının keskin bir şekilde azaldığı belirlenmiştir. Olgun domates meyvelerinde sukroz miktarı, tuz uygulamalarında kontrol uygulamasına göre biraz azalmıştır. Artan NaCl uygulamaları ile sukroz miktarı da artış göstermiştir. Sukrolitik aktivitelerin (asit INV hariç) genellikle olgunlaşma ile meyve gelişiminin sonuna doğru arttığı belirlenmiştir. Hem kontrol hem de tuz uygulamaları SuSy ve asit INV enzimlerinin, domates meyvelerinde sukroz parçalanmasından sorumlu ana enzimler olduğunu göstermiştir. Meyvelerin sükrolitik aktivitelerinin tuz stresi altında kontrole kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. İvertaz genleri tiv-1, lin5, lin6, lin7, lin8'in ifadesi; SuSy genleri Sus2 ve Sus3, kantitatif gerçek zamanlı PCR yoluyla incelenmiştir. Gelişmekte olan meyvelerde lin6, 7 ve 8 ifadesi saptanamamıştır. Domates meyvelerindeki Tiv-1 ifadesinin gelişim sırasında arttığı, tuzluluğun bu genin anthesisten 45 ve 60 gün sonra ifade seviyelerini arttırdığı (anthesisten 45 gün sonra plasental doku hariç) tespit edilmiştir. Domates meyvesinin farklı dokularında lin5 ifadesinin olgunlaşma ile azaldığı, ancak tuz stresinin bu azalmayı daha da arttırdığı belirtilmiştir. Sus2 ifadesinin meyvelerde anthesisten 45 gün sonra, olgunlaşma aşamasına göre daha yüksek olduğu ve tuzluluğun bu genin ifade

seviyesini düşürdüğü tespit edilmiştir. Sukroz sintaz geni *Sus3* geninin ifadesinin meyvelerde stres süresi arttıkça arttığı belirlenmiştir (Lu vd., 2010).

Proteinler, stres toleransını arttırmaya yönelik süreçlere doğrudan dahil oldukları için bitki stres yanıtında önemli bir rol oynamaktadırlar. Diğer streslere benzer şekilde, tuzluluk, birçok stresle ilişkili proteinleri (dehidratasyon kaynaklı proteinler, iyon taşıyıcıları ve ROS temizleyici enzimler) arttırmasının yanı sıra hücre sinyalizasyonunda, gen ifadesinde, hücre metabolizmasında ve düzenleyici süreçlerdeki değişikliklerin dahil olduğu karmaşık adaptasyonları indükler (Maršálová vd., 2016). Tuz stresinin patates üzerindeki fizyolojik ve biyokimyasal etkileriyle ilgili çok sayıda bilgi olmasına rağmen, bu tepkilerin arkasındaki moleküler mekanizmalar açıklığa kavuşturulmaya devam etmektedir ve bu açığı kapatmak için proteomik yaklaşımların kullanılabileceği düşünülmektedir (Sobhanian vd., 2011).

Tuz stresine bağlı olarak artan protein miktarı, yeni oluşan proteinler kadar var olan proteinlerin ifadesindeki artışa da dayanmaktadır (Dubey ve Rani, 1989). Bitkilerin tuz stresine yanıt olarak verebileceği mekanizmaların daha iyi anlaşılması için bir yaklaşım da bitkilerin tuzluluğa maruz bırakılmasından sonra özellikle biriken proteinleri incelemektir (Parida vd., 2004; Sofy vd., 2017). Saleh vd. (2009), proteinlerin ve prolin birikiminin, bitkilerde tuzluluk nedeniyle indüklenen ve strese dayanıklılık mekanizmalarında yer alan değişikliklerden biri olduğunu bildirmiştir. Bunun yanı sıra, protein miktarındaki azalma ise; tuz stresi koşullarında amino asitlerin ve proteinlerin sentezinde görev alan enzimlerin denatürasyonu, amino asitlerin kullanılabilirliğinde azalma ve bunun sonucu olarak protein sentezindeki azalmaya dayanmaktadır (Popova vd., 1995).

Tuza toleranslı çeşitlerde, ozmotik düzenleme mekanizmasının daha yüksek verimli olmasından dolayı daha yüksek konsantrasyonda protein üretilmektedir ve bu da duyarlı çeşitlere kıyasla sitoplazmada sodyum toksisitesinin azalmasına neden olmaktadır. Sonuç olarak, tuz stresi altında toleranslı çeşitlerde protein degradasyonu önlenmektedir (Flowers ve Yeo, 1995; Jamali vd., 2015). Bununla birlikte, tuza toleranslı çeşitlerde protein miktarındaki artış, ozmotin benzeri proteinlerin veya yapısal proteinlerin sentezi nedeniyle meydana gelmektedir (Amini ve Ehsanpour, 2005). Fizyolojik olarak aktif yaprak dokularındaki protein miktarının azalması; amino asitlerden protein oluşturma kapasitesinin azalması, proteolitik enzimlerde artış, polizomların stres durumu altında monozomlara

dönüşmesi veya absisik asit (ABA) sentezinin artmasından dolayı RNase aktivitesinin yükselmesinden kaynaklanmaktadır (Singh vd., 1985).

Tuz stresine tolerans bakımından taranan, yedi buğday çeşidinde (Jamali vd., 2015) ve on buğday genotipinde (Das vd., 2015); tuz stresinin toplam çözünebilir protein (TÇP) miktarını kontrole kıyasla azalttığı, bununla birlikte tuza duyarlı çeşitlerin, tuza toleranslı çeşitlere göre daha düşük protein miktarına sahip olduğu belirlenmiştir. Tuz stresi koşullarında, tuza toleranslı pavlonya bitkilerinde de protein miktarının azaldığı, ancak hassas olan bitkilerde arttığı rapor edilmiştir (Ayala-Astorga ve Alcaraz-Melendez, 2010).

Badem (Hatami vd., 2018) ve incir (Abdoli Nejad ve Shekafandeh, 2014) ağaçlarında tuz stresinin belirli bir eşik değere kadar yapraklarda TÇP miktarını arttırdığı, ancak daha yüksek seviyelerde azalttığı saptanmıştır. Badem (Zrig vd., 2015), nohut (Arefian vd., 2014) ve mısır (Azevedo Neto vd., 2006) ile yapılan çalışmalarda ise yaprakta TÇP miktarının özellikle toleranslı türlerde şiddetli tuzluluk koşullarında arttığı tespit edilmiştir. Ferreira-Silva vd. (2008) ise artan tuz stresinin kaju bitkisinin yapraklarındaki TÇP miktarını önemli ölçüde değiştirmedığını, ancak kökteki protein konsantrasyonunu azalttığını belirtmişlerdir. Yonca bitkisinin kök ve sürgünlerinde tuz stresine bağlı olarak prolin miktarında önemli ölçüde bir artış olduğu rapor edilmiştir (Babakhani vd., 2011). Arpa bitkisinde tuz stresinin danelerde çözünebilir protein içeriklerini azalttığı belirlenmiştir. (Sofy vd., 2017). *Amaranthus tricolor* (Wang ve Nil, 2000), turp (Muthukumarasamy vd., 2000) ve hindistansakızağacı (Parida vd., 2002) ile yapılan çalışmalarda tuz stresine maruz bırakılan bitkilerin yapraklarındaki TÇP miktarlarının azaldığı tespit edilmiştir.

Patates bitkilerinin TÇP'lerinin tuzlu koşullarda azaldığı bildirilmiş olsa da (Zhang vd., 2009), toleranslı patates çeşitlerinde, hassas çeşitlere oranla daha fazla serbest prolin tespit edilmiştir (Heuer ve Nadler, 1998; Fidalgo vd., 2004; Aghaei vd., 2008; Zhang vd., 2009). Patates bitkilerinde savunma ile ilişkili proteinlerin ifadesinin tuz stresi altında arttığı bulunmuştur ve bunların patates bitkisinde tuz stresine tolerans mekanizmasına dahil olduğu ileri sürülmüştür (Aghaei vd., 2008).

Jel bazlı proteomik teknolojiler, bitkilerde tuzluluğun neden olduğu yanıtları araştırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır (Bandehagh vd., 2011). Bitkilerde tuz ile indüklenen birçok protein tanımlanmıştır. Sadece tuz stresi sırasında biriken tuz stres proteinleri ile yüksek ve düşük sıcaklık, kuraklık, su basması streslerinde de ortaya çıkan stres ilişkili proteinler olarak iki ayrı grupta toplanmıştır (Mansour, 2000). Birinci gruba ozmotin, germin ve mangrin proteinleri örnek verilebilir. Tütün bitkisinde tuz ile indüklenen proteinlerin karakterizasyonu sırasında ozmotin adı verilen 26 kDa büyüklüğünde bir protein belirlenmiştir (Singh vd., 1987). Arpada, immünolojik olarak ozmotinle ilişkisi olmayan, 26 kDa'luk iki polipeptid germin olarak tanımlanmış ve tuz stresi koşullarında sentezinin arttığı tespit edilmiştir (Hurkman vd., 1991).

Tuz stresine maruz bırakılan arpa köklerinde 24-27 kDa aralığında altı yeni protein, gövdesinde 20–24 kDa aralığında beş yeni protein (Ramagopal, 1987), turp bitkisinde 22 kDa'luk bir protein (Lopez vd., 1994), domates köklerinde 21, 21,5 ve 22 ile 32 kDa' luk 4 protein (Chen ve Plant, 1999), yerfıstığı bitkisinde 52 ve 127 kDa' luk iki protein (Hassanein, 1999), mısır köklerinde 29, 39, 51 ve 61 kDa'luk dört protein (Tamas vd., 2001) tespit edilmiştir. Elshintinawy ve Elshourbagy (2001) tuz stresinin buğday bitkisinde 13 ve 20 kDa molekül ağırlıklı iki proteinin miktarında azalmaya ve 24 kDa' luk bir proteinin tamamen kaybolmasına sebep olduğunu bildirmişlerdir. Çeltik köklerinde tuzluluğa bağlı olarak 14,5 ve 15 kDa' luk ikişer protein (Salekdeh vd., 2002; De Souza vd., 2003) belirlenmiştir. *Bruguiera parviflora* bitkisinde 17, 23, 32, 33 ve 34 kDa büyüklüğünde 5 protein bandının yoğunluğunun artan tuz konsantrasyonuna paralel olarak azaldığı tespit edilmiştir (Parida vd., 2004).

Arefian vd. (2014) tarafından arpa bitkisinde yapılan bir çalışmada, ele alınan parametreler bakımından MCC544 genotipinin en toleranslı ve MCC806 genotipinin ise en hassas olduğu tespit edilmiş ve 48 sa, 96 sa, 168 sa sonra alınan örneklerde SDS-PAGE analizleri yapılmıştır. Toleranslı ve duyarlı genotiplere ait bantlar arasında var/yok ve ifade yoğunluğu bakımından proteinlerde belirgin farklılıklar görülmüştür. Tuza toleranslı MCC544 genotipinde bulunan 45 kDa protein bandı, tuza duyarlı MCC806'dan 48, 96 ve 168 saatte sırasıyla 3 kat, 1,8 kat ve 0,8 kat daha fazla yoğunluk göstermiştir. Toleranslı genotipte protein ifadesinin 98 sa sonra azalmaya başladığı, ancak duyarlı olan genotipte bu zaman noktasından sonra arttığı tespit edilmiştir. SDS-PAGE analizleri daha yüksek

molekül ağırlıklı proteinlerde proteinlerin daha hızlı biriktiğini ve/veya daha az bozulduğunu göstermiştir. Bazı bantların yokluğu veya varlığı da stres tepkisinde fonksiyonel bir tutulumu gösterebilir. Tolerans reaksiyonunun, tuzlulukla ilişkili, özellikle yüksek moleküler ağırlıklı proteinlerin daha hızlı sentezlenmesi veya duyarlı proteinlerin daha az parçalanmasından kaynaklandığı anlaşılmaktadır (Arefian vd., 2014). *Eleusine coracana*' da 23–24 kDa ve 54 kDa' luk proteinlerin tuz ve kuraklık stresine toleranstan sorumlu olduğu tespit edilmiştir (Uma vd., 1995). Wimmer vd. (2003), buğday bitkisinde bor (B) ve tuz stresi kombinasyonunun etkilerini araştırırken 25 kDa' luk bir proteinin oluştuğunu ve 33 kDa' luk bir proteinin de miktarında artış olduğunu rapor etmişlerdir.

Dooki vd. (2006) genç salkım uzunluğu yaklaşık 0,5 mm'ye ulaşan çeltik bitkilerini 7 gün boyunca 50 mM NaCl, ardından 5 gün boyunca 75 mM NaCl ile muamele etmiş, 12 gün sonra alınan genç ve yaşlı yapraklar ile genç salkımlarda iki boyutlu elektroforez (2-DE) ile protein analizi yapmışlardır. Analiz sonunda büyüklükleri 14-96 kDa arasında değişen 650 protein noktasından 13 tanesinin üç dönemde de ifadelerinde artış olduğunu tespit etmişlerdir. *Arabidopsis* bitkisinin tuz stresi tepkilerini daha iyi anlamak için, 6 saat ve 48 saat boyunca 150 mM NaCl'ye maruz bırakılmış olan bitki köklerinin karşılaştırmalı bir proteomik analizi yapılmıştır. Köklerde, 2-DE ile yapılan analizlerde, bir jel üzerinde tekrarlanabilir olarak tespit edilen 1000'den fazla protein noktası arasında, 112 protein noktasının yoğunluğu azalmış ve NaCl uygulamasına yanıt olarak en az bir zaman noktasında 103 protein noktasının yoğunluğu artmıştır (Jiang vd., 2007). Kanola bitkisinde tuza tepki mekanizmalarının tanımlanması amacıyla, toleranslı Hyola 308 ve tuza duyarlı Sarigol çeşitleri 0, 175 ve 350mM NaCl'ye maruz bırakılmış yeni gelişen ikinci ve üçüncü yapraklarında ifade edilen proteinler analiz edilmiştir. İki boyutlu elektroforez ile tekrarlanabilir şekilde tespit edilen toplam 900 protein noktasından 75 tanesi, farklı tuz uygulamalarına tepki olarak ifade edilmiştir. Toplamda, çeşitlere göre 44 (Hyola'da) ve 31 (Sarigol'de) protein, uygulamalara göre 56 (350 mM NaCl'de) ve 19 (175 mM NaCl' de) proteinin tuz uygulamasına bağlı olarak farklı ifade edildiği belirlenmiştir (Bandehagh vd., 2011).

H. vulgare cv. Tadmor (glikofit) kontrol bitkilerinde (0,2mMNaCl) 107, tuz stresine maruz bırakılan bitkilerde (300 mM NaCl), 105 protein tanımlanmıştır. *H. Marinum* (halofit) kontrol bitkilerinde 141, tuz stresi uygulanmış bitkilerde ise 200 protein tanımlanmıştır.

Kontrol ve tuz stresi uygulanmış bitkilerde tanımlanan proteinlerin karşılaştırması, *H. vulgare*' nin, yüksek tuzluluğa yanıt olarak artan protein sayısının (4 protein) azalan protein sayısına (12 protein) kıyasla daha az olduğunu ortaya çıkarmıştır. Buna karşılık, *H. marinum*'da, azalan proteinlerin sayısına göre tuzluluğa yanıt olarak artan protein sayısının (sırasıyla 6 ve 13) daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Tanımlanan 284 protein; amino asit metabolizması (5 protein), apoptotik süreç (7 protein), ATP metabolizması (6 protein), karbonhidrat metabolizması (18 protein), hücre adezyonu (8 protein), klorofil metabolizması (1 protein), hücre iskeleti (6 protein), savunma yanıtı (12 protein), gen ifadesi ve replikasyonu (23 protein), lipid metabolizması (2 protein), nükleik asit toplanması (20 protein), nükleik asit metabolizması (3 protein), tek karbon metabolizması (2 protein), fotosentez (3 protein), protein biyosentezi (28 protein), protein yıkımı (23 protein), protein katlanması (32 protein), redoks metabolizması (24 protein), düzenleyici proteinler (7 protein), ikincil metabolizma (2 protein), sinyal yollarında yer alan proteinler (15 protein), trikarboksilik asit döngüsü proteinleri (5 protein), hücresel taşımada yer alan proteinler (15 protein) ve bilinmeyen fonksiyona sahip proteinler (17 protein) olmak üzere 24 işlevsel gruba ayrılmıştır (Maršálová vd., 2016).

Ozmotin benzeri proteinlerin patatesten tuz toleransı ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Tuz maruziyetinin neden olduğu ozmotik stres altında, patates bitkilerinin tuz toleransını sağlayan ozmotin benzeri proteinlerin ifadesinin arttığı belirlenmiştir (Evers vd., 1999). Ozmotin benzeri proteinlerin ifadelerinin, NaCl uygulamasına ek olarak, patatesten fungal stres, ABA ve düşük sıcaklık uygulamaları sonucunda da arttığı rapor edilmiştir (Zhu vd., 1995). Aghaei vd. (2009) 4 hafta süre ile 30, 60, 90, 120 mM NaCl uyguladıkları patates çeşitlerinin sürgünlerinden ve köklerinden alınan örneklerde yaptıkları analizde toplam 627 protein noktasından, 20 tanesinin ifadesinde artış, 27 tanesinin ifadesinde azalış olan farklı ifade edilmiş 47 tane protein noktası belirlemişlerdir. Tuza toleranslı Kennebec patates çeşidinde ozmotin benzeri protein, çeşitli ısı şoku proteinleri (HSP) ve kalretikülin de dahil olmak üzere savunma ile ilgili çeşitli proteinlerin ifadesinde artış tespit edilmiştir (Aghaei vd., 2009).

Domateste stres ile indüklenen (TSI)-1 proteinleri, ilk olarak domateste karakterize edilen stresle uyarılan proteinlerdir ve TSI-1 proteinlerinin, fungus enfeksiyonu, salisilik asit maruziyeti veya yaralama gibi bir dizi stres koşulu altında domateslerde ifadesi artan başlıca

proteinler olduğu öne sürülmektedir (Xu vd., 1994). Tuz stresinin, tuza hassas Concord ve tolerant Kennebec patates çeşitlerinde, TSI-1 proteinlerinin, N-süksinilarginin ve proteaz inhibitörlerinin artmasına neden olduğu belirlenmiştir (Aghaei vd., 2008).

Yüksek bitkilerin tehlikeden uzaklaşmaması, stres tepkilerinin gelişmesinde büyük bir güç olabilmektedir. Kuraklık, yüksek tuzluluk ve soğuk stresi dehidrasyonla sonuçlanmaktadır, yani hücrede mevcut olan serbest su miktarında bir azalma meydana gelir. Dehidratasyon stresi sırasında ifade edilen proteinlerin bir ailesi dehidratasyon proteinleri (dehidrinler, DHN'ler) olarak adlandırılmaktadır (Graether ve Boddington, 2014). Geç embriyogenesis bağımlı proteinleri (LEA) farklı korunmuş sekans motiflerinden oluşmaktadır. Geç embriyogenesis bağımlı protein gruplarının sayısı kullanılan sınıflandırma sistemine bağlı olmakla birlikte genellikle 6 veya 7 grup olarak tanımlanır. Geç embriyogenesis bağımlı proteinler yüksek sayıda alanin, glisin ve serin kalıntılara ve çok az hidrofobik kalıntısına sahiptir (Hinch ve Thalhammer, 2012). Dehidrinler, LEA D-11 veya LEA grup II proteinleri olarak sınıflandırılmaktadır (Close, 1997).

Dehidrinlerin molekül ağırlıkları, en küçükleri 9,6 kDa (Labhilili vd., 1995) ve en büyükleri 70 kDa (Kim vd., 2012) olmak üzere önemli ölçüde değişkenlik göstermektedir. Çoğu kez DHN'lerin moleküler ağırlıklarının üst değeri 200 kDa olarak belirtilmektedir. Bu değer, kimyasal molekül ağırlığı yerine, sodyum dodesil sülfat poliakrilamid jel elektroforezi (SDS-PAGE) ile gösterilen proteinlerin moleküler ağırlığını yansıtmaktadır. Dehidrinler poliakrilamid jellerde anormal bir şekilde hareket ederler; bu proteinlerin büyük hidrodinamik kalıntıları, globular proteinlere kıyasla jel üzerinde gecikmeli hareket etmelerine sebep olur (Receveur-Bréchet vd., 2005).

Dehidrin sekansları genellikle üç korunmuş motif ile tarif edilmektedir (Close, 1996). Dehidrin ailesi, lizince zengin dizi motiflerinin varlığı ile tanımlanmaktadır. Bu segment, K-segmenti olarak da bilinmektedir ve EKKGIMDKIKEKLPD dizisine sahiptir. En çok korunan kalıntılar bu segmentin (Lys-Ile-Lys-Glu) merkezinde yer alır. Diğer bir korunan motif ise; yapısında bulunan tirozin kalıntısının varlığı sebebiyle Y segmenti olarak adlandırılmaktadır. Y-segmenti (V/T)D(E/Q) YGNP dizisine sahiptir ve Asp ile Gly-Asn-Pro kalıntıları yüksek oranda korunmaktadır. Dehidrinlerde ortak olarak bulunan son motif, bir sırada 5-7 Ser kalıntısı bulunduran ve Ser-Asp kalıntılarında önce gelen S-segmentidir.

Ayrıca, korunan bu üç motifin arasında bulunan, Φ segmenti adı verilen, sekansları ve uzunlukları korunmayan bir motif daha bulunmaktadır (Graether ve Boddington, 2014). Segmentlerin (Y-, S-, K-) düzenlenmesi değişkenlik gösterebilmektedir, fakat DHN'lerin yapısı genellikle, K_n , SK_n , K_nS , Y_nSK_n , ve Y_nK_n düzenlerinden biri şeklinde olmaktadır (Close, 1996).

Bitkilerde DHN'lerin kesin rolü henüz belirlenememekle birlikte birçok fizyolojik etki DHN'lerin varlığı ile ilişkilendirilmiştir. Dehidrinlerde bulunan belirli bir motifin varlığı ya da yokluğu, o proteinin hücredeki konumunu ve hangi abiyotik stresin o proteininin ifadesinde değişiklik yapabileceğini belirlemektedir (Graether ve Boddington, 2014). Birçok çalışma, DHN transkriptlerinin veya proteinlerinin birikimi ile donma, kuraklık ve tuzluluğa tolerans arasında pozitif bir ilişki olduğunu bildirmiştir (Rorat, 2006). Dehidrinler genellikle sitoplazmada ve nukleusta bulunsa da kloroplast, mitokondri ve plazma membranına yakın yerlerde de bulunmaktadır (Graether ve Boddington, 2014). Ayrıca, LEA' lar hem normal hem de dehidratasyon, soğuk ve yüksek tuzluluk gibi streslerin etkisindeki büyüme koşullarında, hemen hemen tüm vejetatif dokularda bulunmaktadır (Rorat, 2006).

Model bitkilerde fosforilasyon kaskadları ve spesifik transkripsiyon faktörleri yoluyla, birçok hormon, iyon ve diğer moleküllerin strese cevap veren genlerin düzenlenmesinde rol aldığı belirtilmektedir (Mahajan ve Tuteja, 2005). Böylece çok sayıda hücrenel bileşen (karbonhidratlar, poliaminler, amino asitler, HSPlar, LEA proteinler, iyon ve su kanalları) üzerinde de etkili olmaktadır. Bu bileşiklerin bir kısmı ozmoproteksiyon, homeostaz, protein katlanması, detoksifikasyon ve turgorun korunması gibi uyarlanabilir mekanizmalarda yer almakta ve böylece strese farklı hücre tepkileri verilmektedir.

Patates bitkisinde, tuz stresi altında, endojen inorganik besin seviyelerinde önemli değişiklikler olduğu bildirilmiştir. Tuz stresi, patates bitkisinin moleküler tepkilerini önemli ölçüde değiştirmektedir (Shahbaz vd., 2012). Örneğin, Legay vd. (2009) tuzluluğun fotosistem-I, fotosistem-II ve klorofil sentezi ile ilgili proteinleri kodlayan transkriptleri baskıladığını bildirmiştir. Bu baskılamaya ek olarak, ABA'ya bağımlı veya ABA'dan bağımsız yolaklar ve bitki savunma mekanizmalarında yer alan yolaklar da dahil olmak üzere çeşitli yolakların ifadesinin tuzlulukla arttığı bildirilmektedir (Shahbaz vd., 2012). Tuz

stresinin patates bitkisinde, abiyotik veya biyotik stres toleransına dahil olan proteinleri, örneğin HSP'leri, LEA proteinlerini, DHN'leri ve patogenezle ilişkili proteinleri aktive ettiği tespit edilmiştir (Legay vd., 2009).

Tuz toleransı zıt olan iki nohut genotipi CSG8962 ve HC5, tuz stresi (120 mM NaCl) koşullarında değerlendirilmiştir. Tuz stresinin, nohutta, tuz stresi sinyal yolunda çeşitli seviyelerde yer alan genleri/dizileri spesifik olarak uyardığı belirlenmiştir. Hücresel membranöz ağın ve membrana bağlı makromoleküllerin tuz stresi altında daha iyi korunduğunu vurgulayan LEA, spesifik olmayan lipid transfer proteini ve başka 219 genin/sekansın transkriptlerinin de CSG8962 genotipinde, HC5 genotipine kıyasla yüksek oranda indüklendiği tespit edilmiştir. Bu durumun ayrıca stresle artan İ.S.'ni ve TK'ni bastırduğu, daha fazla uyumlu çözünen birikimini desteklediği ve HC5'e kıyasla CSG8962'de daha iyi hücresel iyon homeostazını koruduğu belirlenmiştir (Singh vd., 2018a). Geç embriyogenez bağımlı (LEA) proteinler, etraflarında bir hidrasyon tabakası oluşturarak, makromoleküllerin abiyotik stresler altında doğal konformasyonunun korunmasında hayati rol oynayan bir grup hidrofilik proteinlerdir (Gu vd., 2012).

Tuz stresine (150 mM NaCl) maruz bırakılan *Solanum tuberosum* cv PS3 bitkilerinde, LEA proteinleri ve DHN'leri kodlayan stresle indüklenebilir genlerin ifadesinde artış tespit edilmiştir (Legay vd., 2009). Dehidrinler LEA proteinlerinin 2. grubuna aittir. Geç embriyogenez bağımlı proteinler, kuraklık, düşük sıcaklık ve tuzluluk gibi çevresel streslere yanıt olarak tohumlarda ve vejetatif aşamada ifade edilmektedir (Rorat, 2006). Ayrıca, Schafleitner vd. (2007), patates bitkisinde DHN'lerin ifadesinin kuraklığa toleransla bağlantılı olduğunu belirtmiştir. Bununla birlikte Hundertmark ve Hinch (2008) da LEA proteinlerinin, bitkilerdeki kuraklık toleransının ana bileşeni olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, LEA genlerinin promotör bölgeleri, stres tepkilerinde LEA genlerinin etkisini destekleyen, hem ABRE (ABA duyarlı eleman) hem de DRE/CRT (dehidrasyona duyarlı eleman) içermektedir (Legay vd., 2009).

Farklı tuz konsantrasyonlarında (0, 100, 300, 500 mM NaCl) altı hafta süre ile yetiştirilen *Chenopodium quinoa* cv. Hualhuas bitkilerinden elde edilen tohumlarda yapılan immüno blot analizlerinde, 55, 50, 34, 30 kDa büyüklüğünde dört yeni DHN bandı tespit edilmiştir (Burrieza vd., 2012). Yüksek tuz konsantrasyonlarında (300 ve 500 mM NaCl) 30

kDa' luk DHN proteininin düşük konsantrasyonlara kıyasla %50 daha fazla biriktiği tespit edilirken, 39 kDa' luk beşinci bir bandın ise zayıf olarak görüldüğü belirlenmiştir (Burrieza vd., 2012).

Hordeum vulgare cv. Tadmor' da ve halofitik yabancı arpa *H. marinum* bitkilerinde tuz stresinin DHN proteinlerinin birikmesine yol açtığı saptanmıştır. Her iki arpa türü de tuzluluğa yanıt olarak yüksek ve düşük moleküler ağırlıklı DHN proteinleri biriktirmiştir. Bununla birlikte, saptanan DHN bantlarının sayısı ve konumu türler arasında farklılık göstermiştir. *H. vulgare* cv. Tadmor, 82 kDa' lık DHN5 bandına karşılık gelen DHN bandı ile 26, 21, 19 ve 18kDa' lık dört düşük molekül ağırlıklı DHN biriktirmiştir. Buna karşılık, *H. marinum* 99 ve 74kDa' luk iki yüksek molekül ağırlıklı DHN bandı ile beş düşük molekül ağırlıklı (23, 21, 20, 19 ve 18kDa) DHN bandı ortaya konmuştur. Her iki türde de yaprak dokularında taç dokularına kıyasla anlamlı derecede daha yüksek bir DHN birikimi bulunmuştur (Maršálová vd., 2016). Zeytinde, 40 kDa ve 42 kDa' luk DHN'lerin ekspresyon seviyeleri çeşitli stres faktörlerine (dehidrasyon, yüksek tuzluluk ve yaralama dahil) yanıt olarak artmasına rağmen, 16 kDa ve 18 kDa DHN'ler esas olarak tuz stresi tarafından indüklenmiştir (Tripepi vd., 2011).

Yapılan çalışmalar DHN'lerin membranlarla etkileşime girebildiğini ortaya koymaktadır. Bu çalışmalar, DHN'lerin membrana bağlanmasının yapının geri kazanımını takiben gerçekleştiğini, bu durumun kendiliğinden dağılık DHN'lerin bir membran yüzeyine bağlandıktan sonra yapısını kazandığını göstermektedir (Koag vd., 2009).

Nylander vd. (2001) *Arabidopsis*'te yaptıkları immüno blotlama analizinde tanımladıkları beş DHN setinden üçünün sadece soğuğa, birinin ise sadece ABA'ya yanıt olarak ifadesinin arttığını belirlerken beşinci DHN'in tuz ve soğuk stresinde yapısal olarak ifade edildiğini tespit etmişlerdir.

Tuz stresine maruz bırakılan patateslerin proteom analizi, nispeten tuza duyarlı olmasına rağmen, spesifik proteinlerin ifadelerini arttırarak veya düşürerek tuz stresine cevap verebildiğini ortaya çıkarmıştır. Patates bitkilerinde, fotosentez ve protein biyosenteziyle ilişkili proteinlerin ifadelerinin azalması, bu proteinlerin tuz stresinden etkilendiğini doğrulamaktadır. Buna karşılık, ozmotin benzeri proteinlerin, HSP'lerin,

kalretikülünün, LEA proteinlerinin ve patatestte bazı yeni proteinlerin ifadesinin artışı, bu proteinlerin patatestte tuz toleransına etki edebileceğini düşündürmektedir (Sobhanian vd., 2011).

Charfeddine vd., (2017), patates bitkisinden DHN'leri (StDHN2a, StDHN1, TAS14, StDHN25 ve StLEA27) kodlayan beş tam uzunlukta cDNA tanımlamışlardır. Tanımlanan DHN'lerin, serin amino asitlerini içeren S-segmenti ve lizince zengin bir K-segmentinden oluştuğu belirlenmiştir. Üç DHN grubunun (StDHN1, TAS14 ve StLEA27) ise Y segmentleri içerdiği saptanmıştır. Yapılan *in silico* analizinde bu StDHN dizilerinin diğer *Solanum* türlerine ait DHN proteinleri ile yüksek homoloji paylaştığı tespit edilmiştir. Kantitatif RT-PCR kullanılarak yapılan gen ifadesi analizi sonucunda, tanımlanan DHN'lerin ifadelerinin dehidrasyon ve tuzluluk ile arttığını rapor etmişlerdir.

Tuz stresine uyum hem tüm bitki düzeyinde hem de hücresele seviyede, karmaşık bir süreçtir ve protein ifadesinde değişikliklere yol açan gen ifadesinde değişiklikler gerektirir (Parker vd., 2006). Mikrodizi teknolojisi kullanılarak yapılan transkriptom analizleri, stres sonucu oluşan genlerin, ürünlerinin fonksiyonlarına göre iki gruba ayrılabilceğini ortaya koymuştur. Birinci grup, membranlar arasında su hareketini sağlayan membran proteinleri (kanal proteinleri ve membran taşıma proteinleri); osmolit (prolin, betain ve şekerler, vb.) biyosentezi için gerekli olan temel enzimler; hücresele, fizyolojik veya biyokimyasal metabolizmanın normal seviyesini korumayı sağlayan detoksifikasyon enzimleri ve makromoleküllerin korunmasına yönelik diğer proteinler (LEA proteini, osmotin, antifriz proteinleri, şaperonlar ve mRNA bağlayıcı protein, vb.) gibi fonksiyonel proteinlerden oluşmaktadır. İkinci grup, transkripsiyon faktörleri ile protein kinazlar gibi düzenleyici proteinleri ve sinyal transdüksiyonu ve gen ifadesinin düzenlenmesinde rol alan proteinazları içermektedir (Zhu vd., 2001).

Moleküler biyoloji ile ilgili araçlar, tuza toleranslı patates çeşitlerinin üretilmesi için büyük umut vaat etmektedir. Bu amaçla, ürünleri tuz toleransında görev alan genleri belirlemeye ihtiyaç vardır (Heuer ve Nadler, 1998; Shahbaz vd., 2012). Tuza tolerans sağlayan genleri tanımlamak için, kromozomların genom çapında genetik ve fiziksel haritalanması, genlerin izolasyonu ve dizi analizi, mikrodizi analizi ve proteomik tekniklerin büyük kolaylık ve hassasiyetle etkili bir şekilde kullanılması gerekmektedir (Shahbaz vd.,

2012). Diğer taraftan genetik mühendisliği yoluyla tuza dayanıklı patates çeşitleri üretmek için de çaba gösterilmektedir. *Arabidopsis thaliana*' dan Desiree çeşidine aktarılan stresle indüklenen rd29A (responsive to dessication-kurumaya duyarlı 29A) promotörü ve genellikle çoklu abiyotik stres toleransı sağlayan DREB1A (dehidrasyona duyarlı element bağlayıcı) geninin tuz stresine tolerans sağladığı, Celebi-Toprak vd. (2005) tarafından belirlenmiştir. Yapılan çalışmada, tuz stresine tolerans ile DREB1A geninin nispi ifadesi arasında pozitif korelasyon olduğu tespit edilmiştir (Celebi-Toprak vd., 2005). Başka bir çalışmada Hamdi vd. (2009), tuz stresi altında bakteriyel katalaz (CAT) genini ifade eden transgenik patates hatlarının klorofil içeriklerinin ve verimlerinin transgenik olmayanlara oranla daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Bu hatların tuz stresine tolerans mekanizmasının bakteriyel CAT geninin ifadesi ile bağlantılı olduğu ve bu genin ifadesinin fazla olduğu hatlarda, yüksek klorofil miktarı ve patates verimi ile toleransın daha iyi olduğu rapor edilmiştir (Hamdi vd., 2009).

2.4. *Rhizoctonia solani* Kühn *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk ve Etkileri

Rhizoctonia solani patates bitkisinde (*Solanum tuberosum*) ilk defa Julius Kühn tarafından 1858 yılında tanımlanmıştır. *Rhizoctonia solani* Kühn *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk (teleomorph)'un aseksüel, anamorf bir formudur (Anees vd., 2010). *R. solani* toprak kaynaklı bir patojendir (Tsrör, 2010; Kumar vd., 2017).

Rhizoctonia solani, yem, şeker, yağlı tohum, süs bitkileri de dahil olmak üzere her türlü mahsulde, tüm dünyada hastalığa neden olmaktadır ve geniş bir konukçu spektrumuna sahiptir (MacNish ve Neate, 1996; Demirci, 1998; Pascual ve Hyakumachi, 2000; Anees vd., 2010). Bununla birlikte, konukçu aralığının genişliği, anastomoz grupları (AG)'na göre değişiklik göstermektedir. *R. solani*, aseksüel spor üretmeyen bir fungustur ve bu nedenle uzun mesafelere dağılmasının bir yolu bulunmamaktadır (Ogoshi, 1996). Basidiospor adı verilen eşeyssel sporlar nadiren üretilmektedir ve sporları olmamasına rağmen, *R. solani*, kompakt bir misel kütleleri veya dinlenme durumundaki miselleri içeren sklerotia oluşturarak elverişsiz koşullarda hayatta kalmaktadır (Sumner, 1996). Tohumla taşınan diğer patojenler gibi *R. solani*'nin uzun mesafeli yayılımı, kontamine tohumluk patates yumruları ile sağlanmaktadır. Hastalık bir kere toprağa bulaştıktan sonra, patojenin miselyum ve sklerotları ek bir birincil inokulum kaynağı sağlayabilmektedir (Kumar vd., 2017).

Rhizoctonia solani karmaşık bir türdür (Carling vd., 2002). *Rhizoctonia* türlerinin anamorfik sınıflandırması hücrenin çekirdek durumuna (çok-, bi-, uni- çekirdekli) göre ve hiflerin test izolatlarıyla anastomoz yapma yeteneğine göre intraspesifik olarak yapılır (Sneh vd., 1991; Carling vd., 2002; Anees vd., 2010). Günümüze kadar on dört (AG-1- AG-13 and AG BI) farklı genetik anastomoz grubunun var olduğu bilinmektedir (Anees vd., 2010). Anastomoz grupları ayrıca, kültür morfolojisi, patojenite, konukçu aralığı, beslenme gereksinimleri ve/veya biyokimyasal ve genetik özellikler temelinde alt gruplara ve alt gruplar da alt kümelere ayrılmaktadır (Kuninaga vd., 2000; Carling vd., 2002; Tsror, 2010).

Dünyanın farklı yerlerinden alınan örneklerde, AG-1 ve AG-2' nin (Yanar vd., 2005a), AG-4' ün (Virgen-Calleros vd., 2000) ve AG-5' in (Virgen-Calleros vd., 2000; Woodhall vd., 2008) patateslerde daha az görüldüğü ve genellikle daha az hasara neden olduğu belirtilmektedir. Anastomoz Grup-3 (AG-3), patatesten siyah kabukluk hastalığının ana sebebi olarak gösterilmektedir (Woodhall vd., 2008; Fiers vd., 2011). Siyah kabukluk yumrulara fiziksel olarak ciddi zararlar vermemesine karşın yumruların pazar değerini önemli ölçüde azaltmaktadır (Banville vd., 1996). Ayrıca kök boğazı nekrozuna da sebep olmaktadır (Woodhall vd., 2008). Köken itibari ile AG-3, sadece patateslerde hastalığa neden homojen bir populasyon olarak tanımlansa da bu grubun üyelerinin domates ve tütün bitkilerini de enfekte ettiği gösterilmiştir (Misawa ve Kuninaga, 2010). Yapılan çalışmalar sonucu AG-3, iç transkribe olan boşluk (ITS) sekanslarındaki varyasyona göre, AG-3PT (patates tipi) ve AG-3TB (tütün tipi) (Kuninaga vd., 2000) ile AG-3TM (domates tipi) (Misawa ve Kuninaga, 2010) olmak üzere üç alt gruba ayrılmıştır. Diğer AG' lere (AG-2, AG-4, AG-5, AG-7, AG-8 ve AG-9) ait izolatlar, dünyanın farklı bölgelerinde patates hastalıkları ile ilişkilendirilmektedir, ancak AG-3' e kıyasla çok az zararlanmaya neden olduğu rapor edilmektedir (Woodhall vd, 2008). Patates üzerindeki en agresif AG, AG-3'tür ve kök, stolon ve ana gövdenin toprak altı bölümlerine etki etmektedir (Carling ve Leiner, 1990).

Hastalığın semptomları patates bitkisinin hem toprak altı hem de toprak üstü kısımlarında bulunmaktadır. Patates bitkisinde *R. solani*' nin neden olduğu iki tür semptom vardır. Bunlar; *Rhizoctonia* hastalığının en belirgin işareti olan yumrularda siyah renkli sklerotların varlığı (siyah kabukluk) ve toprak yüzeyinin altındaki gövde ve stolonlarda kahverengi, nekrotik lezyonlar (kök boğazı nekrozu) olarak ortaya çıkan diğer belirtilerdir.

Teleomorphun hymeniaları, gövdenin toprak yüzeyine yakın kısımlarında oluşmaktadır. Hymenia bitkiye zarar vermez, ancak içlerinde bulunan basidiosporlar sonraki enfeksiyonların kaynağı olarak görev yapabilmektedir (Banville vd., 1996). Diğer enfeksiyon belirtileri arasında zayıf ve düzensiz sürgünler, erken ölme, kesilmiş stolon ve filizler, kök, gövde ve stolonlarda lezyonlar, rozet görünümü, yumrunun göbek kısmında nekroz, yumru kabuğunun kırışması, çatlamış ve biçimsiz yumru oluşumu yer almaktadır (Carling vd., 1989).

Rhizoctonia hastalık kompleksi patates bitkilerinde hem kantitatif hem de kalitatif hasara sebep olmaktadır. Kantitatif kayıplar gövde, stolon, köklerin enfekte olması sonucu yumru büyüklük ve sayısının etkilenmesinden kaynaklanmaktadır (Tsrör, 2010). Enfekte olan bitkiler genellikle ya çok sayıda küçük yumrular veya birkaç büyük boy yumru oluşturmaktadır (Kumar vd., 2017). Kalitatif kayıplar ise yumru yüzeyinde oluşan sklerotlar ve biçimsiz yumru oluşumu sebebi ile gerçekleşmektedir (Tsrör, 2010; Kumar vd., 2017). Yumruların zararlanması, özellikle ince derili yıkanmış yumrulara kaliteyi önemli ölçüde azalttığı için önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır. *Rhizoctonia solani*'nin her ne kadar %5 ila %10 arasında verim kaybına neden olduğu bildirilse de (Errampalli ve Johnston, 2001) Record patates çeşidi ile yapılan bir çalışmada beş farklı lokasyonda 4 farklı yılda yapılan hasat sonucunda *R. solani*'nin toplam verimi %4-%30 arasında değiştirdiği, bunun içinde 40-70mm büyüklüğündeki patateslerde %14-%33 verim kaybı olurken, çok büyük yumru (>70mm) sayısının nadiren arttığı belirlenmiştir (Hide ve Horrocks, 1994).

Rhizoctonia solani, kök ve sürgünden salınan eksüdalara cevap olarak, patates bitkisinin toprak altı yüzeyini kolonize etmektedir (Jeger vd., 1996). Anastomoz yapan hif ağları oluşturmak için kök sisteminde ve/veya stolonlarda çoğalmaktadır. Kolonizasyon fazı sırasında, enfeksiyon yapıları oluşmadığı sürece konukçu bitkide hastalığa ait bir semptom görülmemektedir (Kumar vd., 2017). Enfeksiyonun erken aşamaları, vejetatif hifin art arda dallanması ile başlamakta ve enfeksiyon yastıklarına yol açan kısa şişmiş hücrelerin oluşumuyla sonuçlanmaktadır (Keijer, 1996). Enfeksiyon yastıklarının, kök ve stolon lezyonlarını indüklemenin ön şartı olduğuna (Keijer vd., 1997) ve bitkinin daha fazla kolonizasyonu için tamamlayıcı besin temeli olarak hizmet ettiğine inanılmaktadır (Keijer, 1996). Enfeksiyon işlemi hem mekanik hem de enzimatik olarak gerçekleşir. Enfeksiyon

sırasında kullanılan enzimler; DNAz, RNAz, lipaz, amilaz, selüloz, kitinaz, pektinaz, pektin, liyaz, β -glukanaz, proteaz ve üreaz olarak sıralanabilmektedir (Bertagnolli vd., 1996).

R. solani olumsuz çevre koşullarında yaşamını sürdürebilmektedir. Olumsuz ekolojik koşullar, hassas bir konağın yokluğunu, besin eksikliğini, mikroflora ile rekabet etmeyi içerebilmektedir. Bu koşullar birbirine bağımlıdır ve birbirinden ayrı düşünülmemelidir (Anees vd., 2010). Her ne kadar AG-3, geniş bir sıcaklık aralığında (5 ila 25 °C) virulent olsa da diğer AG'lerin genellikle daha az zarar verdiği, özellikle 10 ila 15 °C' de daha agresif olduğu tespit edilmiştir (Carling ve Leiner, 1990). Diğer taraftan, sulamanın toprak kaynaklı hastalıklar üzerinde farklı etkileri bulunmaktadır. Sulama zamanı ve sıklığının yumru oluşumunun ve yumrulara hastalığın başlangıcıyla ilişkisi incelendiğinde; sulamanın patates yumru hastalıklarının gelişimini belirleyen faktörlerden biri olduğu görülmektedir. Düşük sıcaklık ve yüksek toprak neminin kök boğazı nekrozu enfeksiyonu için ideal olduğu bildirilmektedir (Hide ve Frienger, 1989).

Duyarlı bir konukçu bitkinin varlığı, *R. solani* hastalığının gelişmesi için gerekliken, hastalığın yayılma derecesi, bitki popülasyonunun duyarlılık derecesine bağlıdır. Eğer duyarlılık derecesi bir popülasyon içindeki bitkiler arasında değişiyorsa, duyarlı ve dirençli bitkilerin oranı, hastalığın yayılmasının sonucunu belirlemektedir. Patojenin tüm alanda yayılmasını sağlayabilecek hassas bitki sayısının bir eşik değeri bulunmaktadır (Anees vd., 2010). Yeterli dirence sahip bitkilerin varlığı (eşik yoğunluğu), patojen fungusların yayılmasını tamamen engelleyebilir (Otten vd., 2004). Bitkinin yaşına bağlı olarak oluşan değişiklikler (Gibson vd., 1999) de dahil olmak üzere, bitkinin genetik yapısı (Fu vd., 2005) ve çevresel faktörler (Shehata vd., 1984) gibi bitkilerin duyarlılığını değiştirebilecek faktörleri bilmek önem taşımaktadır. Dirençli çeşitlerin kullanımı tarlalarda *R. solani* hastalığının kontrolünü arttıracaktır. Çeşitler arasında duyarlılık farklılıkları görülebilmese rağmen, dirençli çeşitler tanımlanmamıştır veya geliştirilmemiştir (Tsrör, 2010).

R. solani'ye bağlı olarak patates bitkisinde kök boğazı çürüklüğü ve stolonların kesilmesinin incelendiği çalışmada erkenci çeşitlerden Eersteling, Ostara, Vindika, Saska; geçici çeşitlerden Multa, Alpha, Amigo, Baraka kullanılmıştır ve olgunlaşma dönemi ile hastalığa dayanıklılık arasında bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Şiddetli ve çok şiddetli kök

ve stolon ataklarının, yumruların taze verimini, kuru madde verimini ve kuru madde içeriğini azalttığı, deforme olmuş ve küçük yumruların sayısını arttırdığı, halum verimi ve kök sayısı üzerinde çok az etkili olduğu tespit edilmiştir. Patates çeşitlerinin *R. solani*' ye duyarlılıkları farklı olmasına rağmen, verimin çeşitler arasında enfeksiyonla aynı ölçüde farklılık göstermediği belirtilmiştir. *R. solani*, Ostara çeşidinde daha şiddetli bir hastalığa sebep olmuş ve enfekte bitkilerin veriminde çok fazla değişiklik saptanmıştır. Çeşitler arasında hastalık insidansında da farklılıklar tespit edilmiştir. Amigo çeşidi diğer çeşitlerin çoğundan daha az enfekte olurken, cv. Eersteling'in çok duyarlı olduğu gözlenmiştir. Iskartaya ayrılan küçük yumruların sayısının, çok şiddetli etkilenen Eersteling ve Alpha için yüksek, ancak Baraka çeşidi için çok düşük olduğu belirlenmiştir (Scholte, 1989).

Olanya vd. (2009) *R. solani* AG-3 ile inoküle ettikleri 20 patates çeşidinde ait yumru parçalarında 60 gün sonra, kök boğazı ve köklerde oluşan lezyonları değerlendirmiştir. Hasat edilen yumrularda da siyah kabukluk insidansı ve yumru sayıları belirlenmiştir. Inoküle edilmiş ve kontrol olarak değerlendirilmiş bitkilerde, klonlar arasında, kök boğazı ve kök çürüklüğü insidansı bakımından önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Kök boğazı çürüklüğü insidansı ve şiddeti ile gövde ve kök lezyonlarının sayısının yumruların siyah kabuk insidansı ile anlamlı derecede ilişkili olmadığı belirlenmiştir. İki yıl tekrarlanan denemede, *R. solani*'nin sürgün çıkışını ortalama %14-20 azalttığı tespit edilmiştir. Kontrol bitkilerine kıyasla sürgün çıkışındaki farklılıkların çeşitlere göre farklılık gösterdiği ve bu farklılığın %0-50 arasında değiştiği belirlenmiştir. AF1337-2, AF1424-1, AF1475-20, AF1552-5 gibi bazı patates klonlarının sürgün çıkış oranlarının *R. solani* uygulamasından etkilenmediği tespit edilmiştir. Russet Burbank çeşidinin çıkış-insidans-hastalık şiddeti yüzdelerinin sırasıyla 12,5-17,7-0,1 olduğu belirlenirken Superior çeşidinde ise bu değerlerin 12,5-44,6-0,4 olduğu belirtilmiştir.

Adora, Arinda, Cardinal, Dheera, Diamant, Heera, Kuroda, Multa, Prelude, Raja, Patronies, 44, 37, 140, 430, 93.314, 93.316, 93.319, 87.12, 88.163, 94.42, 94.66, 384011.3, 384091.11 ve 384558.10 patates genotipleri *R. solani* BTB115' e karşı test edilmiştir. Yapılan tarama sonucunda, *R. solani*' ye dirençli bir genotip bulunamamıştır. Hastalık şiddeti önemli ölçüde değişmesine rağmen, hiçbir genotip, *R. solani*' ye karşı hastaliksız yumru oluşumu belirlenmemiştir. Sadece altı germplazmın orta derecede dirençli olduğu, Cardinal, Diamant ve Heera'nın ise oldukça hassas çeşitler olduğu saptanmıştır. Arinda,

Raja, 94.42, 94.66, 384011.3, 384091.11, orta dirençli (%20-40 hastalık oranı); Adora, Dheera, Kuroda, Multa, Prelude, Patronies, 44, 37, 140, 430, 93.314, 93.316, 93.319, 87.12, 88.163, 384558.10 az dirençli (%40-60 hastalık insidansı); Cardinal, Diamant, Heera çeşitlerinin ise son derece duyarlı (%60' tan fazla hastalık insidansı) olduğu rapor edilmiştir. 88.163, Adora ve Kuroda'da yaklaşık %53 hastalık insidansı hesaplanırken en düşük insidansın Raja' da olduğu belirlenmiştir. En yüksek yüzde hastalık indeksi Diamant'ta kaydedilirken, en düşük yüzde hastalık indeksi 94.42'de tespit edilmiştir. En yüksek verim Raja çeşidinde, en düşük verim ise 140 nolu genotipte saptanmıştır (Khandaker vd., 2011).

Atiq vd. (2013), yirmi patates genotipini (Cardinal, Desiree, SL 5-2, SL 1-4, SL 1-21, FD 35-25, FD 74-51, FD 74-28, FD 78-51, FD 74-33, FD 76-48, SL 1-13, SL 1-22, SL 3-21, FD 76-55, FD 73-75, FD 76-77, FD 74-40, FD 74-47, FD 43-49) siyah kabuk hastalığına karşı taramışlardır. Bu yirmi genotip arasından *R. solani*' ye karşı dirençli bir genotip belirlenmemiştir. En yüksek filizlenme yüzdesinin Cardinal'de (%73) ve en düşük sürme yüzdesinin Desiree' de (%27,3) bulunduğu açıklanmıştır. Minimum hastalık oranının (%0,9) ve şiddetinin (%1) Cardinal çeşidinde olduğu, 9 patates çeşidinin ise orta derecede dirençli olduğu tespit edilmiştir. Yedi patates çeşidinin orta derecede duyarlı olduğu belirlenirken %70,5 hastalık insidansı ve %4,7 hastalık şiddeti ile Desiree çeşidinin oldukça duyarlı tepki gösterdiği rapor edilmiştir. Sera koşullarında siyah kabukluk hastalığına karşı on beş patates çeşidi tarandığı başka bir çalışmada ise Cardinal çeşidinin dirençli, Desiree çeşidinin ise patojene karşı oldukça duyarlı olduğu belirlenmiştir (Rauf vd., 2007). Naz vd. (2008) Desiree patates çeşidinin *R. solani*' ye karşı yüksek duyarlılık gösterdiğini bildirmiştir.

Yanar vd. nin (2005a) 12' si yerel, 16' sı tescilli toplam 28 adet patates çeşidinin *R. solani*'ye reaksiyonlarını belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmanın sonuçlarına göre; Jaerla, Moreno ve Batum patates çeşitlerinde siyah kabukluk oranı yaklaşık %30-38 ile diğer çeşitlere göre yüksek bulunurken; Aybastı Beyazı, Agria, Trabzon Yaylabaşı ve Gürgentepe Sarısı çeşitlerinde %0,2-1,5 olarak belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan diğer çeşitlerde ise hastalık oranının %2,4 ile %16 arasında değiştiği belirtilmiştir. Türkiye'nin değişik bölgelerinde yetiştirilen birçok yerel patates çeşidinin *R. solani*'ye reaksiyonları bilinmemektedir. Bununla birlikte, dünyada da bu konuda sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Çeşitlerin, *R. solani*' nin neden olduğu kök boğazı çürüklüğüne ve siyah

kabukluk enfeksiyonlarına karşı gösterdikleri reaksiyonlar farklı olabilmektedir. Bir patates çeşidi kök boğazı enfeksiyonuna duyarlı iken, yumru enfeksiyonuna daha dayanıklı olabilmekte veya bunun tersi de söz konusu olabilmektedir (Yanar vd., 2005b).

Patates bitkilerinin *R. solani*' ye verdikleri tepki 11 farklı AG izolatu kullanılarak belirlenmiştir. Dikimden 6 hafta sonra (yumru başlangıç aşamasında) kök boğazı çürüklüğünün etkileri belirlenmiştir. Toplam yirmi iki yerel ve ticari patates çeşidi içerisinde Batum, Carlita, Gürgentepe-beyazı, Liseta, Rus-beyazı ve Jaerla çeşitlerinin hassas, Alleddin-sarı, Victoria, Aybastı-beyazı, Romanya-beyazı ve Gölköy çeşitlerinin ise dirençli çeşitler içinde yer aldığı tespit edilmiştir. Duyarlı çeşitlerde filizlenme sonrası sürgün ölümü, dirençli çeşitlerde ise sap ve stolonlara dağılmış küçük yüzeysel lezyonlar görülmüştür (Yanar vd., 2005b).

Mevcut hastalık kontrolü, kültürel uygulamaları, zirai kimyasalların kullanımını ve konak direncini bütünleştirmektedir. Ancak, kültürel kontrol uygulamaları şu anda *R. solani*' yi kontrol etmek için yetersizdir ve agrokimyasalların *R. solani*' ye karşı etkinliği değişebilmektedir, bu durum sınırlı ve tutarsız bir kontrole sebep olmaktadır (Virgen-Calleros vd., 2000; Abd El-Aziz vd., 2013). Bu nedenle, bu hastalığı kontrol etmenin anahtarı, daha etkili hastalık yönetimi sağlamak için genetik direncin tanımlanması ve arzu edilen özelliklere sahip patates çeşitlerine dahil edilmesidir (Gudmestad vd., 2007). Draga, Kara, Elmas, Hermes, Nicola, Spunta, Mondial, Monalisa ve Lady Rosetta patates çeşitleri kullanılarak yapılan bir sera denemesinde bitkilerde kök boğazı çürüklüğü insidansı belirlenmiştir. Enfeksiyon yüzdeleri, %45-56 arasında değişiklik göstermiştir. Lady Rosetta çeşidi %55,41 oranı ile en hassas, Hermes çeşidi ise %45,40 ile en dayanıklı çeşitler arasında yer almıştır (Abd El- Aziz vd., 2013).

Dokuz patates çeşidinin (Alaska, Arinda, Atlas, Daisy, Elodie, Mondial, Safrane, Spunta, Tango) *R. solani*' ye karşı göreceli duyarlılığı hem doğal yumru enfeksiyonu hem de yapay kültür inokulasyonu ile test edilmiştir. Her iki inokulasyonda da enfekte olmayan kontrollere kıyasla, tüm bitkiler, değişen derecelerde, *Rhizoctonia* kök boğazı çürüklüğü ve siyah kabukluk semptomları göstermiştir. Ancak tamamen bağışıklık gösteren çeşit tespit edilmemiştir. Hem doğal hem de yapay *R. solani* enfeksiyonu altında Spunta ve Elodie çeşitlerinin bu patojene en duyarlı olduğu, Alaska ve Daisy çeşitlerinin ise en toleranslı

olduğu belirtilmiştir. Ancak çeşitlerin hiçbirinin bu hastalığa tamamen dirençli olmadığına dikkat çekilmiştir (Daami-Remadi vd., 2008).

On bir ileri ıslah hattı (TPS-9801, TPS-9813, TPS-9802-3, TPS-9805, TPS-13, TPS-9803, CIP-393574-61, CIP-394028-37, SH-53, SH-103, SH-216-A) ve üç ticari patates çeşidi (Kardinal, Diamant ve Desiree) *R. solani* AG-3, izolat CL-58'e karşı direnç bakımından taranmıştır. Gözlerin filizlenme inhibisyonu ve filiz ölümü yüzdelerinin hatlar/çeşitler arasında değişiklik gösterdiği belirtilmiştir. En yüksek göz filizlenme inhibisyonu ve filiz ölümü, sırasıyla %75 ve %53,3 ile Desiree çeşidinde belirlenmiştir. Cardinal çeşidinde (%29,6) ve CIP-393574-61 hattında (%39,8) sırasıyla en az çimlenme inhibisyonu ve filiz ölümü oranları %12,2 ile %14,28 olarak tespit edilmiştir. En şiddetli kök boğazı çürüklüğü hastalığı Desiree'de %70,4 ve SH-216-A' da %70 hastalık indeksi ile gözlenirken, Cardinal çeşidi ve CIP-393574-61 hattında daha az kök boğazı çürüklüğü gözlenmiştir (Naz vd., 2008).

Mohsan vd. (2016) tarafından 18 patates varyetesi/çeşidi tarla koşullarında siyah kabukluk hastalığına karşı değerlendirilmiştir. Bu on sekiz varyete/çeşit arasından herhangi tam dirençli bir varyete/çeşit bulunmamıştır. Üç varyetenin (FD 74-21, FD 73-73 ve SL 15-10) yüksek oranda dirençli olduğu, sadece bir varyetenin (FD 61-3) orta derecede dirençli olduğu ve altı varyetenin/çeşidin (Simply Red, FD 63-1, SL 5-2, SL 9-4, FD 78-51 ve SL 14-15) orta derecede duyarlı olduğu belirlenmiştir. Sekiz varyete/çeşit ise (FD 71-1, FD 77-4, SL 15-10, FD 78-36, FD 76-67, Sante, FD 35-36, FD 76-18) siyah kabukluk hastalığına karşı duyarlı reaksiyon sergilemiştir.

2.5. Bitki-Patojen İlişkilerinde Karbonhidratların ve Proteinlerin Rolü

Fitopatojen enfeksiyon, savunma programlarının uyarılmasına bağlı olarak ikincil metabolizmada ve ayrıca bitkinin büyümesini ve gelişmesini etkileyen birincil metabolizmada değişikliklere yol açmaktadır. Bu nedenle, patojen saldırısı, bitkinin hastalığı veya ölümü ile sonuçlanmayan etkileşimlerde bile ürün ve verim kayıplarına neden olmaktadır. Savunma tepkilerinin düzenlenmesi onlarca yıldır yoğun bir şekilde incelenmesine rağmen patojen enfeksiyonunun bitkilerin primer metabolizması üzerindeki etkileri hakkında daha az şey bilinmektedir. Son zamanlarda, bu araştırma alanına ilgi

artmakta ve farklı bitki-patojen etkileşimlerinin, fotosentez, asimilat paylaşımı ve kaynak-enerji ihtiyacı olan doku düzenlemesinin yönleri araştırılmaya başlanmıştır. Benzer şekilde, fitopatolojik çalışmalarda da iyi düzenlenmiş enfeksiyon mekanizmalarını aydınlatmak için enfekte olmuş dokuların fizyolojik durumu da dikkate alınmaktadır (Berger vd., 2007).

Bitki patojenleri arasında mantarlar, bakteriler, oomisetler ve virüsler bulunmaktadır. Patojenler, bir bitkiyi istila etmek, bitki üzerinden beslenmek ve üremek için farklı stratejiler geliştirmiştir (Oliver ve Ipcho, 2004). Biyotrofik patojenler büyüme ve üreme için canlı dokuya ihtiyaç duymaktadır; birçok etkileşimde doku, enfeksiyonun geç evrelerinde (hemi-biyotrofik patojenler) ölmektedir. Aksine, nekrotrofik patojenler, enfeksiyonun başlangıcında konukçu dokuyu öldürmekte ve ölü doku ile beslenmektedir. Virüsler, genel olarak, beslenme için canlı dokuya ihtiyaç duyarken, bakteriler ve mantarlar arasında biyotrofik ve nekrotrofik olanlar bulunabilmektedir (Berger vd., 2007).

Patojenler ayrıca buldukları ortama ve enfekte ettikleri dokulara göre sınıflandırılabilirler. Yaygın bir sınıflandırma, patojenin birincil hedefi olarak toprak üstü ve altı dokularını hedef almasına göre yapılmaktadır. Bununla ilgili olarak, toprak üstü doku yeşil, asimilat üreten doku, tipik olarak kaynak yaprak veya çiçekler gibi asimilat tüketen dokular olabilmektedir. Kaynak dokuyu enfekte eden patojenler, asimilat üreten dokular veya kök, çiçek gibi yüksek enerji ihtiyacı olan dokulara bulaşan patojenlere kıyasla savunma tepkilerinin yanı sıra primer metabolizmayla ilgili farklı koşullarla karşılaşmaktadır. Bitkiler, önceden oluşturulmuş ve uyarılmış savunma mekanizmaları dolayısıyla mikroorganizmaların çoğuna dayanıklıdır. Mikroorganizmaların varlığının belirlenmesi, savunma tepkilerinin etkinleştirilmesi için ilk adımdır (Berger vd., 2007).

Patojenlerle veya patojenik olmayan mikroorganizmalar veya elisitörlerle temas halinde, iyon akışı, proteinlerin fosforilasyonu/defosforilasyonu ve salisilik asit, jasmonik asit, etilen ve ROS gibi sinyal moleküllerinin üretimi aktive edilir. Bu, gen ifadesinin düzenlenmesine ve savunma yanıtlarının uyarılmasına, örneğin hücre duvarının güçlendirilmesine ve fitoaleksinler ile patogenezele ilişkili proteinlerin (PR) birikmesine yol açmaktadır (Garcia-Brugger vd., 2006). Patojenlerle temasın bitki birincil metabolizmasını değiştirmesinin açık nedenleri bulunmaktadır (Heil ve Bostock, 2002; Swarbrick vd., 2006).

Savunmanın indüklenmesi asimilatlarla olan ihtiyacın artmasına neden olmaktadır. Buna ek olarak, patojen, bitki karbonhidrat metabolizmasını kendi ihtiyacı için manipüle etmeye çalışmaktadır, örneğin *Agrobacterium tumefaciens* ile enfekte olan bitkilerde opin üretimi görülmektedir. Besin maddelerinin patojen tarafından çekilmesi, bitkinin asimilat ihtiyacını daha da arttırmaktadır. Ayrıca, patojen enfeksiyonu genellikle klorotik ve nekrotik alanların gelişmesine ve fotosentetik asimilat üretiminde bir azalmaya yol açmaktadır (Berger vd., 2007). Fotosentezin azalması ve aynı anda asimilat talebinin artması, bitki-patojen etkileşimleri sırasında kaynak dokunun enerji ihtiyacının artmasına yol açmaktadır. Enfekte yapraklarda enerji ihtiyacının indüklendiğinin bir göstergesi, CWB-INV aktivitesinin artmasıdır. Bitki-patojen etkileşimlerinde; *A. thaliana*-*Pseudomonas syringae* (Bonfig vd., 2006) ve arpa-külleme (Swarbrick vd., 2006), CWB-INV ifadesinde ve aktivitesinde artış olduğu rapor edilmiştir. Benzer şekilde, tütün-*Phytophthora nicotianae* etkileşiminde, enfekte olmuş kaynak dokulardan (yapraklardan), sukroz taşınımının azaldığı belirlenmiştir (Scharte vd., 2005).

Her ne kadar fotosentezin azalması ve ihtiyaç duyulan enerjinin indüklenmesi patojen enfeksiyonuna genel bir yanıt olsa da farklı bitki-patojen etkileşimlerinin şeker seviyeleri üzerindeki etkileri arasında önemli ölçüde değişiklik görülmektedir. Tütünde, tütün mozaik virüsü veya *Phytophthora nicotianae*, buğdayda *Puccinia graminis* enfeksiyonunun olması durumunda, çözünebilir şeker seviyelerinde bir artış olduğu belirlenmiştir (Scharte vd., 2005). Ancak, *Arabidopsis*'te, *Pseudomonas syringae* enfeksiyonu ve domates bitkilerinde *Botrytis cinerea* inokulasyonundan sonra şeker seviyelerinde azalma olduğu (Bonfig vd., 2006) ve *Sclerotinia sclerotiorum* ile muamele edilmiş ayçiçeğinde şeker seviyelerinin değişmediği (Jobic vd., 2007) tespit edilmiştir. Domates-gri küf etkileşiminde, sukroz seviyelerinin heksoz seviyelerinden daha fazla azaldığı ve bunun da heksozun sukroza dönüşme oranında bir artışa yol açtığı belirlenmiştir. Heksozun sukroza dönüşme oranındaki bu artışın, INV'lerin artan aktivitesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Yaprığın enfekte olmuş ve enfekte olmamış bölgelerindeki şeker seviyelerinin ve INV aktivitesinin, enfekte olmuş bölgede güçlü etkiler gösterdiği belirlenmiştir (Swarbrick vd., 2006). Birçok patojen apoplastta yaşamaktadır, bu nedenle hücre dışı asimilat seviyeleri patojenler için hücre içi asimilat seviyelerine göre daha önemlidir. Scharte vd. (2005), tütünde *P. nicotianae* enfeksiyonu sonrası apoplastik sukroz ve heksoz seviyelerinin yanı sıra INV aktivitesinde bir artış olduğunu bildirmişlerdir.

Karbonhidrat metabolizmasının ve fotosentezin elisitörler veya patojenler tarafından düzenlendiği öne sürülmüştür (Roitsch ve Gonzalez, 2004). Patojen atağı ilk önce fotosentezde bir azalmaya ve solunum, fotorespirasyon ve INV enzim aktivitesinde artışa neden olan bir dizi hızlı değişiklik başlatmaktadır. Artan INV aktivitesinin etkisiyle salınan heksozlar, sinyal molekülleri olarak işlev görmekte ve fotosentetik genleri bastırmaktadır. Fotosentetik genlerin ifadesindeki bu azalma yine net fotosentez oranını azaltmaktadır.

Karbonhidrat durumu ile hastalık/direnç gelişimi arasındaki karşılıklı ilişkinin karmaşıklığına katkıda bulunan çeşitli faktörler bulunmaktadır. İlk olarak, karbonhidrat durumu bitkinin genel metabolizmasının yanı sıra savunmayı da etkilemektedir. İkincisi, şekerler sadece bitki için değil, aynı zamanda mikrobiyal organizma için de besin ve sinyal molekülü olarak görev yapmaktadır. Bu nedenle, asimilat seviyelerindeki değişiklikler patojenin yayılmasını ve gen ifadesini düzenleyebilmektedir. Üçüncüsü, bazı patojenler de INV, fruktoeksohidrolazlar ve levansukrazlar gibi hücre dışı sukrolitik enzimlere sahiptir (Berger vd., 2007). Hücre dışı INV' lerin varlığı *B. cinerea* ve *Uromyces fabae*' de belirlenmiştir (Voegele vd., 2006). Bu enzimlerin ifadesi ile patojen, apoplasttaki heksoz ve sukroz seviyelerini değiştirebilmektedir. Bu mikrobiyal sukrolitik aktivitelerin patojenite için önemli olup olmadığının belirlenebilmesi için ve bitki karbonhidrat metabolizmasında meydana gelen değişimlerin araştırılmasının yanı sıra mikrobiyal kısmın analizlerinin de tamamlanması gerekmektedir (Berger vd., 2007).

Fotosentezin azalması ve enerji ihtiyacının indüksiyonu, kaynak dokunun enfeksiyona genel tepkileri olarak kabul edilmektedir. Asimilat kaynağı olan doku, tüketen dokudan tamamen farklı bir karbonhidrat durumuna ve enzimatik yapıya sahiptir. Asimilat tüketen dokunun enfeksiyonunun, aynı zamanda metabolizma hızında artışa sebep olacağı düşünülmektedir. *Fusarium oxysporum* ile enfekte olan domates köklerinde hücre dışı INV' nin biriktiği (Benhamou vd., 1991) ve *Plasmodiophora brassicae* ile enfekte olan *Arabidopsis* bitkisinde SuSy ve nişasta sintaz ifadesinin (Siemens vd., 2006) indüklendiği belirlenmiştir.

Hide ve Horrocks (1994), *R. solani* ile enfekte olan tohumluklardan elde edilen yumrulara glikoz ve fruktoz miktarının, enfekte edilmemiş tohumluktan elde edilenlere oranla %30 daha fazla olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca elde edilen yumrulardan 4°C' de

depolananların toplam indirgen şeker ve glikoz miktarının, *R. solani* ile enfekte olan tohumluklardan elde edilen yumrulara daha fazla olduğu ve sukroz miktarının önemli ölçüde değişmediğini tespit etmişlerdir.

Lehtonen vd. (2008) patates filizlerinde virulent *R. solani* enfeksiyonu üzerine sistemik direnç indüksiyonunu, inokulasyondan sonraki kırksekizinci ve yüzyirminci saatlerde filizlerin apikal kısmından alınan örneklerde belirlemişlerdir ve farklı ifade edilen, sırasıyla, 122 ve 779 gen (iyi karakterize edilmiş savunma ile ilgili pek çok gen dahil) mikroarray ve qRT-PCR tekniklerini kullanarak tespit etmişlerdir.

Patojenlerin neden olduğu bulaşıcı hastalıklara duyarlılık, doğal ortamlarındaki bitkilerin çoğunu etkilemekte ve tarımda verim kaybına yol açmaktadır. Fakat, bitkiler çaresiz değildir, çünkü bağışıklık sistemleri saldırganların büyük çoğunluğu ile başa çıkabilmektedir. Bununla birlikte, adaptif patojenler, bitkileri duyarlı hale getiren bağışıklık tepkilerini atlatabilmekte veya önleyebilmektedir. Bitki bağışıklık sisteminin başarısızlığına ek olarak, bitkilerin hastalık duyarlılığına katkıda bulunan başka süreçler de bulunmaktadır. Bitkiler virüsler, bakteriler, mantarlar, oomisetler ve nematodlar gibi patojenler tarafından oluşturulan enfeksiyonu önlemek için özel bir bağışıklık sistemine sahiptir. Bitki savunma tepkilerinin aktivasyonu, invading-istilacı organizmaların bağışıklık reseptörleri tarafından tanınmasıyla tetiklenmektedir. Bunlar, hücre dışı ortamı algılayan plazma membranına bağlı reseptörler veya patojen tarafından üretilen efektörlerin varlığını veya aktivitesini tespit eden hücre içi reseptörler olabilmektedir. Önemli bir reseptör sınıfı, birçok istilacı organizma tarafından üretilen veya salgılanan patojenle/mikropla ilişkili moleküler desenler (PAMP / MAMP) olarak bilinen molekülleri tanımaktadır. Patojenin bitki hücresi içinde konaklaması, konukçunun hücre zarında ve hücre iskelet organizasyonunda büyük değişikliklere sebep olmaktadır. Konaklamanın yanı sıra bitkiler, patojenlere besin sağlamaktadır. Özellikle, biyotrofik etkileşimlerde, bitkiler patojenlere karbon ve diğer besinleri sağlamaktadır. Bitkinin fotosentetik olarak aktif dokuları, şeker şeklinde organik karbon üretmektedir (Lapin ve van den Ackerveken, 2013). Hem duyarlı hem de dirençli bitkilerde biyotrofik ve hemibiotrofik yaprak patojenleri ile enfekte olmuş dokularda bitki fotosentez oranlarında bir azalma gözlenmiştir (Berger vd., 2007). Enfekte dokudaki karbon ihtiyacının, enfekte olmayan dokulardan, özellikle fotosentetik olmayan aktif dokulardan karbon tahsisi ile telafi edilmesi gerekmektedir. Enfekte olmuş dokularda enerji ihtiyacı önemli derecede

artmaktadır, bu nedenle, şekerler de dahil olmak üzere, besinler oraya taşınmaktadır. Sukrozun kaynak dokudan enerji ihtiyacı olan dokulara taşınması, floemin apoplast içerisine etkili bir şekilde boşaltılmasını ve şekerlerin çevre hücrelere de taşınmasını gerektirmektedir. Enerji ihtiyacı olan dokuların kuvveti, büyük ölçüde, enerji ihtiyacı olan dokularda yüksek oranda ifade edilen, şeker taşıyıcılarının ve CWB-INV'ların aktivitesinden güçlü bir şekilde etkilenen floemin boşaltılma seviyesi ile belirlenmektedir (Aoki vd., 2012).

Patogenezle ilişkili proteinlerin sentezi ve birikimi, patojen enfeksiyonu sırasında bitkinin her bölgesinde oluşan bitki cevabıdır (Van Loon vd., 1999). Bitki tepkileri ile ilgili olarak yapılan sadece birkaç proteomik çalışmada, bitki-fungus ilişkisine daha fazla vurgu yapılarak bitki-patojen etkileşimi üzerine odaklanılmıştır (Mehta vd., 2008).

Puccinia triticina ile enfekte edilen buğday hatlarından, dirençli olan hata ait örneklerde enfekte olan ve olmayan bitkilerin protein ifadeleri arasında bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Duyarlı olan hatta ise; sadece ifadesinde artış olan proteinler saptanmıştır. Analiz edilen 32 proteine ait peptitlerin, sekans homolojisine dayanarak; bitki kökenli (7 adet), fungus kökenli (22 adet) veya bilinmeyen (3 adet) olarak üç grup altında toplandığı rapor edilmiştir. Tanımlanan proteinler arasında metabolik enzimler, yapısal proteinler ve patogenezde rol oynayan proteinlerin olduğu belirtilmiştir (Rampitsch vd., 2006).

Sinha ve Chattopadhyay (2011), *Alternaria alternata* ile enfekte edilmiş *Mentha arvensis* bitkisinin yaprak proteom profilini yüksek çözünürlüklü 2-DE ile araştırmışlardır. Tekrarlanabilir olarak tespit edilen ve analiz edilen toplam 210 noktadan, 67 noktanın yoğunluğunun değiştiği, tanımlanan proteinlerin %56'sının enerji ve metabolizma ile, %29'nun ise stres ve savunma ile ilgili olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte, protein katlanması ve stabilizasyonunda (çoğunlukla peptidil-prolil cis-trans izomeraz, HSP 70, luminal bağlayıcı protein, chaperonin 60 alfa alt birimi ve beta alt birimi) görevli olan, stres ve savunma ile ilgili proteinlerin birikiminin azaldığı tespit edilmiştir.

Fusarium oxysporum ile enfekte olan domates bitkilerinin ksilem özsuyunda yapılan araştırmada PR-5 proteininin hem başarılı bir savunmaya sahip bitkilerde hem de enfekte olmuş bitkilerde bulunduğu, diğer PR proteinlerinin ise sadece enfekte olmuş bitkilerde

tespit edildiği rapor edilmiştir (Rep vd., 2002). *A. thaliana* bitkilerinin *P. brassicae* ile enfeksiyonu sonucunda; enfekte olan ve enfekte olmamış bitkilerin kök ve gövdelerinde, hücre savunması, metabolizma ve hücre farklılaşması ile ilişkili proteinlerin, enfekte olmayan kontrollere kıyasla bol miktarda değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir (Devos vd., 2006).

Bitki transmembran proteinlerinin SWEET (Sugars Will Eventually be Exported Transporters) ailesinin keşfi ile SWEET proteininin glikoz ve sukrozu hücre membranları boyunca taşıdığı ve böylece floem boşalmasına katkıda bulunduğu gösterilmiştir (Chen vd., 2012). Oomiset, fungal, bakteriyel ve protist patojenlerle enfekte olan yapraklarda, floem boşalmasını ve şekerlerin enfeksiyon bölgesine taşınmasını kolaylaştıran SWEET şeker taşıyıcılarının, CWB-INV ve VINV'ların ifadesinin arttığı görülmektedir. Külleme hastalığının, patojen için faydalı spesifik metabolitlerin sentezinde rol oynayabilecek konukçunun alkol dehidrogenaz (ADH)' larını aktive ederek, enfekte epidermal hücrelerin altındaki mezofil hücrelerinde DNA ploidi seviyelerinin artışı induklemediği ve metabolit üretimini arttırdığı belirtilmektedir. Başarılı bir enfeksiyon ayrıca, enfekte olmamış yapraklarda fotoasimilasyonu uyararak bitki fizyolojisinde sistemik değişikliklere yol açabilmektedir. *Arabidopsis* ve çeltikteki SWEET genlerinin bir grubunun, bakteriyel ve fungal enfeksiyon sırasında transkripsiyonel olarak induklendiği belirlenmiştir (Chen vd., 2012). Asmada (*Vitis vinifera*), SWEET ortologlarının (VvHT1 ve VvHT5-heksoz taşıyıcılar) da ayrıca külleme ve mildiyö enfeksiyonundan sonra transkripsiyonel olarak aktive edildiği belirtilmektedir. Özellikle, VvHT5 ifadesinin analizi, bu genin, hastalıklı yaprak damarlarında aktif olarak transkripsiyona uğradığını ve en yüksek ifadenin enfeksiyon bölgesine yakın yerlerde olduğunu göstermiştir (Hayes vd., 2010). Şeker taşıyıcılar, floem boşaltılarak, bakteriyel, fungal ve oomiset enfeksiyon bölgelerine karbon taşınmasına aracılık etmektedirler. Çeltik' te OsSWEET11, plazma zarındaki bakır (Cu) taşıyıcıları OsCOPT ve OsCOPT5 ile hem *in vivo* hem de *in vitro* etkileşmektedir. Bu üç genin hepsinde, çeltikte *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Xoo) enfeksiyonu sırasında transkript sayısının artışı Cu alımı için gerekmektedir (Yuan vd., 2010).

Abiyotik stresin aksine, bitki DHN'lerinin biyotik stres yanıtına katılımı ile ilgili çok fazla çalışma bulunmamaktadır (Mota vd., 2019). Yapılan az sayıda çalışmada, fungal enfeksiyonlar tek başına ya da bir abiyotik stresle bağlantılı olarak verilen yanıtlarda DHN

ifadesinin modülasyonu gösterilmektedir (Turco vd., 2004; Yang vd., 2012). Dehidrinlerin jasmonik asit, salisilik asit, etilen ile ABA gibi patojen savunma sinyalleri ve hastalık direncinde hayati rol oynayan dışsal hormonlara yanıt verdiği bilinmesine rağmen, patojenlere karşı bitki savunmasındaki rolleri açıklığa kavuşturulmamıştır (Rosales vd., 2014). Maršálová vd. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada 6 LEA proteini (M0ZDL8; M0Z6A4; F2CRD9; D34F2DNE8; 1F2ECH4; M0UW32) ve 3 PR proteini (M0Z8T3; germin FM0VST4; tuz toleranslı protein M0YJN2) sadece 300mM NaCl' ye maruz bırakılmış tolerant ve hassas arpa bitkilerde bulunurken kontrol bitkilerinde bulunmamıştır.

Asma yapraklarının *E. necator* ile inokulasyonunun yapıldığı bir çalışmada, DHN ailesinin ifadesinde önemli değişiklikler olmadığı saptanmıştır. Dört asma DHN geninin, asma DHN ailesi içinde fonksiyonel çeşitliliği gösteren fizikokimyasal özelliklerinde ve ifade profillerinde belirgin farklılıklar sergilediği tespit edilmiştir. Asma türlerinde strese-duyarlı temel genin DHN1 olduğu belirlenmiş ve sadece tuz stresi gibi çeşitli abiyotik stresler tarafından değil, aynı zamanda *E. necator* hastalık etmeni tarafından da indüklendiği rapor edilmiştir (Yang vd., 2012).

Asma yapraklarında, CWB-INV geninin (Vvcw-INV) mildiyö ve külleme enfeksiyonları sırasında transkripsiyonla indüklendiği bildirilmiştir (Hayes vd., 2010). Bununla birlikte, temel CWB-INV izoformlarının susturulduğu transgenik domates (*Solanum lycopersicum*) bitkilerinde, yapraklardaki nişasta birikiminin azaldığı, böylece CWB-INV'lerinin sukroz taşınımını kısıtladığı tespit edilmiştir (Kocal vd., 2008). Bu durum, CWB-INV' nin enfekte olmuş dokulara etkili bir şeker taşınımını kolaylaştırdığını göstermektedir. *Arabidopsis* köklerinde, CWB-INV geni (AtCWB-INVV1) ve VINV geninin (Atbfruct4) ifadesinin, *Plasmodiophora brassicae* ile enfeksiyon sırasında arttığı belirlenmiştir. *Arabidopsis* kökünde enfeksiyon bölgelerindeki INV' lerin, INV inhibitör genleri AtC/VIF1 ve AtC/VIF2'nin köke özgü ifadesi yoluyla inhibe edilmesinin, patojen tarafından gal oluşumunun azalmasına yol açtığı belirtilmiştir (Siemens vd., 2011), bu durumun hem vakuolar hem de hücre duvarı INV'lerinin enerjiye ihtiyaç duyan dokulardaki mukavemeti artırarak hastalığa yatkınlığı artırabileceği düşünülmektedir.

Hücre dışı INV'lerin hastalık duyarlılığındaki rolünün daha karmaşık olması muhtemeldir. Örneğin, *Arabidopsis*'te CWB-INV akarboz (α -glucosidase inhibitörü)

tarafından inhibisyonunun *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* DC3000' e duyarlılığı arttırdığını ve bu durumun, CWB-INV'lerinin bağışıklığı olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Ayrıca, *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*'nın CWB-INV aktivitesini baskıladığı ve böylece şeker aracılı bağışıklığı azalttığı belirlenmiştir (Sonnewald vd., 2012). Bu nedenle, patojenlerin, bitki INV aktivitesini, konukçu bağışıklık tepkileri ile etkili şeker taşınmasının dengelenmesi için ayarlamasının mümkün olduğu düşünülmektedir.

Hastalık baskısı altında, duyarlı bitkilerin gelişiminin ciddi şekilde etkilenmesi verim azalmasına veya tam mahsul kayıplarına neden olmaktadır. Kimyasal kontrol olumsuz çevresel etkilere sahip olabildiği için genetik direnç için yapılan ıslah çalışmaları genellikle bitkilerin korunması için en iyi önlemdir. Bununla birlikte, tek direnç genleri tarafından yönetilen baskın direnç, genellikle yeni patojen ırkları tarafından hızla aşılmaktadır. Çoklu direnç lokuslarına dayanan direnç mekanizmaları, genetik olarak daha karmaşıktır. Hastalığa yatkınlığa katkıda bulunan konukçu genlerini inaktive etmek veya bunlara müdahale etmek alternatif direnç yöntemleri olarak sayılmaktadır. Bu direnç biçimi doğada genellikle çekiniktir. Hassasiyetin kaybı olarak da adlandırılan bu alternatif direnç biçimleri (Pavan vd., 2010), bitkilerde alternatif ve dayanıklı hastalık direnci kaynakları sağlama potansiyeline sahiptir.

2.6. Tuz Stresi ve Biyotik Stres Etkileşimi

Tarla koşulları laboratuvarında oluşturulan kontrollü koşullar gibi değildir. Doğal koşullarda, kuraklık ve tuzluluk, tuzluluk ve yüksek sıcaklık, kuraklık ve ısı veya yüksek ışık yoğunluğu gibi iki veya daha fazla stresin kombinasyonu dünyadaki birçok tarımsal alanda yaygın olarak görülmektedir ve verimi etkilemektedir (Suzuki vd., 2014). Abiyotik streslere ek olarak, doğal koşullarda, bitkiler patojen enfeksiyonu (bakteri, fungus, virüs ve nematod) ve bitki zararlıları ile de karşı karşıya kalmaktadır (Atkinson ve Urwin, 2012). Ayrıca, birçok abiyotik stres koşulunun bitkilerin savunma mekanizmalarını zayıflattığı ve patojen enfeksiyonlarına karşı duyarlılıklarını arttırdığı gösterilmiştir (Goel vd., 2008; Mittler ve Blumwald, 2010; Atkinson ve Urwin, 2012). Dolayısıyla, gelecekte bitkiler büyük ihtimalle çok daha fazla sayıda abiyotik ve biyotik stres koşuluna ve bunların kombinasyonlarına maruz kalacaktır (Suzuki vd., 2014). Arazi koşullarında birçok stresin

aynı anda meydana gelmesi sebebiyle bu koşulları yansıtan daha fazla laboratuvar çalışmasının yapılması gerekmektedir (Mittler ve Blumwald, 2010; Atkinson ve Urwin, 2012).

Nachmias vd. (1993) Cara, Desiree ve Nicola patates çeşitlerinde, *Verticillium dahliae*' nin neden olduğu *Verticillium solgunluğu* ve *Alternaria solani*' nin neden olduğu erken yanıklık- tuzluluk ile etkileşimini araştırmışlardır. Farklı tuz konsantrasyonlarında, hastalıklara yanıtlar, çeşitler arasında farklı bulunmuştur. Dikimden sonraki 78 ve 88. günlerde yapılan analizlerde erkenci ve tuza duyarlı çeşit Nicola'da, tüm uygulamalarda sürekli olarak yüksek sayıda koloni oluşturan birim (CFU) olduğu, Desiree çeşidinde ise, tuzlu suda 78 günde yüksek miktarda CFU' nun bulunduğu tespit edilmiştir. Üç patates çeşidi arasında en son olgunlaşan çeşit olan Cara, tuz stresi ve kontrol uygulamaları arasında farklı CFU değerlerine sahip olmasına karşın, uygulamalar arasındaki farkın anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Yumru dikiminden 110 gün sonra yapılan analizde Cara ve Desiree çeşitlerinde tuz stresi arttıkça hastalık insidanslarında da bir miktar artış olduğu rapor edilmiştir. Nicola çeşidinin *Verticillium* insidansının mevcut tuz seviyesine duyarlı olduğu saptanmıştır. Genel olarak hem *Verticillium*' un hem de tuzluluğun çeşitlerin daha erken senesensine neden olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, Cara çeşidinin, *Verticillium*' un varlığından diğer iki çeşitten daha az etkilendiği belirtilmiştir. Nicola ve Desiree çeşidinde tuzluluk büyüme döneminde hastalık şiddetini etkilemişken, Cara çeşidinde sadece yaklaşık 95 gün sonra belirginleşmiştir. Erken yanıklık semptomlarının da tuzluluktan etkilendiği gösterilmiştir. Desiree ve Nicola çeşitlerinde, hastalık şiddetinin, sulama suyunda tuz varlığında, büyüme mevsimi boyunca tutarlı bir şekilde arttığı belirlenmiştir. Hastalık şiddetleri farklı olmasına karşın, tepki modelleri farklı seviyelerde benzerlik göstermiştir. Tuzluluk, erken senesense neden olarak patates bitkilerinin olgunluk oranını etkilemiştir. Bu nedenle, tuza reaksiyon ifadesinin hastalık ifadesi ile etkileşime girme potansiyeli olduğu belirlenmiştir (Nachmias vd., 1993).

Yüksek toprak tuzluluğu, patateste yumru içinin esmerleşmesi gibi biyokimyasal ve fizyolojik değişikliklerle ortaya çıkarak bitki üzerinde strese neden olmaktadır. Bazı durumlarda, daha karmaşık semptomlara neden olabilecek bir patojen enfeksiyonu ile daha fazla stres indüklenebilmektedir. Tarlanın sulanması toprak tuzluluğunun etkisini arttırabilmekte ve *Fusarium sambucinum* gibi bazı patojenler tarafından enfeksiyon

oluşturulabilmesi için uygun bir ortam sağlayabilmektedir. Atlantik patates çeşidi ile yapılan çalışmada saksılar ekimden önce *F. sambucinum* ile inoküle edilmiş ve dikimden ilk kırk altı gün sonra saksılara NaCl (2,1 g / L, 4,25 g / L, 6,38 g / L, 8,5 g / L) uygulaması yedi gün arayla dört kere tekrarlanmıştır. Sonuçlar yüksek tuzluluk ve *F. sambucinum* enfeksiyonunun yumru esmerleşmesine ve yapraklarda prolin miktarında artışa neden olduğunu göstermektedir. *F. sambucinum* ile enfekte olmuş yumrulara klorojenik asit ve polifenol oksidaz miktarlarının daha yüksek olduğu ve tüm uygulamaların yumru ağırlığında bir azalmaya ve daha küçük yumruların üretimine neden olduğu tespit edilmiştir (Dzengeski vd., 2003).

Arpa bitkisinin tuz stresine toleransının, endofit bir basidiomiset olan *Piriformospora indica*' nin köklerdeki kolonizasyonunun lipit peroksidasyonunu azaltması ve antioksidan enzim aktivitesini artırması sonucu arttığı tespit edilmiştir (Baltruschat vd., 2008).

Herhangi bir üretim sistemindeki en önemli endişelerden biri de üretimi etkileyen faktörler arasındaki etkileşimdir. Tuzluluk ve toprak kaynaklı patojenler, mahsuller üzerinde olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Tuzluluk stresi altında yetişen Şili biberlerinin köklerinin *Phytophthora* enfeksiyonuna karşı savunmasız olduğu bulunmuş (Snapp ve Shennan, 1994), tuz stresi altında yetişen Şili biberlerinde *Phytophthora capsici* enfeksiyonunun şiddetinin arttığı bildirilmiştir (Sanogo, 2004). Tuzluluğun ayrıca hücre duvarını parçalayan enzimlerin aktivitesini engelleyerek *R. solani*' nin patojenitesini ve virülansını da etkilediği belirtilmiştir (El-Abyad vd., 1988a; El-Abyad vd., 1992). *R. solani* sklerotlarının ve *Fusarium oxysporum*' un çimlenmesinin tuz stresi altında önlendiği tespit edilmiştir (El-Abyad vd., 1988a). Kavunda tuzluluğun *Macrophomina phaseolina* üzerinde geniş bir etkisi olduğu ve bu nedenle, hastalık şiddetini azaltmak için tuzluluk yönetiminin iyi yapılmasının önemli olduğu belirtilmiştir (Cuartero vd., 2006). Tuzluluğun pamuk bitkisinin köklerinde *R. solani* ve *Fusarium* sp. kolonizasyonunu etkilediği ve kolonizasyon yüzdesinin *Fusarium* türlerinde daha fazla olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte, tuzluluk stresinin toprak kaynaklı patojenlerin kök kolonizasyonu üzerindeki etkisinin birçok sebze türünde yeterince çalışmadığı görülmektedir (Al-Hammouri vd., 2017).

Al-Hammouri vd. nin (2017) *R. solani* ve tuzluluğun domates bitkisi üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmada, ace55vf domates çeşidine ait fideler 7-8 yaprak

aşamasındayken bütün bitkiler *R. solani* ile inoküle edilmiş ve inokulasyonu izleyen ilk haftada 3 mS cm⁻¹ ikinci haftada, 8 ve 10 mS cm⁻¹ tuzluluk seviyelerine maruz bırakılmıştır. Bitkinin toprak üstü kısımlarının kuru ağırlığı, bitki boyu, meyve sayısı ve fizyolojik parametreler incelenmiştir. Ancak, ölçülen tüm değişkenlerde, uygulamalar arasında çok az fark bulunmuş veya hiçbir fark belirlenmemiştir. Bununla birlikte, bitki büyüme tepkilerinin *R. solani* ve tuzluluktan önemli ölçüde etkilenmediği belirlenmiştir. Literatürde patates bitkisinde *R. solani* ve tuzluluk stresinin araştırıldığı herhangi bir çalışmaya rastlanmıştır.

Tuzluluğun, bazı bitki türlerinin *Phytophthora spp.* (Sanogo 2004) ve *Pythium ultimum* (Martin ve Hancock 1981; Rasmussen ve Stanghellini, 1988) gibi toprak kaynaklı fungus benzeri mikroorganizmalara ve *Alternaria solani*, *Verticillium dahliae* ve *V. albo-atrum* dahil birçok fungusa (Nachmias vd., 1993; Howell vd., 1994) duyarlılığını arttırdığı bildirilmiştir. *Fusarium oxysporum*'un türe özelleşmiş formları (*F. oxysporum* f. *spp.*)'nın tuz stresi ile etkileşimi, türe özelleşmiş form ve konukçu bitkilere bağlı olarak değişmiştir (Daami-Remadi vd., 2009). Tuz stresi ile artan hastalık insidansı, *vasinfectum* (Turco vd., 2002), *radicis-lycopersici* (Triky-Dotan vd., 2005) ve *lycopersici* (Besri, 1980) de dahil olmak üzere birçok *F. oxysporum* türü için rapor edilmiştir. Bunun aksine, NaCl' nin birçok bitkide, *F. oxysporum* f. *sp. asparagi* ve *F. moniliforme*'nin kuşkonmazda (Elmer, 2003) ve *F. oxysporum* f. *sp. cyclaminis*'in sıklamende (Elmer, 2002) olduğu gibi, *Fusarium* hastalıklarının baskılanması için kullanıldığı bilinmektedir. *Fusarium oxysporum* f. *sp. lycopersici* ve farklı tuz konsantrasyonlarının Ventura domates çeşidinde yaprak hasarı indeksini arttırdığı ve artan tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak toprak üstü kısımların yaş ve kuru ağırlıklarını yaklaşık %40-50 azalttığı belirlenmiştir (Daami-Remadi vd., 2009).

Yapılan bir çalışmada tuzlu topraklardan veya şeker pancarı rizosferinden izole edilen fungusların (*Fusarium avenaceum*, *F. culmorum*, *F. diversisporum*, *F. equiseti*, *F. oxysporum* f. *sp. betae*, *F. verticillioides*, *Rhizopus nigricans*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Botrytis cinerea*, *Rhizoctonia solani* ve *Sclerotium rolfsii*) 4000, 6000 ve 8000 ppm NaCl konsantrasyonlarını içeren Czapek-Dox-agar üzerindeki gelişimleri incelenmiştir. İnkübasyondan dört gün sonra cam tüplerde miselyum gelişiminin arttığı, koloni çaplarının, 4000-8000 ppm için sırasıyla, *R. solani* için 46- 101 mm, *R. nigricans* için 22-10 mm ve *S. rolfsii* için 12-13 mm arasında olduğu belirlenmiştir. *R. solani* (%100-%68), *S. rolfsii* (%76-44) ve *S. sclerotiorum* (84-72) artan tuz konsantrasyonlarına 15 gün maruz bırakıldığında

sklerotia üretiminin %50' nin üzerinde azaldığı belirlenmiştir. Tuz stresinin, farklı rizosfer funguslarının gelişimini stimüle veya inhibe edebileceği tespit edilmiştir. *R. solani* ve *S. rolfsii*' deki miselyal büyümenin artan tuz konsantrasyonları ile uyarıldığı, ancak *Fusarium* türlerinin çoğunda, *F. verticillioides*, *R. nigricans*, *B. cinerea* ve *S. sclerotiorum* ' da geciktiği belirlenmiştir (El-Abyad, 1988b).

Literatürde patates bitkisinde *R. solani* ve tuzluluk stres kombinasyonunun araştırıldığı herhangi bir çalışma bulunmamıştır. Bununla birlikte başka herhangi bir bitkide *R. solani* ve tuzluluk stres kombinasyonu uygulamasının karbonhidrat metabolizmasında yer alan metabolit, enzim ya da genlerle olan ilişkisi ile dehidrin grubu proteinlere olan etkisinin araştırıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Tuz stresinin, *R. solani* fungal hastalık etmeninin ve bu iki stres faktörünün interaksiyonunun patates bitkisinin bazı fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerinde ve sukroz metabolizmasında etkili olan bazı genlerin ifadesinde meydana getirdiği değişimlerin tespit edildiği bu çalışma Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü'ne ait kontrollü serada ve biyoteknoloji laboratuvarlarında yürütülmüştür.

3.1. Bitki Materyali

Denemede Türkiye'de yaygın olarak üretilen 19 patates çeşidi kullanılmıştır. Kullanılan patates çeşitlerine ait bilgiler Çizelge 3.1'de verilmiştir.

3.2. Deneme Planı

Deneme üç aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada bütün çeşitler 5 dSm⁻¹ NaCl uygulanarak tuz stresine tolerans bakımından taramaya tabi tutularak tuz stresine hassas ve toleranslı olan çeşitler belirlenmiştir. Patates çeşitlerinin tuz stresine toleranslarının belirlenmesinde görsel zararlanma skalası, hücre membran zararlanma oranı, lipid peroksidasyonu sonucu oluşan malondialdehit (MDA) miktarı, yaprak oransal su kapsamı (YOSK) ve turgor kaybı (TK), toplam çözünebilir protein (TÇP) miktarı, SDS-PAGE (Sodyum dodesilsülfat- Poliakrilamid jel elektroforezi) yöntemi ile belirlenen protein profillerindeki değişimler ve verim ve verim öğeleri esas alınmıştır.

İkinci aşamada bütün çeşitlerin *R. solani*'ye reaksiyonları tespit edilip hassas ve dayanıklı olan çeşitler belirlenmiştir. Çeşitlerin % hastalık oranları, görsel skala değerleri kullanılarak Townsend Heuberger formülü yardımı ile hastalık şiddeti olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan patates çeşitlerinin özellikleri

Çeşit Adı	Orijin	Olgunlaşma	Kullanım Alanı
Agata¹	Hollanda	Erkenci	Yemeklik
Agria¹	Almanya	Orta geçci	Yemeklik ve Sanayilik
Banba²	İrlanda	Erkenci	Yemeklik
Bettina¹	Almanya	Orta erkenci- Orta geçci	Sanayilik ve yemeklik
Challenger²	Hollanda	Erkenci	Sanayilik
Desiree¹	Hollanda	Orta geçci-Geçci	Sanayilik ve yemeklik
Granola¹	Almanya	Orta geçci	Yemeklik
Hermes¹	Avusturya	Erkenci- Orta erkenci	Sanayilik
Innovator²	Hollanda	Erkenci- Orta erkenci	Sanayilik
Lady Claire³	Hollanda	Erkenci	Sanayilik
Lady Olympia³	Hollanda	Orta erkenci- Orta geçci	Sanayilik
Lady Rosetta³	Hollanda	Erkenci	Sanayilik
Marfona¹	Hollanda	Erkenci- Orta erkenci	Yemeklik
Melody³	Hollanda	Erkenci	Yemeklik
Musica³	Hollanda	Orta Erkenci	Yemeklik
Orchestra³	Hollanda	Erkenci	Yemeklik- kumpirlik
Russet Burbank¹	Amerika	Geçci	Sanayilik
Sultan Ecem³	Türkiye	Orta Erkenci	Yemeklik
Van Gogh¹	Hollanda	Orta geçci- Geçci	Yemeklik ve Sanayilik

¹ Anonim, 2020a

² Anonim, 2020b

³ Anonim, 2020c

Yapılan taramalar sonucunda *R. solani*'ye dayanıklı olduğu belirlenen çeşitler içerisinde tuz stresine en hassas ve en toleranslı olan iki çeşit ve *R. solani*'ye hassas olduğu belirlenen çeşitler içerisinde tuz stresine en hassas ve en toleranslı olan iki çeşit seçilmiştir. Denemenin üçüncü aşamasında; seçilen bu dört çeşit kontrol, tuz stresi, *R. solani*, tuz stresi ve *R. solani* interaksiyonu uygulamalarına maruz bırakılmıştır. Belirlenen bu dört çeşitte ise hücre membran zararlanma oranı, MDA miktarı, YOSK ve TK, çözünebilir şeker miktarları (toplam şeker, indirgen şeker ve sukroz), nişasta miktarı, sukroz metabolizmasında yer alan bazı enzimlerin aktiviteleri (SuSy, asit INV ve alkalın INV) ve SuSy ve InvGF gen ifadelerindeki değişimler belirlenmiştir. Ayrıca, uygulamalara bağlı olarak TÇP miktarı, toplam protein profillerindeki değişimler SDS-PAGE ile DHN proteinlerindeki değişimler ise immunblotlama (Western Blot) analizi ile tespit edilmiştir.

Bütün aşamalarda deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre planlanmış olup tuz stresi ve *R. solani* taramaları 4 tekerrürlü her tekerrürde 1 saksı, 3. aşama ise her tekerrürde 3 saksı olacak şekilde 3 tekerrürlü olarak (toplam 9 saksı) tasarlanmıştır. Her üç

aşama da yetiştirme koşulları 25-18 (± 2) °C (gündüz/gece) (Tierno vd., 2014) ve %70 nem (Pushpa vd., 2014) olacak şekilde kontrollü serada gerçekleştirilmiştir.

3.3. Ön Filizlendirme

Denemede kullanılacak çeşitlere ait yumrular yıkanmış ve %1'lik sodyum hipoklorit (NaOCl) çözeltisinde 15-20 dk bekletilerek yüzey sterilizasyonu yapılmıştır (Şekil 3.1). Sterilizasyonu yapılan yumrular ön filizlendirme yapmak üzere 25 °C sıcaklık ve %70 nem ortam koşullarına ayarlanmış iklim kabininde (DAIHAN WGC-1000, South Korea) karanlıkta bekletilmiş ve gözlerin sürmesi takip edilmiştir. Yumrular üzerindeki filizler ~0,5 cm' ye ulaştığı zaman (15 gün sonra) ışıklı ortama alınmıştır. Yumrular ışıklı ortama alındıktan sonra pişkinleşmeleri için 18 °C ve %70 nemde 7 gün süre ile bekletilmiş ve sürgünlerin kalınlaştıkları ve yeşil renge döndükleri gözlemlenmiştir (Şekil 3.2) (Karakuş, 2008).



Şekil 3.1. Yumru sterilizasyonu ve ön filizlendirme



Şekil 3.2. Filizlenmiş patates yumruları

3.4. Saksıların Dikime Hazırlanması

Bitkilerin yetiştirilmesi için gerekli olan saksıların sterilizasyonu %1'lik NaOCl çözeltisiyle yapılmıştır. Toprak sterilizasyonu ise 121 °C sıcaklıkta, 1 atm basınçta, 1 sa otoklavlanarak (ALP CLG 32L, South Korea) gerçekleştirilmiştir ve sterilizasyonu yapılan toprak ile bitki yetiştirme ortamı hazırlanmıştır. Bitki yetiştirme ortamı olarak toprak, torf, vermikülit (3:1:1) kullanılmıştır (Celebi-Toprak vd., 2005). Sterilizasyonu yapılan toprağın ve hazırlanan yetiştirme ortamının (Çizelge 3.2) analizi Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Toprak ve Su Kaynakları Bölümünde yaptırılmıştır.

Çizelge 3.2. Denemede kullanılan toprağın ve yetiştirme ortamının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri:

	Toprak	Yetiştirme Ortamı
Saturasyon	%46-48	%77
Elektrik iletkenlik (Saturasyon)	1,71- 1,80 dSm ⁻¹	1.30 dSm ⁻¹
Elektriksel iletkenlik (Ekstrakt)	2,43-2.54 dSm ⁻¹	5.07 dSm ⁻¹
Fiziksel Özellikleri	%13.47 kil, %40.58 silt, %45.95 kum	-
Bünye sınıfı	T _{in} (L)	-
pH	-	7.67
Kireç	-	8.45
Organik Madde	-	3.76
P(kg/da)	-	3.95
K(kg/da)	-	181
Tarla Kapasitesi	%26	%36
Solma Noktası	%20	%27

3.5. *Rhizoctonia solani* Kühn İnokulumunun Hazırlanması

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Göksel ÖZER tarafından Bolu ilinden izole edilen *R. solani* (AG-3) izolatu (Skala değeri: 2,84) steril yulaf tohumları üzerinde üretilmiştir. Yulaf tohumları sterilizasyondan önce bir gece suda ıslatıldıktan (2mL su/ 1 g yulaf tohumu) sonra 48 saat aralıklarla 121 °C’de 60 dk süreyle iki kez otoklavlanmıştır. Patates dekstroza agar (PDA) besi ortamında aktif büyüme döneminde bulunan *R. solani* kolonisi inokulasyon iğnesi ile kesilip yulaf tohumlarına inokule edilmiş ve 2-3 hafta süre ile inkübasyona bırakılmıştır (Ruppel, 1979). Yulaf tohumlarının *R. solani* ile homojen bir şekilde kolonizasyonunun sağlanması için inkübasyon süresince erlenmayerler 3 günde bir elle çalkalanarak karıştırılmışlardır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. *R. solani* inokulumunun hazırlanması

3.6. Dikim

Ön filizlendirilmiş patates yumruları her saksıya iki yumru gelecek şekilde (Cooper vd., 1976) bitki yetiştirme ortamı içeren 14 litrelik saksılara, dikim derinliği 10 cm olacak şekilde dikilmiştir (Şekil 3.4A). *R. solani* uygulaması yapılacak olan saksılarda, dikim sırasında, dikim derinliğindeki yetiştirme ortamına bir kat inokulum karıştırılarak filizlerin ve yeni oluşacak olan köklerin inokulasyonu sağlanmıştır (Şekil 3.4B) (Carling ve Sumner, 1992).

3.7. Kültürel İşlemler

Sulama işlemi saksılardaki nem tarla kapasitesinin %60'ına düştüğü zaman yapılmıştır. Kontrol bitkileri çeşme suyu ($1,03 \text{ dSm}^{-1}$) ile sulanmış, tuz stresine maruz bırakılacak bitkilerin yetiştirme ortamındaki tuz stresi koşulları NaCl ile sağlanmıştır. Tuz uygulamasına tüm yumrular filizlendikten 1 hafta sonra başlanmıştır.



Şekil 3.4. Yumru dikimi (A: Kontrol ve tuz stresi uygulaması yapılacak olan saksılarda, B: *R. solani* uygulaması yapılacak olan saksılarda)

Sulama damla sulama sistemi ile yapılmıştır. Sulama tanklarının içerisindeki suyun iletkenliği, patates bitkisinde büyümede ve verimde %50 azalmaya neden olan 5 dSm^{-1} değerine (Hmida-Sayari vd., 2005), NaCl ilave edilerek ayarlanmıştır. Bu konsantrasyona ozmotik şok yaratmamak için kademeli olarak ($2 \text{ dSm}^{-1} \rightarrow 4 \text{ dSm}^{-1} \rightarrow 5 \text{ dSm}^{-1}$) 12 günde çıkılmıştır (Wright ve Hughes, 1993).

Yetiştirme ortamı analizleri sonucu yapılan öneriye bağlı olarak gübreleme, patates bitkileri 3-5 yapraklı olduğu dönemde, 25-30 cm boylandığı dönemde ve bu dönemden sonra 15 günde bir sulama suyu ile birlikte, toplamda 5 defa, NPK (5-5-5) gübre çözeltisi (Root Star, AJE GMBH, İzmir, Türkiye) uygulanarak yapılmıştır. Bitkilerin seradaki genel görünüşleri Şekil 3.5’ te verilmiştir.



Şekil 3.5. Denemenin otuzuncu gününde bitkilerin genel görünüşü

3.8. Sulama Suyu Miktarının Belirlenmesi

Denemede uygulanacak sulama suyu miktarlarının belirlenmesinde her sulama öncesinde eksilen nemin tarla kapasitesinin %80’ine getirilmesi esas alınmıştır. Bu nem düzeyinden itibaren bitkilerin tükettiği su miktarları gravimetrik olarak belirlenmiştir. Bu amaçla her sulamada saksılara verilecek sulama suyu miktarları ise Ünlükara vd. (2008) tarafından önerilen aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır ve aynı uygulamaya ait diğer saksılara aynı miktarda sulama suyu uygulanmıştır. Tuz uygulaması yapılan bitkilere, tuz birikimini önlemek amacıyla, sulama suyuna %20 oranında ek yıkama suyu uygulanmıştır (Ünlükara vd., 2008). Deneme süresince yıkama sularının tuzluluk düzeylerinin belirlenmesi için elektriksel iletkenlik ölçülmüştür.

$$I = [(W_{TK} - W_a) / P_w] / (1 - LF) \quad (3.1)$$

Eşitlikte I, her sulamada uygulanacak su miktarını (L); WTK, saksıların tarla kapasitesi ağırlıklarını (kg), W_a, sulama öncesi saksı ağırlığını (kg), P_w, suyun yoğunluğu (1000 g dm⁻³ veya kg L⁻¹) ve LF ise yıkama oranını göstermektedir.

3.9. Tuza Toleranslı Çeşitlerin Belirlenmesi

Tuza toleranslı çeşitlerin belirlenmesinde görsel zararlanma skalası, hücre membran zararlanma oranı, lipid peroksidasyonu (MDA miktarı), YOSK ve TK, TÇP miktarı ve SDS-PAGE analizleri kullanılmıştır. Tuz uygulamalarına başladıktan 30 gün sonra yapraklarda gözlem ve örnekleme yapılmaya başlanmıştır. Tuz stresi görsel zararlanma sklasına göre toleransın belirlenebilmesi için bitkiler 15 günlük aralıklarla değerlendirilmiştir. Hücre membran zararlanma oranı, MDA miktarı, YOSK ve TK analizleri için, tuz uygulamasının başlamasından 30 gün, 60 gün ve 90 gün sonra, tamamen gelişmiş, üstten üçüncü yapraklar toplanmıştır. Toplam çözünebilir protein miktarı ve SDS- PAGE analizi ile verim ve verim ögelerini belirlemek için örnekleme 90 gün sonunda yapılmıştır.

3.9.1. Tuz stresi görsel zararlanma skalasına göre çeşit toleransının belirlenmesi

Tuza toleranslı ve hassas çeşitlerin belirlenmesi amacıyla bütün çeşitlerden her uygulama için dört saksı gözlemlenmiş ve değerlendirilmiştir. Bu amaçla Celebi-Toprak vd. nin (2005) patates bitkisi için geliştirdiği 0-5 skalası kullanılmıştır:

- 0= Bitkide solgunluk yok, yaprak ve gövdede zararlanma yok
- 1= Bitkide solgunluk yok, yaprak ve gövdede minimal zararlanma var
- 2= Bitkide solgunluk yok, yaprak ve gövdede zararlanma var
- 3=Bitkide solgunluk var, yaprak ve gövdede zararlanma var
- 4= Bitki turgorunu tamamen kaybetmiş, yaprak ve gövdede zararlanma var
- 5= Bitki turgorunu tamamen kaybetmiş, ölü.

3.9.2. Hücre membran zararının belirlenmesi

Hücre membran zararlanması Arora vd. nin (1998)'in yönteminde birtakım değişiklikler yapılarak, yaprak, yumru eti ve kabuğu dokularında ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu amaçla her uygulama için yapraklardan 1,5 cm çapında diskler, 1 cm³ hacminde yumru eti ve 1 cm² alana sahip yumru kabuğu parçaları alınmıştır. Alınan örnekler saf suda yıkandıktan sonra, havlu kağıtta hafifçe kurulanmış ve deney tüplerine alınmıştır (her tüpe bir yaprak diski veya bir yumru eti örneği ya da yumru kabuğu parçası konulmuştur). Yaprak disklerinin ve yumru eti ile yumru kabuğu parçalarının üzerine 20 mL saf su eklenmiştir. Örnekler 24 sa boyunca orbital çalkalayıcıda (Thermo Scientific MaxQ 4000, Massachusetts, USA) 250 rpm'de inkübasyona bırakılmıştır.

Meydana gelen iyon sızıntısını (İ.S.) belirlemek amacıyla örneklerin elektriksel iletkenliği EC metre (Metler Toledo SevenEasy S30, Columbus, Ohio, ABD) ile belirlenmiştir. Daha sonra otoklavda 121 °C de 20 dk tutularak dokuların ölmesi sağlanmıştır. Örnekler otoklavdan çıkarıldıktan sonra 4 sa süre ile orbital çalkalayıcıda 250 rpm'de inkübasyona bırakılmıştır ve sonra yine EC metre ile ikinci okuma oda sıcaklığında yapılmıştır. Bu yöntemle çeşitlerin hücre membran zararlanmaları yüzde (%) olarak belirlenmiştir.

$$\text{İ.S. (\%)} = (\text{O.D}_1/\text{O.D}_2) \times 100 \quad (3.3)$$

Eşitlikte O.D₁, 1. Okuma değerini; O.D₂, 2. Okuma değerini göstermektedir.

$$\% \text{ Zararlanma} = [(\text{İ.S}_{(U)} - \text{İ.S}_{(K)}) / (100 - \text{İ.S}_{(K)})] \times 100 \quad (3.4)$$

Eşitlikte, İ.S_(K), kontrol grubu bitkilerinden alınan örneklerin İ.S. (%) miktarını; İ.S_(U), stres faktörlerinden en az bir tanesine maruz bırakılmış bitkilerden alınmış örneklerin İ.S. (%) değerlerini ifade etmektedir.

3.9.3. Lipid peroksidasyonunun (MDA miktarı) belirlenmesi

Hücrelerde lipid peroksidasyonu sonucu oluşan malondialdehid (MDA) miktarının ölçülmesi şeklinde uygulanan analiz, Rajinder vd. nin (1981) yöntemiyle belirlenmiştir. Ekstraksiyon için kullanılan, önceden sterilizasyonu yapılmış havanlara, öğütmeyi kolaylaştırmak amacıyla deniz kumu ve örnekteki enzimin ekstrakte edilmesini sağlayan polivinilpoliprolidon (PVPP) konulmuştur. Yaklaşık 100 mg doku örneği (bir seferde yaprak, yumru kabuğu, yumru eti örneklerinden sadece biri) %0,1'lik 5 mL triklorasetik asit (TCA) çözeltisiyle birlikte havana boşaltılmıştır ve öğütülmüştür. Meydana gelen homojenize bitki örnekleri, 4°C' de 10000 göreceli santrifüj kuvvetinde (RCF) 5 dakika santrifüj (Beckman Coulter Allegra 64R and Avanti 30 Compact Centrifuges, ABD) edilmiştir. Santrifüj edildikten sonra ayrılan sıvı kısımdan, 1,5 mL' lik mikro santrifüj tüplerine 300 µL aktarılmıştır ve üzerine 1200 µL ekstraksiyon çözeltisi [Thiobarbutrik asit (TBA)+ %100 TCA+ dH₂O] eklenmiştir.

Spektrofotometrede okuma yapılabilmesi için gerekli olan kör örneğin (blank-şahit) hazırlanmasında, 300 µL %0,1 TCA ve 1,2 mL'lik ekstraksiyon solüsyonu kullanılmıştır. 95 °C' de ısıtıcı bloğa (MBT 250, ETG, Almanya) yerleştirilen örnekler 30 dk bekletilmiştir. Bu zaman sonunda çıkarılan tüpler 5 dk boyunca buz içerisinde bekletilmiştir ve ardından 25 °C'de 10 dk 10000 RCF'de santrifüj edilmiştir. Santrifüjden çıkarılan örnekler, spektrofotometrede (Perkin Elmer Lambda 25, ABD) 532 ve 600 nm dalga boylarında okunmuştur. Yapılan analizle belirlenen MDA miktarı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır:

$$\text{MDA (nmol/g TA)} = \Delta\text{OD} \times 32,2 \times \text{seyreltme faktörü} / \text{gTA} \quad (3.5)$$

Eşitlikte, ΔOD , 532 ve 600 nm dalga boyunda okunan değerlerin farkını, TA, taze ağırlığı ifade etmektedir.

3.9.4. Yaprak oransal su kapsamının (YOSK) ve turgor kaybının (TK) belirlenmesi

Yapılan uygulamalar sonunda patates çeşitlerinin YOSK ve TK değerlerini belirlemek amacıyla alınan yaprak örneklerinden 1,5 cm çaplı 3'er disk çıkartılmıştır. Disklerin öncelikle taze ağırlıkları, 4 saat saf suda bekletildikten sonra turgor ağırlıkları ve 70 °C de 24 sa tutulduktan sonra kuru ağırlıkları kaydedilmiş ve elde edilen verilere bağlı olarak YOSK ve TK hesaplanmıştır. Değerler % olarak ifade edilmiştir (Arefian ve Shafaroudi, 2015).

$$YOSK = (YA - KA) / (TA - KA) \times 100 \quad (3.6)$$

$$TK = (TA - YA) / TA \times 100 \quad (3.7)$$

Eşitlikte, YA, yaş ağırlığı; KA, kuru ağırlığı; TA, turgor ağırlığını ifade etmektedir.

3.9.5. Toplam çözünebilir protein (TÇP) analizi

Toplam çözünebilir protein (TÇP) ekstraksiyonu Shen vd. nin (2003) yönteminde bazı modifikasyonlar yapılarak gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon çözeltisi bileşenleri Çizelge 3.3' te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Toplam çözünebilir protein (TÇP) ekstraksiyon çözeltisi (50 mL, pH 7,8) bileşenleri ve miktarları

Bileşenler	Miktar
25 mM Tris base	0,151 g
275 mM Sukroz	4,705 g
2 mM Etilen Diamin Tetra Asetik Asit (EDTA)	1 mL (0,1 M stok EDTA çözeltisinden)
10 mM 1,4 dithiothreitol (DTT)	0,0771 g
0,5 mM Fenilmetilsülfonil florür (PMSF)	0,25 mL (0,1 M stok PMSF çözeltisinden)
%1 PVP	0,5 g

Ekstraksiyon için ~250 mg örnek 1 mL ekstraksiyon çözeltisiyle birlikte havana boşaltılmıştır ve havaneli yardımıyla homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekler 2

mL'lik santrifüj tüplerine alınarak dakikadaki devir sayısı (rpm) 10000, 4°C'de 10 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüjden sonra üst fazdan 5-10 µL alınarak toplam çözünebilir protein miktarı belirlenmiştir. Toplam çözünebilir protein miktarı Bradford'un (1976) önerdiği yöntemle göre belirlenmiştir. Protein ekstraksiyonundan elde edilen süzüntüdeki protein miktarı spektrofotometrik ölçümlerle belirlenmiştir. Ölçümler 595 nm dalga boyunda 0, 4, 8, 10, 20,40 µg/µL' lik BSA standartları kullanılarak yapılmıştır.

3.9.6. Sodyum dodesilsülfat- poliakrilamid jel elektroforezi (SDS-PAGE) analizi

Uygulamaların, çeşitlerin protein profillerine olan etkisi SDS-PAGE yöntemi ile belirlenmiştir (Lim vd., 1999): Ekstrakte edilen toplam protein çözeltisinden her bir örnekte 7,5 µg protein olacak şekilde hesaplanmıştır. Hazırlanan örneklerin üzerine toplam hacmin 1/6'sı kadar 6X örnek yükleme çözeltisi eklenmiştir. Bütün örneklerin hacmi saf su ile eşitlendikten sonra 3 dk kaynar suda bekletilerek proteinlerin denatürasyonu sağlanmıştır. Bu zaman sonunda çıkarılan örnekler 5 dk buz üzerinde bekletilmiştir. Kısa süreli santrifüjlenen örnekler SDS-PAGE için yüklemeye hazır hale getirilmiştir (Shen vd., 2003).

SDS-PAGE analizinde Mini PROTEAN Tetra (Bio-Rad, Hercules, CA, USA) elektroforez sistemi ve SDS-PAGE jeli olarak "TGX™ FastCast™ premixed acrylamide solutions" kiti (Bio-Rad, Hercules, CA, USA) kullanılmıştır. Elektroforezde yürütme tamponu olarak aşağıda bileşimi verilen Tris-Glisin-SDS çözeltisi (Çizelge 3.4) kullanılmıştır hazırlanan çözelti stok olarak tutulup kullanım sırasında 1/10 seyreltilmiştir.

Çizelge 3.4. Tris-Glisin-SDS çözeltisi (1L, 10X) bileşenleri ve miktarları

Bileşenler	Miktar
250 mM Tris base	30 g
1,92 M Glisin	144 g
% 0,5 Sodyum dodesilsülfat (SDS)	5 g

Çözelti elektroforez tankı içerisine yerleştirilmiş jellerin üzerini örtecek şekilde boşaltılmıştır. Hazırlanan örneklerden her bir kuyucuğa 7,5 µg protein olacak şekilde mikro pipet yardımıyla yüklenmiştir. Bio-Rad PowerPac™ Basic güç kaynağı kullanılarak jele

250 V, 40 mA ve 50 W elektrik akımı verilerek örneklerin jelin sonuna kadar yürümleri sağlanmıştır. Elektroforez oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir.

Elektroforezin tamamlanmasıyla kasetten çıkarılan jeller oda sıcaklığında %12 TCA içerisine konularak 2 sa süreyle bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda jel üzerindeki proteinlerin sabitlenmesi sağlanmıştır. Jel üzerindeki TCA kalıntılarının uzaklaştırılması için jel 3 kez saf su ile yıkanmıştır. Bunu takiben jeller “Coomassie Brilliant Blue G-250” boya (1:4, metanol:boya solüsyonu) çözeltisi içerisine alınmıştır. Jeller gece boyunca çalkalayıcı üzerinde 50 rpm bir devirde bırakılarak boyanmaları sağlanmıştır. Bu sürenin sonunda jel üzerindeki bantların koyu mavi olarak boyandığı görülmüştür. Jel üzerindeki boya fazlalığının giderilmesi için jel saf su ile çalkalandıktan sonra %25' lik methanol içerisinde ~ 5 dk bekletilmiş ve daha sonra 3 kez saf su ile yıkanarak protein bantları görüntüleme sisteminde (Vilber, Quantum ST4 Gel Imaging System, Fransa) incelenmiştir.

Örneklerin elektroforezi sırasında SDS-PAGE molekül ağırlık standardı kullanılmış (SERVA, Prestained Broad Range SDS-PAGE standard, Almanya) böylece molekül ağırlıkları bilinen bantlar temel alınıp, örneklere ait protein bantlarının molekül ağırlıkları hesaplanmıştır.

3.9.7. Verim ve verim öğelerinin belirlenmesi

Hasat döneminde yapılan gözlem ve ölçümlerle aşağıdaki belirtilen özellikler Öcal'ın (2009) belirttiği şekilde incelenmiştir:

Her saksının içerisindeki toprak üstü sap sayıları belirlenerek uygulamalara göre ortalama sap sayısı (adet) değerleri hesaplanmıştır. Her saksı ayrı ayrı sökülerek saksı başına yumru verimi (g/saksı) tespit edilmiştir. Ayrıca yumru sayıları tespit edilmiş ve ortalama saksı başına yumru sayısı (adet/saksı) değerleri hesaplanmıştır. Her uygulama grubu için saksı başına ortalama yumru verimlerinin, saksı başına ortalama yumru sayısına bölünmesi suretiyle tek yumru ağırlığı (g) hesaplanmıştır. Yumru irilik dağılımlarını (%) belirlemek için; her saksıdan elde edilen yumrular içerisinde, çapı 45 mm'den büyük olanlar I. Sınıf; çapı 20-45 mm arasında olan yumrular II. Sınıf; çapı 20 mm'den küçük, kullanım değeri olmayan, yeşil veya zarar görmüş yumrular ıskarta olarak kaydedilmiş, bu üç grup ayrı ayrı tartılıp saksı başına yumru verimine oranları % olarak hesaplanmıştır. Ayrıca belirli bir hasat

alanına sahip olan saksılardan elde edilen yumru verimleri kullanılarak, hektara yumru verimleri ton (t/ha) olarak hesaplanmıştır.

3.10. Sodyum Klorürün *R. solani* Üzerindeki Fungistatik Etkisinin Belirlenmesi

Büyüme kinetiğinin ölçümü, Xu vd. (2008) tarafından kullanılan yöntem referans alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla değişik konsantrasyonlarda (0.0, 0.001, 0.01, 0.1, 1, 10,100, 1000, 10 000, 25 000, 50 000, 75 000, 100 000, 125 000, 150 000, 170 000 ve 200 000 ppm) NaCl çözeltileri hazırlanmıştır. Hazırlanan bu çözeltilere uygun miktarlarda ticari PDA (1 L saf suya 39 g PDA çözülür) katılmıştır. Hazırlanan besiyeri 121 °C ve 1 atm basınçta 15 dk sterilize edilmiştir. Soğutulan besiyerleri (45 °C) steril petri kaplarına (yaklaşık 20 mL) steril ortamda dökülmüştür. Fungus inokülasyonu için önceden hazırlanan besiyerlerinden diskler alınarak besiyerlerine ekilmiş, oda sıcaklığında (25 °C) inkübasyona bırakılmıştır. Ölçümler kontrol grubunun zon çapı petri kabını kaplayıncaya kadar her 24 saatte bir gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonunda gelişen koloni çapları kontrol grubu ile kıyaslanmış ve fungistatik aktivite gösteren konsantrasyon, yarı maksimum inhibisyonun gözlemlendiği konsantrasyon (IC₅₀) olarak kabul edilmiştir.

3.11. Bitki Hastalık Şiddetinin Belirlenmesi

Bütün çeşitlerin hastalık değerlendirilmesi Carling ve Leiner' e (1990) göre yapılmıştır. Dikimden sonraki 30. gün sonunda elde edilen verilerden çeşitlerin % hastalık oranları Townsend-Heuberger formülü yardımı ile hastalık şiddeti olarak belirlenmiştir (Townsend ve Heuberger, 1943). Her bir toprak altı gövdesindeki lezyon alanı 0-4 skalasına göre şu şekilde yapılmıştır.

0= Zararlanma yok, lezyon yok

1= Minör zararlanma, 5 mm'den küçük 1 ya da birkaç küçük lezyon

2= Orta derece zararlanma, 5 mm'den büyük lezyonlar ve bazı filizlerin soyulması

3= Major zararlanma, büyük lezyonlar ve filizlerin çoğunun kopması

4= Bütün filizlerin ölmesi

Townsend-Heuberger formülü: % hastalık oranı:

$$\frac{\sum(n \times V)}{(Z \times N)} \times 100 \quad (3.2)$$

Eşitlikte n: Skalada farklı hastalık derecelerine isabet eden örnek sayısı; V: Skala değeri; Z: En yüksek skala değeri; N: Gözlem yapılan toplam örnek sayısını ifade etmektedir.

3.12. Tuz Stresi ve *R. solani* interaksyonun Etkilerinin Belirlenmesi

Bu aşamada kullanılan analizlerden hücre membran zararı, MDA miktarı, YOSK ve TK, TÇP miktarı ve SDS-PAGE analizleri “3.9. Tuza Toleranslı Çeşitlerin Belirlenmesi” başlığı altında anlatıldığı gibi yapılmıştır. Yaprak örnekleme ilk olarak tuz uygulamalarına başladıktan 30 gün sonra yapılmaya başlanmış 90 gün sonuna kadar 15 günlük aralıklarla, tamamen gelişmiş, üstten üçüncü yapraklar toplanarak yapılmıştır. Yumru örneklemeleri ise deneme sonunda (90 gün) hasat edilen yumrular içerisinde çeşit özelliğini taşıyan yumrular seçilerek yapılmıştır.

3.12.1. Çözünabilir şeker miktarlarının belirlenmesi

Toplam şeker, indirgen şeker ve sukroz analizlerinde ~ 100 mg yaprak, yumru eti ve yumru kabuğu örneği üzerine 5 mL etil alkol (%80’lik) ilave edildikten sonra 85 °C sıcaklıktaki su banyosunda (WNB 14, Memmert, Almanya) 1 sa inkübasyona bırakılmıştır ve daha sonra dokulardan ayrılan süspansiyon çıkarılmıştır. Bu işlem, 1 sa, 30 dk, 15 dk (×2) olmak üzere 4 kez tekrarlanmıştır. Etil alkol solüsyonu, cam deney tüplerinde toplandıktan sonra, devamlı ventilasyon sağlanmak koşuluyla, 55 °C sıcaklıktaki su banyosunda uçurulmuştur. Deney tüplerinde kalan çökeltiler 1 mL saf suda çözdürüldükten sonra elde edilen örnekler 4 °C’de 10000 RCF’de 10 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonunda üst faz, 1,5 mL’ lik mikro santrifüj tüplerine aktarılmıştır ve bu örnekler toplam şeker, indirgen şeker ve sukroz analizlerinde kullanılmıştır (Van Handel, 1968).

3.12.1.1. Toplam şeker miktarı

Toplam şeker analizinde anthron metodundan yararlanılmıştır (Van Handel, 1968). 10-25 µL örnek cam deney tüplerine alınarak üzerine 5 mL anthron çözeltisi ilave edilmiştir. Ardından örnekler 10 dk süre ile kaynayan sıcak suda inkübe edilmiş ve oda sıcaklığına geldikten sonra 620 nm dalga boyunda glikoz standartları kullanarak spektrofotometrik okumalar yapılmıştır.

3.12.1.2. İndirgen şeker miktarı

İndirgen şeker miktarını belirlemek için; örnekler 10000 RCF' de 4°C' de 5 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilen örneklerden 100 µL alınıp cam deney tüplerine konmuş, üzerine 900 µL su ve üzerine 1 mL dinitrosalisilik asit ilave edilip 5 dk süre boyunca kaynayan sıcak suda inkübe edilmiştir. Kaynar sudan çıkarılan örnekler oda sıcaklığına geldikten sonra 550 nm dalga boyunda glikoz standartları kullanılarak spektrofotometrik okumalar yapılmıştır (Miller, 1959).

3.12.1.3. Sukroz miktarı

Sukroz analizinde örnekler indirgen şeker analizindeki gibi elde edilmiştir. Santrifüj edilmiş örneklerden 100 µL alınıp cam deney tüplerine konulmuş, üzerine 100 µL %30' luk potasyum hidroksit (KOH) ilave edilmiş ve üzeri alüminyum folyo ile kapatılıp kaynar suda 10 dk süreyle inkübe edilmiştir. Kaynar sudan alınan örnekler oda sıcaklığına gelinceye kadar beklemeye alınmıştır. Oda sıcaklığına gelen örneklerin üzerine 300 µL saf su ilave edilmiştir. Sonra sukroz standartları hazırlanarak hem örneklere hem de standartlara 2500 µL anthron çözeltisi eklenmiş ve oda sıcaklığında 1 sa beklemeye bırakılmıştır. Bu sürenin sonunda örneklerdeki sukroz miktarı spektrofotometrede 620 nm dalga boyunda, sukroz standartları kullanılarak, belirlenmiştir (Van Handel, 1968).

3.13. Nişasta Miktarı

Bitki dokularındaki nişasta miktarının belirlenmesi için Dinar vd. nin (1983) yöntemi kullanılmıştır. Bu amaçla çözünebilir indirgen şeker analizinde etil alkol süspansiyonları

alındıktan sonra kalan doku örnekleri üzerine 6 mL saf su ilave edilerek örnekler 1 sa süre ile 121 °C' de otoklavlanmıştır. Daha sonra bu örnekler üzerine 4 mL amiloglikozidaz enzim solüsyonu eklenmiş ve 1 gece 55 °C' de inkübasyona bırakılmıştır. Daha sonra alınan örnekler üzerine 1 mL dinitrosalisilik asit reaktifi ilave edilmiş ve 5 dk süreyle kaynayan sıcak suda inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda çıkarılan örnekler oda sıcaklığına geldiğinde, spektrofotometrede 550 nm dalga boyunda absorbans okumaları yapılmıştır ve glikoz standartları kullanarak nişasta miktarları belirlenmiştir.

3.14. Sukroz Metabolizması Enzimlerinin Aktivitelerinin Ölçülmesi

3.14.1. İnvertazlar (INV'ler)

Çözünebilir (sitosolik) invertazlardan asit INV aktivitesi (asit INV; EC 3.2.1.25) Aloni vd. ne (1991) göre belirlenmiştir. Bu amaçla yaklaşık 1 g doku örneği 5 mL (pH 7,2); 5 mM MgCl₂, 0,5 mM Na EDTA, 2 mM 1,4 Dithiothreitol (DDT), 3 mM Dietildithiokarbamik asit (DIECA) ve 25 mM N₂-2-etansulfonik asit (HEPES) içeren tampon çözeltisinde ekstrakte edilmiş ve daha sonra örnekler 10000 RCF' de 4 °C' de 20 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonunda oluşan üst fazdan 100 µL alınıp üzerine 10 mL 0,1 M PO₄-Cit (Fosfat sitrat) (pH 5,0) tampon çözeltisi ve 20 mM sukroz ilave edilerek 37 °C' de 30 dk inkübe edilmiştir. Daha sonra örneklere 1 mL dinitrosalisilik asit solüsyonu ilave edilip 5 dk kaynatıldıktan sonra 550 nm dalga boyunda spektrofotometrik okumalar yapılmıştır. Örneklerin asit INV aktiviteleri glikoz standartları kullanılarak hesaplanmıştır.

Alkalın INV aktivitesi (alkalin INV; EC 3.2.1.26) ise Aloni vd. nin (1996) yöntemine göre yapılmıştır. Yaklaşık 1 g doku örneği 5 mL (pH 7,5); 2,5 mM MgCl₂, 0,25 mM Na EDTA, 2 mM DDT, 3 mM DIECA ve 12,5 mM HEPES içeren tampon çözeltisinde ekstrakte edilmiştir. Elde edilen ekstrakt 4 °C' de 30 dk 10000 RCF' de santrifüj edilmiştir. Enzimatik aktivitenin belirlenmesi için 200 µL örnek üzerine 0,1 M PO₄-Cit (pH 7.0) tampon çözeltisi ve 200 mM sukroz ilave edilmiş ve 37 °C' de 30 dk inkübe edilmiş ve bu süre sonunda örneklerin üzerine 1 mL dinitrosalisilik asit reaktifi eklenerek reaksiyon sonlandırılmıştır. Örnekler 5 dk kaynatıldıktan sonra 550 nm dalga boyunda absorbans okumaları yapılmıştır ve glikoz standartları kullanarak alkalın INV aktivitesi hesaplanmıştır.

3.14.2. Sukroz sintaz

Sukroz sintaz (SuSy; EC 2.4.2.13) aktivitesinin belirlenebilmesi için örneklerin ekstraksiyonu Aloni vd. nin (1996) belirlediği yöntemle göre, alkalın INV analizinde olduğu gibi yapılmıştır. Enzimatik aktivitenin belirlenmesi için ise 200 µL örnek üzerine 0,1 M PO₄-Cit (pH 7,0) tampon çözeltisi, 200 mM sukroz ve 5 mM Uridin 5' difosfat (UDP) eklenerek 37 °C' de 30 dk inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda örneklerin üzerine 1 mL dinitrosalisilik çözeltisi ilave edilerek enzim reaksiyonu durdurulmuştur. Örnekler 5 dk kaynatıldıktan sonra spektrofotometrede 550 nm dalga boyunda absorbans okumaları yapılmıştır ve glikoz standartları kullanarak SuSy aktivitesi hesaplanmıştır.

Ayrıca her bir enzim için örneklenen dokulardaki aktivite nmol/mg protein biriminde hesaplanmıştır. Bu amaçla örneklenen bütün bitki dokularındaki protein miktarı Bradford'un (1976) yöntemi esas alınarak tespit edilmiştir. Bu amaçla 100 µL enzim ekstraktı üzerine 2 mL Bradford çözeltisi eklenmiş ve 15 dk içerisinde 595 nm dalga boyunda spektrofotometrik okumaları yapılmıştır. Örnekler içerisindeki protein miktarları, bovine serum albümin (BSA) kullanılarak 0- 600 µg/mL olarak hazırlanan standartlara göre belirlenmiştir.

3.15. İmmünoblot (Western Blot) Analizi

Protein ekstraksiyonu ve SDS-PAGE analizlerini takiben, dehidrin grubu proteinlerin immünoblotlama tekniği ile belirlenmesinde Arora ve Wisniewski' nin (1994) önerdiği yöntem kullanılmıştır. Bu amaçla, protein örnekleri daha önce "Toplam Çözünabilir Protein (TÇP) Analizi" bölümünde (3.18) anlatıldığı gibi bitki örneklerinden ekstrakte edilmiş ve SDS-PAGE'de yürütülmüşlerdir.

Elektroforezden sonra jeller kasetten çıkarılarak blotlama işlemine geçilmiştir, bu aşamada Bio-Rad Trans Blot® Turbo™ Transfer System blotlama ünitesi kullanılmış ve blotlama yarı kuru transfer şeklinde yapılmıştır. Jeller, kasetlere sandviç sistemi oluşturmak için yerleştirilmişlerdir. Sandviç sistemini hazırlamak için süngerler ve filtre kağıtları önceden yarı kuru transfer (Towbin) tamponunda bekletilerek ıslatılmışlardır (Çizelge 3.5). Daha sonra sünger-filtre kağıdı-jel-membran-filtre kağıdı-sünger olacak şekilde ve aralarında hava boşluğu kalmayacak şekilde sandviç sistemi hazırlanmış ve kasetlere

yerleştirilmiştir. Hazırlanan kasetler blotlama ünitesine yerleştirilmiş ve 30 dk boyunca 25 V, 1,0 A'lık akım uygulanarak proteinler nitroselüloz membranlara (BioRad, Nitroselülose membrane, # 162- 0095) aktarılmıştır.

Çizelge 3.5. Yarı kuru transfer (Towbin) tampon çözeltisi (1 L, pH 8,3) bileşenleri ve miktarları

Bileşenler	Miktar
25 mM Tris base	3, 00 g
192 mM Glisin	14,4 g
% 20 Metanol	200 mL

Transfer işleminin sonunda membranlarda dehidrin antikorunun proteinler haricinde bağlanabileceği spesifik olmayan bağlanma bölgelerini bloke etmek amacıyla tris buffer saline (TBS) solüsyonunda (Çizelge 3.6) çözülen %5'lik süt tozu içinde 1 saat oda sıcaklığında inkübe edilmiştir. Blokaj işleminden sonra membranlar, fazla süt tozunu gidermek amacıyla tris buffer saline tween-20 (TBST) çözeltisi (Çizelge 3.6) ile 2'şer kez 2'şer dk çalkalanarak yıkanmıştır.

Çizelge 3.6. TBS ve TBST çözeltilerinin (1 L, pH 7,5) bileşenleri ve miktarları

Bileşenler	TBS (Miktar)	TBST (Miktar)
Tris base	6,05 g	6,05 g
NaCl	8,76 g	8,76 g
% 0,1 Tween-20	-	100 µl

Birincil antikor olarak 1:1000 polyklonal dehidrin antikorunu (AgriSera, AS07 206) %1 BSA içeren TBST'de çözülerek hazırlanmıştır. Membranlar, birinci antikorda +4°C' de gece boyunca inkübasyona bırakıldıktan sonra, TBST'de 2'şer kez 10'ar dk çalkalanarak yıkanmıştır. Yıkama işleminden sonra membranlar %1 BSA içeren TBST solüsyonunda çözülen 1:5000 tavşan proteinlerine karşı geliştirilmiş peroksidaz-bağımlı ikinci antikor (AgriSera, AS10 206S) ile 1 sa boyunca inkübe edilmiştir. İnkübasyondan sonra membranlar TBST'de 4' er kez 10' ar dk çalkalanarak yıkanmıştır.

Yıkama uygulamasının ardından membranlarda immünoaktif bantların görüntülenmesi amacıyla substrat (alkalin fosfataz enzimi) içerisinde tutularak

membranlardaki bantların renklendirilerek görünür hale gelmesi sağlanmıştır (Bio-Rad, ImmunBlot® Opti-4CN™ Opti-4CN Goat Anti-Rabbit Detection Kit, #1708236). Substrattan alınan membranlar saf suda yıkandıktan sonra kurutulup değerlendirilinceye kadar saklanmışlardır. Membranlar üzerinde ortaya çıkan immünoreaktif bant görüntüleri bir tarayıcı yardımıyla dijital ortama aktarılmıştır. Blotlama işlemi sonucunda belirlenen immünoreaktif bantların molekül ağırlıkları, Bio-Rad Prestained Broad Range SDS-PAGE standart ile kıyaslanarak hesaplanmıştır.

3.16. Sukroz Metabolizmasında Yer Alan Genlerin İfade Seviyelerinin Belirlenmesi

3.16.1. Toplam RNA izolasyonu

Deneme süresince 15' er gün arayla alınan yaprak örnekleri ve deneme sonunda alınan yumru kabuğu ile yumru eti örnekleri, RNA izolasyonu işlemine kadar -80 °C' lik derin dondurucuda muhafaza edilmiştir. Bitki örneklerinden RNA izolasyonu Trizol protokolünde bazı modifikasyonlar yapılarak gerçekleştirilmiştir (MacRae, 2017):

- Örnekler önceden soğutulmuş steril porselen havanlar içinde sıvı azotta öğütülmüştür.
- Tüm doku örneklerinden 50 mg alınarak 2 mL' lik eppendorf tüplere aktarılmıştır.
- Tüplere 1 mL tripure eklenerek 45 sn vortekslenmiş ve pembe renk oluşumu gözlenmiştir.
- Vortekslenen tüpler 2 dk buzda inkübe edildikten sonra 5 dk oda sıcaklığında bekletilmiştir.
- 12000 RCF' te 4 °C' de 5 dk santrifüj edilmiş ve üst faz yeni bir tüpe aktarılmıştır.
- Üzerine 200 µL kloroform eklenip karıştırılmış ve 5 dk oda sıcaklığında bekletilmiştir.
- 12000 rcf' te 4 °C' de 20 dk santrifüj edilmiş ve üst faz yeni bir tüpe aktarılmıştır.
- Üzerine 500 µL izopropanol eklenmiş ve oda sıcaklığında 10 dk inkübe edilmiştir.
- 12000 rcf' te 4 °C' de 10 dk santrifüj edilmiş, santrifüj sonunda üst faz atılıp pellet tüp dibinde gözlenmiştir.
- Pellet üzerine 1 mL %70 EtOH eklenmiş ve 7500 rcf' de 4 °C' de 5 dk santrifüj edilip santrifüj sonunda üst faz atılmıştır.
- Tüpün içerisinde pelletle birlikte kalan EtOH 57 °C' de 30dk uçurulmuştur.
- Pellet, üzerine 50-100 µL RNaz-free su eklenip pipetaj yapılarak çözdürülmüştür.

İzole edilen RNA' ların miktarları ve saflıkları spektrofotometrik olarak (Thermo Scientific, NanoDrop 2000c, MA, ABD) belirlenmiştir. Miktarları belirlenen RNA' lar kullanılıncaya kadar -80 °C'lik derin dondurucuda saklanmıştır.

3.16.2. cDNA (Komplementer DNA) sentezi

Komplementer DNA (cDNA) sentezi için EvoScript Universal cDNA Master Kit (Roche, Cat. No. 07 912 455 001, İsviçre) kullanılmıştır. Çizelge 3.7' de verilen bileşenler iyice karıştırılıp santrifüj yapılarak örneklerin tüpün dibinde toplanması sağlanmıştır. Primerlerin RNA' ya bağlanması için tüpler 5 dk buzda bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda her bir tüpe 2 µL enzim karışımı (10X) eklenerek tüp içerisindeki son konsantrasyon 1X' e düşürülmüştür. Hazırlanan enzim karışımı 42 °C' de 15 dk, 85 °C' de 5dk, 65°C' de 15 dk bekletilmiş ve tüpler soğuyuncaya kadar 4°C'de tutulmuş ve kullanılıncaya kadar -20°C'lik derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.

Çizelge 3.7. Kalıp RNA-Primer karışımının (1 reaksiyon için) bileşenleri ve hazırlanması

Bileşen	Hacim (µL)	Son Konsantrasyon
Su (PCR saflığında)	Değişken	-
Reaksiyon Tampon Çözeltisi (5X)	4,0	1X
Kalıp RNA	Değişken	1 pg- 2,5 µg
Toplam Hacim	20,0	

3.16.3. Kantitatif real time (Eş zamanlı) PCR (qRT-PCR) uygulamaları

Real time PCR uygulama reaksiyonları EDGE Gıda Yem Çevre Sağlığı Analiz ve Laboratuvar Hizmetleri Ar-Ge ve Danışmanlık Hiz. San. Ve Tic. Ltd. Sti. Laboratuvarı'ndaki Light Cycler 480II (Roche, İsviçre) cihazında gerçekleştirilmiştir. Real time PCR uygulamaları en az 9 bitkiden toplanan yaprak örneklerinin karışımından en az 3 tekrar şeklinde gerçekleştirilmiştir.

3.16.4. Kullanılan primer ve proplar

Hedef genler, sukroz sintaz enzimini kodlayan gen (SuSy) ve invertaz enzimini kodlayan gen (INV) ile housekeeping (kontrol) gen bölgesi olan elongation factor 1- α (ef 1- α)’ya ait mRNA ve cDNA dizileri “National Center for Biotechnology Information (NCBI)” ve Ensemble veri tabanları kullanılarak elde edilmiştir.

Primer ve prob tasarımı, SuSy için NM_001288308 accession numarası ile belirtilen “*Solanum tuberosum* sucrose synthase (LOC102577575)”, InvGF için NM_001287894 kayıt numarası ile belirtilen “*Solanum tuberosum* beta-fructofuranosidase, insoluble isoenzyme 1-like (LOC102595603)” ve ef 1- α için AB061263 kayıt numarası ile belirtilen “LOC102577640 elongation factor 1-alpha like protein [*Solanum tuberosum* (potato)]” gen bölgelerine ait diziler kullanılarak yapılmıştır. Bu amaçla ClustalW algoritması ve Oligo 7 primer analiz yazılımı kullanılmıştır. Belirlenen primer çiftlerine ve proplara ait sekanslar, primerlerin bağlanma sıcaklığı (Tm) değeri ve PCR ürünü büyüklükleri baz çifti (bç) olarak Çizelge 3.8’ de gösterilmiştir.

Çizelge 3.8. Real Time PCR reaksiyonunda kullanılan primer ve proplara ait bilgiler

İsim		Sekans (5’-3’)	Tm (°C)	PCR ürünü büyüklüğü
SuSy	İleri	CAGGCTGGAGTCGTCTCTTAAT	58	144
	Geri	CAACCTTTCTCAAAGCCCATTT	60	
	Prob	FAM-TCTCAAAGCTACCACCAGATACACCCT – TAMRA		
InvGF	İleri	TGGGCTCATTCAGTTTCAAAG	58	97
	Geri	CAGACCACGTACCRAATTGAT	58	
	Prob	FAM-ACCCGCAATTTACCCATCYAAACC – TAMRA		
ef 1- α	İleri	AGGAACTTGAGAAGGAGCCTAAG	58	103
	Geri	GGGTATTCAGCAAAGGTCTCA	58	
	Prob	FAM-TGAAGAACGGTGATGCTGGTATGGT – TAMRA		

3.16.5. Primer optimizasyonu

Bu çalışmada kullanılan 3 primer çifti (SuSy, InvGF, ef 1- α) LightCycler 480 Probes Master Kit (Roche) içerikleri kullanılarak optimize edilmiştir. Primerlere göre optimize edilen içerik Çizelge 3.9 'da verilmiştir. Bütün primerlerin bağlanma dereceleri (Tm) 56 °C olacak şekilde optimize edilmiştir. Her primer için optimize edilen koşullara göre hazırlanan karışım eklenerek Roche Light Cycler-LC 480 cihazında protokole uygun PCR programı koşullarında amplifikasyon reaksiyonları gerçekleştirilmiştir. Reaksiyonlar sırasında housekeeping gen olarak; ef 1- α geni kullanılmıştır.

Çizelge 3.9. Real time PCR programında kullanılan primerlerin optimizasyon koşulları

Bileşen	Hacim
Master Mix (2X)	10 μ L
cDNA	Değişken
İleri primer (10 pmol)	1 μ L
Geri primer (10 pmol)	1 μ L
Prob	0,5 μ L
Su (PCR saflığında)	Değişken
Toplam hacim	20 μ L

3.16.6. Örneklerin qRT-PCR cihazına yüklenmesi

Her bir primere ait örnekleri içeren cDNA'lar ile LightCycler 480 Probes Master Kit (Roche, İsviçre) içerikleri karışımı alete ait 96'lık platelere yerleştirilerek plate 5600 rpm' de 1 dk santrifüj (Nüve, NF400, Türkiye) edilmiştir. Santrifüj sonrasında plate Roche Light Cycler Sealing foil ile kaplanarak Roche Light Cycler 480 aletinde optimize edilen sıcaklıklar seçilerek reaksiyon başlatılmıştır. Cihazda kullanılan PCR programı Çizelge 3.10'da verilmiştir.

3.16.7. Gen ifade verilerine ait analizler

Real Time PCR işlemi sonrasında, bütün örneklerde analiz edilen her gen için, uygulanan tüm stres koşullarına ve kontrollere ait örneklere ait pik profilleri belirlenmiştir. Pik profillerinden yararlanarak Ct (Cycle Threshold) değerleri oluşturulmuştur. Real Time PCR sonuçlarına göre elde edilen Ct değerleri kullanılarak $2^{-\Delta\Delta Ct}$ metoduna göre relatif ifade

(relative ekspresyon) değerleri hesaplanmıştır. SuSy ve INV genlerinin ifade seviyelerine ilişkin sonuçlar $2^{-\Delta\Delta Ct}$ metoduyla (Livak ve Schmittgen, 2001), ef $1 - \alpha$ genine göre normalize edilerek elde edilmiştir. Relatif ifade seviyesindeki değişiklikler, her stres ve zaman koşulu için 3 tekerrüre ait $2^{-\Delta\Delta Ct}$ değerleri ile bu uygulamalara ait kontrol rneklerinin $2^{-\Delta\Delta Ct}$ değerlerinin oranlanmasıyla hesaplanmıştır.

Çizelge 3.10. Real Time PCR Programı

Blok tipi		Reaksiyon Hacmi (μ L)		
96		20		
Belirleme tipi		Uyarım- ıkış filtresi		Yayım filtresi
Mono Color Hydrolysis Probe / UPL Probe				
FAM		465		510
Program adı		Döngü		Analiz Modu
n inkübasyon		1		None
Çoğaltma		50		Miktar belirleme
Soğutma		1		None
PCR koşulları				
	Sıcaklık ($^{\circ}$ C)	Acquisition Mode	Hold [hh:mm:ss]	Ramp Rate ($^{\circ}$ C/s)
n inkübasyon	95 $^{\circ}$ C	None	00:10:00	4.4 (4.8)
Amplifikasyon	95 $^{\circ}$ C	None	00:00:10	4.4 (4.8)
	56 $^{\circ}$ C	None	00:00:30	2.2 (2.5)
	72 $^{\circ}$ C	Single	00:00:01	2.2 (2.5)
Soğuma	40 $^{\circ}$ C	None	00:00:30	2.2 (2.5)

3.17. İstatistiksel Analizler

Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilks testi ile test edilmiştir. Verilerin normal dağılım göstermesi durumunda parametrik testlerle, diğer durumlarda ise non-parametrik testlerle analizler yapılmıştır. Bağımlı grupların karşılaştırmasında tekrarlı ölümler için varyans analizi, eşleştirilmiş t testi, Friedman testi ve Wilcoxon testi kullanılmıştır. Bağımsız grupların karşılaştırılmasında ise Kruskal Wallis testi ve Mann Whitney U testi kullanılmıştır. İstatistiksel analizler SPSS v.22 paket programıyla yapılmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi olarak $\alpha=0,05$ alınmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Tuza Toleranslı Çeşitlerin Belirlenmesi

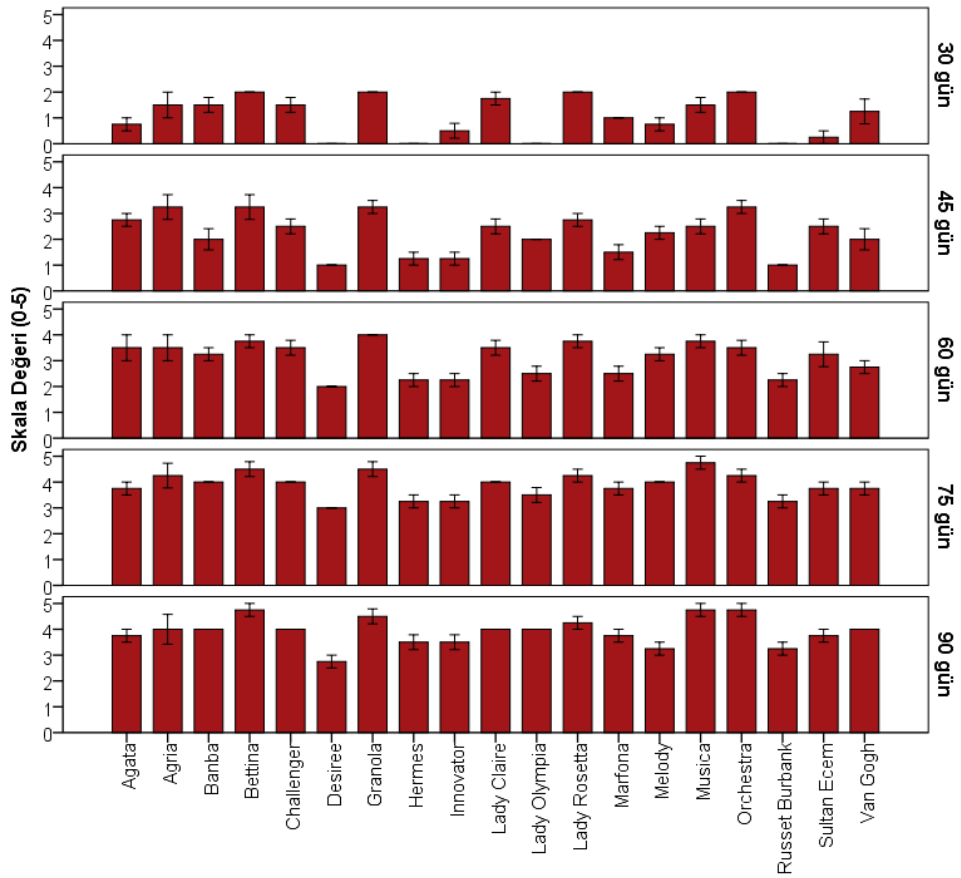
Patates (*Solanum tuberosum* L.) çeşitlerinde tuz stresi ve *Rhizoctonia solani* Kühn interaksiyonunun moleküler düzeyde incelendiği üç aşamalı bu araştırmada; denemeye alınan 19 patates çeşidinin 90 gün süreli tuz stresine (5 dSm⁻¹ NaCl) toleranslarının belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen birinci aşamada kullanılan görsel zararlanma skalası, hücre membran zararlanma oranı, lipid peroksidasyon miktarı, yaprak oransal su kapsamı (YOSK) ve turgor kaybı (TK), toplam çözünebilir protein (TÇP) miktarı ve protein profillerindeki değişimler ile verim ve verim öğelerine ait sonuçlar aşağıda verilmiştir.

4.1.1. Tuz stresi görsel zararlanma skalasına göre çeşit toleransı

Tuz (NaCl) stresine maruz bırakılan patates çeşitlerinde 15 gün aralıklarla morfolojik değişiklikler (Şekil 4.1) göz önüne alınarak belirlenen zararlanma dereceleri (0-5 skalası) Şekil 4.2'de verilmiştir. Kısa süreli (30 gün) tuz stresinin Desiree, Hermes, Lady Olympia ve Russet Burbank çeşitlerinde zararlanmaya sebep olmadığı belirlenmiştir. Agria, Granola, Orchestra çeşitlerinde 45 gün NaCl uygulamasının solgunluğa sebep olduğu, bu çeşitler dışındaki çeşitlerde solgunluk olmadığı tespit edilmiştir. Altmış günlük NaCl uygulamasında Desiree, Hermes, Innovator, Lady Olympia, Marfona ve Russet Burbank çeşitleri dışındaki çeşitlerde solgunluk ile yaprak ve gövdede zararlanma olduğu kaydedilmiştir. Uzun süreli tuz stresine (75 ve 90 gün) maruz kalan bitkilerin tamamında yaprak ve gövdede zararlanma saptanmıştır. Bettina, Granola, Lady Claire, Lady Rosetta, Musica ve Orchestra çeşitlerinin turgorunu tamamen kaybettiği, diğer çeşitlerde de solgunluk olduğu gözlenmiştir. Tuz stresine maruz kalma süresi arttıkça çeşitlerde meydana gelen zararlanmanın da arttığı tespit edilmiştir. Her bir örnekleme zamanında çeşitler arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir (30 ve 45 gün, p≤0,001; 60, 75, 90 gün, p=0,001) (Ek Açıklamalar-A.1).



Şekil 4.1. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates bitkilerinin yapraklarında görülen bazı morfolojik değişiklikler



Şekil 4.2. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerinin yapraklarındaki zararlanma. Dikey barlar tekerrürlerin \pm standart hatalarını (SH) göstermektedir.

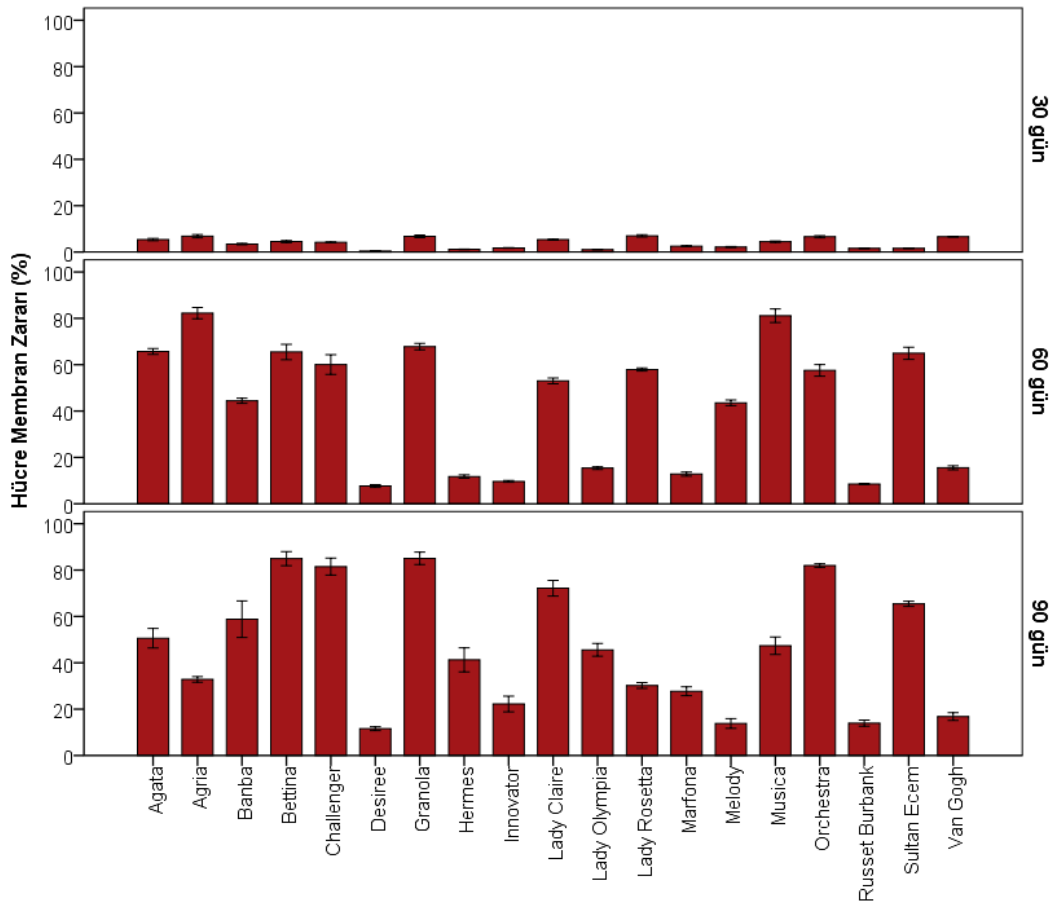
Kısa ve orta süreli tuz stresinin ($5 \text{ dS m}^{-1} \text{ NaCl}$) patates bitkilerinin canlılığını çok fazla etkilemediği, tuza maruz kalma süresi arttıkça yaprak ve gövdede zararlanmalar ile solgunluk ve hatta çeşidin hassasiyetine göre turgorunu tamamen kaybetmiş bitkilerin olduğu saptanmıştır. Tuz stresine maruz bırakılan bitkilerde 30, 45, 60, 75 ve 90 gün sonunda yapılan değerlendirmelere göre; Desiree, Hermes, Innovator, Lady Olympia, Russet Burbank çeşitlerinin hem her bir örnekleme zamanında ayrı ayrı hem de deneme sonunda en az ortalama zararlanma skoruna sahip olduğu gözlenmiştir. Bettina, Granola, Lady Claire, Lady Rosetta ve Orchestra çeşitlerinin ise en yüksek zararlanma değerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Celebi-Toprak vd. (2005), tuz stresine tolerans sağlamak amacıyla DREB1A geni aktarılmış patates bitkileri ve Desiree çeşidi ile yaptıkları çalışmada stresin erken dönemlerinde ve toleransı arttırılmış bitkilerde zararlanma skalası değerlerinin daha düşük olduğunu, tuza maruziyet süresi arttıkça bitkilerdeki zararlanmanın arttığını ve hatta bitkilerde ölümlerin görüldüğünü belirtmişlerdir. Benzer bir şekilde tuz stresinin, toleranslı çeltik bitkileri de dahil olmak üzere bitkilerin yapraklarında zararlanmaya sebep olduğu, çeşitlerin hassasiyetlerine bağlı olarak büyümenin gerilediği, yaprakların kuruduğu ve bazı bitkilerin öldüğü görsel olarak değerlendirip raporlanmıştır (Chunthaburee vd., 2016). Farklı araştırmacılar çilekte (Turhan, 2002; Turhan ve Eris, 2005), armutta (Okubo ve Sakuratani 2000) ve gülde (Wahome vd., 2001) tuz stresinin yaprak ve sürgünlerde nekrozlara sebep olduğunu tespit etmiştir. Tuza maruz kalma süresinin uzaması durumunda (haftalar-aylar) toleranslı çeşitlerde yaprak büyümesinin, yan sürgün gelişiminin azaldığı; hassas çeşitlerde ise yaşlı yapraklarla birlikte genç yapraklarda yaşlanma ve hatta tohumlar olgunlaşmadan bitki ölümünün gerçekleşebileceği belirtilmiştir (Munns, 2002).

4.1.2. Hücre membran zararı

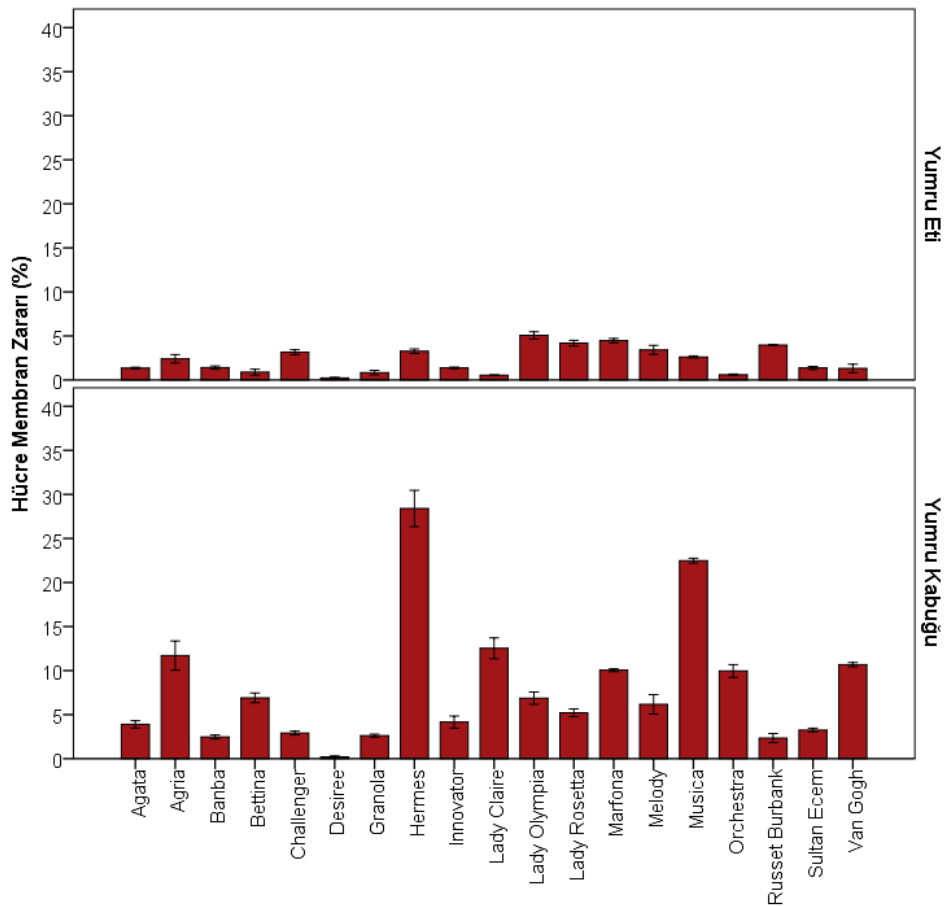
Tuz stresi uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerinin yapraklarındaki hücre membran zararlanma oranları Şekil 4.3'te verilmiştir. Otuz gün sonunda çeşitlerin yapraklarından alınan örneklerdeki zararlanma oranı değerlendirildiğinde; Van Gogh (%6,60), Orchestra (%6,63), Granola (%6,77), Agria (%6,83) ve Lady Rosetta (%6,97) çeşitlerinin en yüksek zararlanma oranına sahip olduğu belirlenmiştir. Desiree çeşidi %0,42

hücre membran zararlanma oranı ile en düşük zararlanma değerine sahip olmuştur. Altmış günlük NaCl uygulaması sonunda yapılan analize göre ortalama yaprak hücre membran zararlanma oranları değerlendirildiğinde; Musica (%81,14) ve Agria (%82,24) çeşitleri en yüksek değere sahipken, Desiree (%8,50) ve Russet Burbank (%7,65) çeşitlerinin en düşük zararlanma oranına sahip olduğu belirlenmiştir. Doksan gün NaCl uygulamasına maruz bırakılan bitkilerin yaprak zararlanma oranı değerlendirildiğinde; Granola ve Bettina çeşitlerinin en yüksek, Desiree, Melody ve Russet Burbank çeşitlerinin ise en düşük zararlanma değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Yaprak dokularının hücre membran zararlanma oranları değerlendirildiğinde; çeşitler bazında örnekleme zamanları arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Her bir örnekleme zamanında çeşitler arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir ($p \leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-A.2).



Şekil 4.3. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerinin yapraklarındaki hücre membran zararı. Dikey barlar tekerrürlerin \pm SH'larını göstermektedir.

Patates çeşitlerine ait yumru dokularındaki ortalama hücre membran zararlanma oranları değerlendirildiğinde (Şekil 4.4); Hermes ve Musica çeşitlerinin sırasıyla %15,84 ve %12,54 ile en yüksek zararlanma değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu çeşitleri Marfona (%7,26), Agria (%7,06), Lady Claire (%6,54) ve Van Gogh (%6,00) çeşitleri takip etmiştir. Desiree çeşidinin yumru dokularında ortalama %0,21 ile en düşük zararlanma oranına sahip olduğu tespit edilmiştir. Desiree çeşidinin her iki dokuda da (yumru etinde %0,23 ve yumru kabuğunda %0,20) en düşük hücre membran zararlanma oranına sahip olduğu belirlenmiştir. Genel olarak çeşitlerin yumru eti dokularının, yumru kabuğu dokularına kıyasla daha düşük hücre membran zararlanma değerlerine sahip olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.4. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerinin yumru dokularındaki hücre membran zararları. Dikey barlar tekerrürlerin \pm SH'larını göstermektedir.

Çeşitlerin yumru eti ve yumru kabuğu dokularında NaCl uygulamasına bağlı olarak oluşan zararlanmanın farklı olduğu ancak bu farklılıkların istatistiki olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca çeşitlerin yumru eti dokusundaki zararlanmanın yaprak dokusundaki

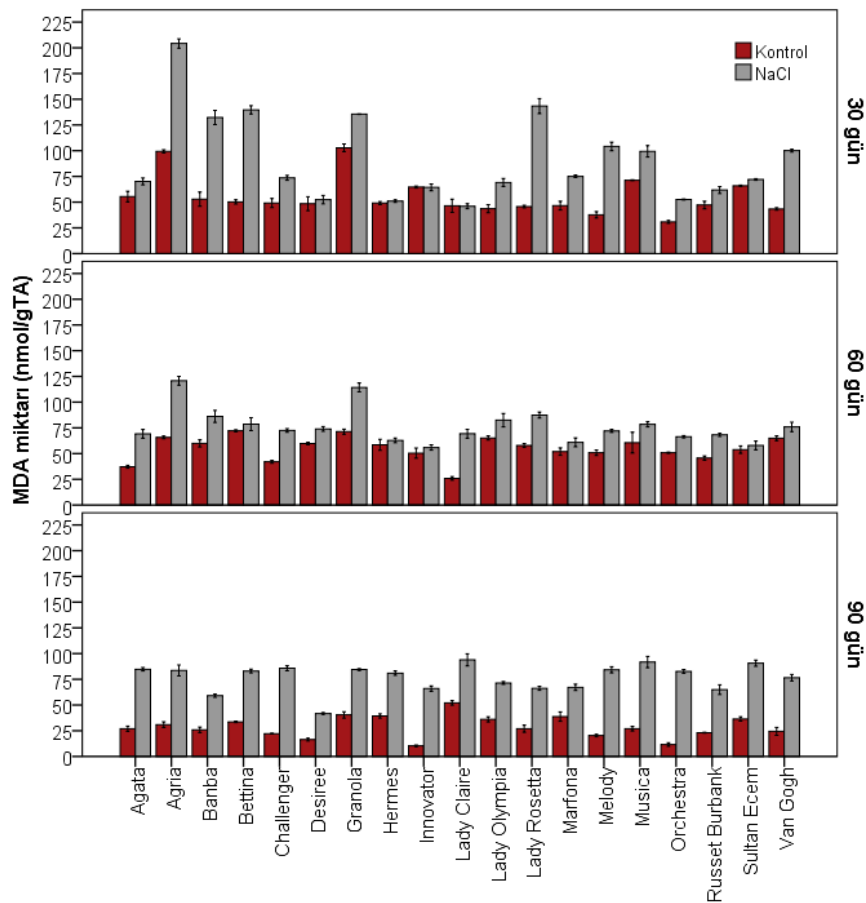
zararlanma ile paralellik gösterdiği belirlenmiştir. Bununla birlikte, her iki dokuda da çeşitler arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($p \leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-A.2).

Çeşitlerin yapraklarındaki hücre membran zararlanma oranları ve zamana bağlı değişimleri fenotipik zararlanma skalası değerleri ile paralellik göstermektedir. Tuz stresi uygulamasının sonunda Bettina, Granola, Musica ve Orchestra patates çeşitlerinin en yüksek hücre membran zararlanma oranına sahip olduğu, Desiree, Melody ve Russet Burbank çeşitlerinin ise en düşük hücre membran zararlanma değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Agata, Agria ve Melody çeşitlerinin yaprak dokularındaki hücre membran zararı miktarının 90 gün örneklemelerinde 60 güne kıyasla azaldığı saptanmıştır. Stres süresinin uzamasına bağlı olarak bitkiler bu koşullara uyum sağlayarak tolerans geliştirebilmektedir (Taiz ve Zeiger, 2006).

Deneme sonunda hasat edilen yumru eti ve yumru kabuğu örneklerine ait hücre membran zararlanma oranları değerlendirildiğinde ise; Bettina, Challenger, Granola, Lady Claire ve Orchestra çeşitlerinin en yüksek hücre membran zararlanma oranına sahip olduğu tespit edilmiştir. Plazma zarı, stres koşullarından etkilenen ilk bölgedir (Nxele vd., 2017). Çevresel stresler altında bitki hücre membranları, bütünlük eksikliğine ve dolayısıyla geçirgenlikte artışlara neden olan değişikliklere uğramaktadır (Taïbi vd., 2016). Bu nedenle, hücre zarının, hücrelerin içindeki ve dışındaki iyon trafiği hızını kontrol etme yeteneği, membran hasarının bir belirtisi olarak kullanılmaktadır (Hosseini-Boldaji vd., 2017). Dört patates çeşidi (Arnova, Provento, Burren ve Riviera) ile yapılan bir çalışmada, çeşitlerin tuza toleransları %50 zararlanma eşiği temel alınarak belirlenmiş ve farklı tuz konsantrasyonlarında ortalama en az zararlanmayı gösteren Riviera çeşidi en toleranslı, 10 ve 12 dSm⁻¹ NaCl koşullarında %50' den fazla zararlanma gösteren Arnova çeşidi ise en hassas çeşit olarak belirlenmiştir (Al-Hussaini vd., 2015). On *Solanum tuberosum* çeşidi ve 11 yabancı *Solanum* türü asessyonu İ.S analizi temelinde tuza tolerans bakımından taranmış ve Alpha ve Bintje çeşitlerinde NaCl stres toleransı yüksek bulunmuştur. Soya fasulyesi, kavun gibi farklı bitki türlerinde yapılan tuz toleransı taramalarında da MSI (yüksek ise toleranslı) ve İ.S. (yüksek ise hassas) değerleri temel alınarak çeşitlerin tuza reaksiyonları belirlenmiştir (Abdelraouf ve Elgarhy, 2017; Akrami ve Arzani, 2018).

4.1.3. Lipid peroksidasyonu (MDA miktarı)

Şekil 4.5'te NaCl uygulamasının (5 dSm^{-1}) patates çeşitlerinin yapraklarındaki MDA miktarı üzerindeki etkisi gösterilmiştir. Uygulamalar ve çeşitlere göre 30 gün sonundaki ortalama MDA miktarları değerlendirildiğinde; Agria $151,50 \text{ nmol/gTA}$ ile en yüksek MDA miktarına sahip iken, Lady Claire ($46,29 \text{ nmol/gTA}$), Hermes ($49,91 \text{ nmol/gTA}$) ve Desiree ($50,47 \text{ nmol/gTA}$) çeşitlerinin ise, en düşük MDA miktarına sahip olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.5. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerinin yapraklarındaki MDA miktarı. Dikey barlar tekerrürlerin $\pm \text{SH}$ 'lerini göstermektedir.

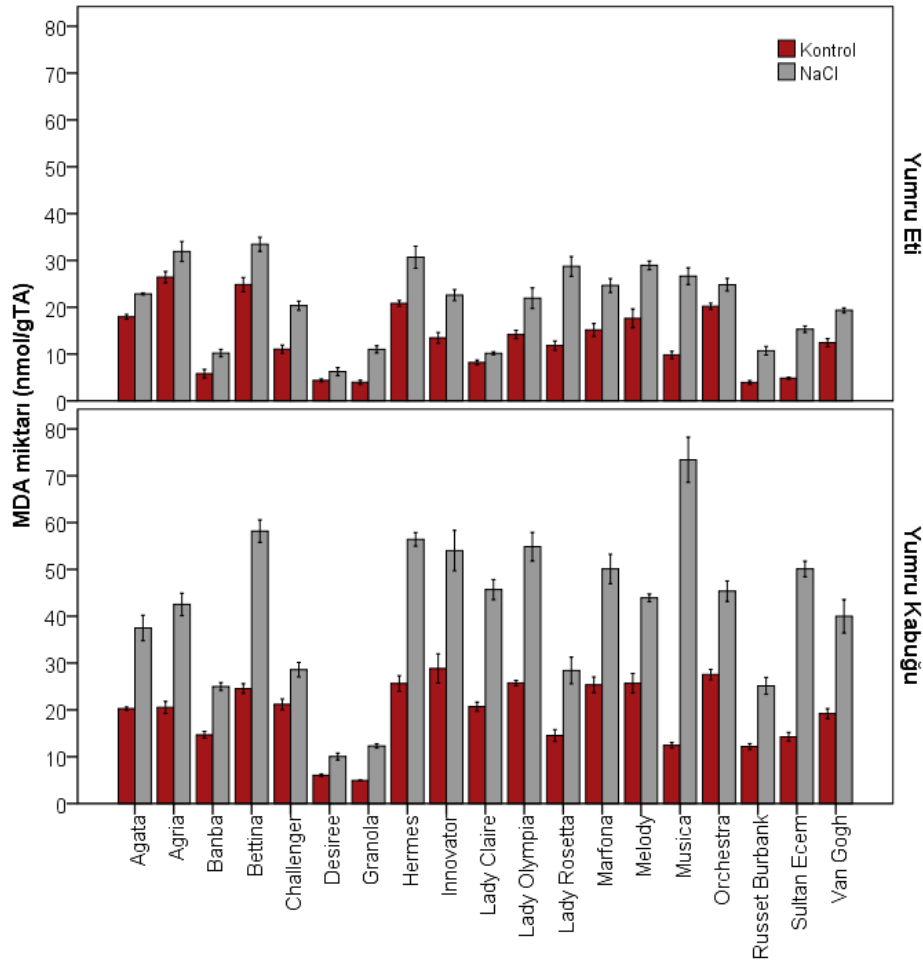
60 gün sonunda yapılan ölçümlere göre ortalama MDA miktarları değerlendirildiğinde; Agria ($97,20 \text{ nmol/gTA}$) ve Granola ($92,70 \text{ nmol/gTA}$) ortalama en yüksek MDA miktarına sahip iken, Lady Claire $47,56 \text{ nmol/gTA}$ MDA miktarı ile en düşük MDA miktarına sahip olmuştur. Uygulamalar karşılaştırıldığında ise; kontrolde $54,93 \text{ nmol/gTA}$ olan MDA miktarı NaCl uygulamasıyla $76,47 \text{ nmol/gTA}$ olmuştur.

NaCl uygulamasına başlandıktan sonraki 90. günde yapraklardaki ortalama MDA miktarları değerlendirildiğinde; Lady Claire 75,95 nmol /gTA ile en yüksek MDA miktarına sahip iken, Desiree' ın 29,11 nmol /gTA ile en düşük MDA miktarına sahip olduğu tespit edilmiştir. Agria ve Granola ($p \leq 0,001$), Banba ve Lady Rosetta ($p = 0,002$), Bettina ve Innovator ($p = 0,030$), Desiree ($p = 0,001$), Lady Claire ($p = 0,010$), Lady Olympia ve Musica ($p = 0,034$) çeşitlerinde örnekleme zamanları arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Otuzuncu ve altmışıncı günlerde ($p \leq 0,001$) çeşitler arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar belirlenirken doksanıncı gün örneklerinde çeşitler arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (Ek Açıklamalar-A.3).

Patates çeşitlerine ait yumruların kabuklarından yapılan ölçümlere göre ortalama MDA oranları değerlendirildiğinde; Musica (42,92 nmol /gTA) ortalama en yüksek MDA miktarına sahip iken, Desiree 08,03 nmol /gTA ve Granola 08,60 nmol /gTA MDA miktarı ile en düşük MDA miktarına sahip olmuştur (Şekil 4.6). Yumrulardan alınan veriler karşılaştırıldığında; Agria ve Bettina çeşitleri ise sırasıyla 29,16 nmol /gTA ve 29,14 nmol /gTA MDA miktarı ile en yüksek MDA miktarına sahip olmuştur. En düşük MDA miktarı ise 5,31 nmol /gTA MDA miktarı ile Desiree çeşidinde belirlenmiştir. Buna göre çeşitler, uygulamalar ve örneklenen kısımlar arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Hem yumru eti hem de yumru kabuğunda her iki uygulamada da ($p \leq 0,001$) çeşitler arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur (Ek Açıklamalar-A.3).

Hücrel zararlanmanın bir göstergesi olan lipid peroksidasyonu (MDA miktarı) sonuçlarına bakıldığında ise; 90 günün sonunda Agria, Granola, Lady Claire ve Sultan Ecem çeşitlerine ait yaprak, Agria ve Bettina çeşitlerine ait yumru ve yumru kabuğu örneklerinde MDA miktarının daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Patates çeşitlerine ait veriler örnekleme dönemi ve örneklenen kısım bazında ayrı ayrı ve genel olarak değerlendirildiğinde; Desiree ve Russet Burbank çeşitlerinin tuz stresine en toleranslı, Granola ve Lady Claire çeşitlerinin ise en hassas çeşitler olduğu belirlenmiştir. Tuz stresi hem ozmotik hem de oksidatif strese sebep olarak; membran organizasyonunun bozulmasına neden olmaktadır (Krasensky ve Jonak, 2012). Tuz stresine maruz kalan bitkilerde, oksidatif hasarları hafifletmek ve hücrel zararların bütünlüğünü korumak, tuzluluk toleransındaki mekanizmalardan biri olarak kabul edilmektedir (Stevens vd., 2006; Hu vd., 2012). İyon sızıntısı miktarına ek olarak, lipid

peroksidasyon ürünü olan MDA'nın, canlı hücrelerdeki ROS seviyelerini, oksidatif stresin derecesini, membran stabilitesini ve hasarını değerlendirmek için kullanılan uygun bir biyobelirteç olduğu bildirilmektedir (Arefian vd., 2014; Negrão vd., 2017; Singh vd., 2018a).



Şekil 4.6. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerinin yumru dokularındaki MDA miktarı. Dikey barlar tekerrürlerin \pm SH'larını göstermektedir.

Patateste tuz toleransını sağlayan mekanizmalar yeterince anlaşılacakla birlikte hassas ve toleranslı çeşitlerin karşılaştırılması, toleranslı çeşitlerde MDA birikiminin tuz stresine toleransla ilişkili olduğunu göstermiştir (Sobhanian vd., 2011). Yabancı patates türlerinin (*S. stoloniferum* ve *S. bulbosum* ve *S. acaule*) NaCl stresine tepkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, *S. acaule*'de gözlenen düşük MDA ve İ.S. değerleri, NaCl stresi altında, bu türün lipid peroksidasyonuna daha az maruz kaldığı ve membran geçirgenliğinin yüksek tuz seviyesinden daha az etkilendiği saptanmıştır. Bu durum, yüksek düzeyde

tuzluluğa maruz kalan *S. acaule* türünün tuza toleransının nedenlerinden biri olabileceği şeklinde açıklanmıştır (Daneshmand vd., 2010). Üç yapraklı fide aşamasında bulunan 10 buğday genotipi NaCl stresine maruz bırakıldığında, kontrol bitkilerine kıyasla, bütün genotiplerin MDA seviyelerinin %20-40 arttığı belirlenmiştir. Genotiplerin MDA miktarlarının tuza toleranslarına bağlı olarak paralellik gösterdiği saptanmıştır (Filek vd., 2012).

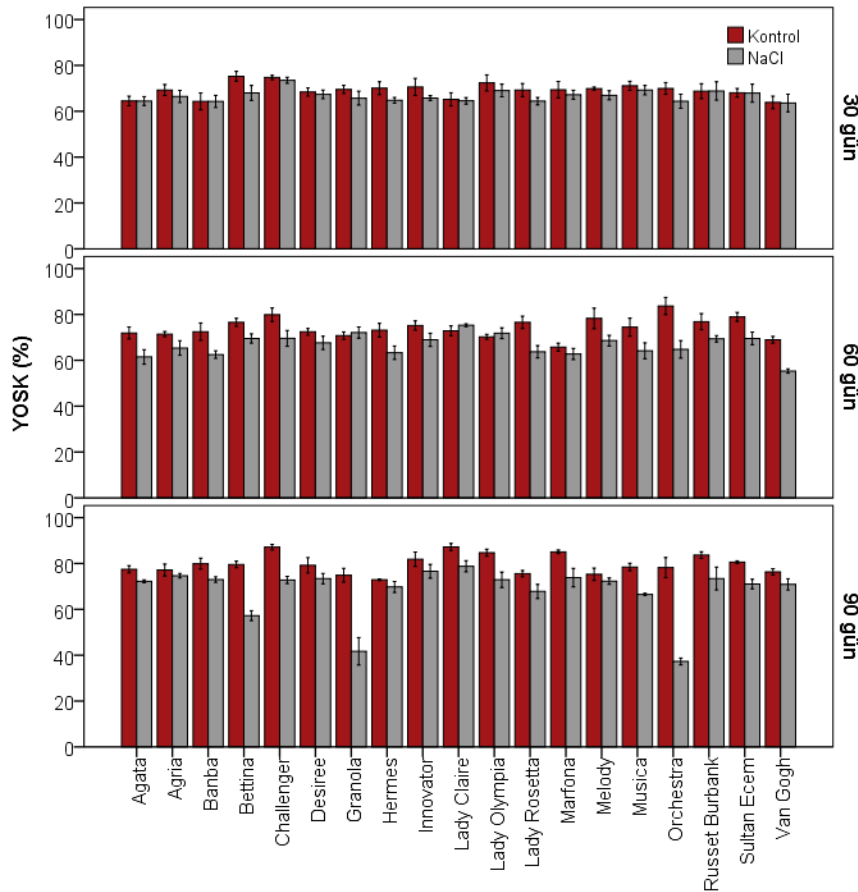
4.1.4. Yaprak oransal su kapsamı (YOSK) ve turgor kaybı (TK)

Şekil 4.7’de 30, 60 ve 90 gün süreli NaCl uygulamasının (5 dSm^{-1}) patates çeşitlerinin yapraklarındaki YOSK ve TK üzerindeki etkisi gösterilmiştir. Otuz günlük süre içerisinde NaCl uygulamasının (5 dSm^{-1}) patates çeşitlerinin yapraklarındaki YOSK ve TK üzerindeki etkisi gösterilmiştir. Uygulamalar ve çeşitlere göre ortalama YOSK oranları değerlendirildiğinde; Challenger %74,10 ile en yüksek YOSK’na sahip iken, Van Gogh çeşidinin ise %63,70 ile en düşük YOSK değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Uygulamalar karşılaştırıldığında ise; kontrol uygulamasının YOSK değeri %69,25 iken NaCl uygulamasının (5 dSm^{-1}) YOSK değeri %66,64 olmuştur (Şekil 4.7). Buna göre çeşitler arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p=0,022$) (Ek Açıklamalar-A.4).

Altmış günlük süre sonunda uygulamalar ve çeşitlere göre ortalama YOSK oranları değerlendirildiğinde; Challenger (%74,72) ortalama en yüksek YOSK’na sahip iken, Van Gogh (%63,12) en düşük YOSK’na sahip olmuştur. Uygulamalar karşılaştırıldığında ise; kontrolde %74,21 olan YOSK, 5 dSm^{-1} NaCl uygulamasıyla %66,61 olmuştur (Şekil 4.7). Buna göre çeşitler arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p=0,009$) (Ek Açıklamalar-A.5).

Doksan günlük süre içerisinde uygulamalar ve çeşitlere göre ortalama YOSK oranları değerlendirildiğinde; Lady Claire %83,00 ile en yüksek YOSK’na sahip iken, Orchestra ve Granola çeşitlerinin ise sırasıyla %65,61 ve %65,78 ile en düşük YOSK değerlerine sahip oldukları tespit edilmiştir. Uygulamalar karşılaştırıldığında ise; kontrol uygulamasının YOSK değeri %79,74 iken NaCl uygulamasının (5 dSm^{-1}) YOSK değeri %68,12 olmuştur

(Şekil 4.7). Buna göre çeşitler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p=0,003$) (Ek Açıklamalar-A.4).

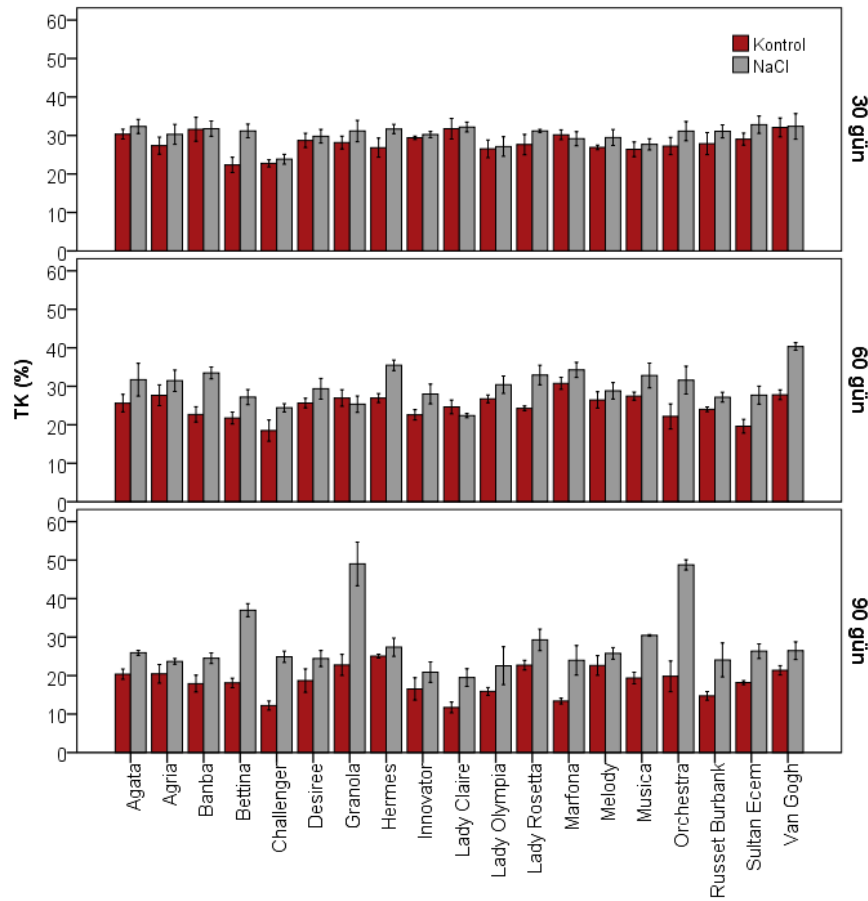


Şekil 4.7. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerinin YOSK değerleri. Dikey barlar tekerrürlerin \pm SH'lerini göstermektedir.

Şekil 4.8'de 5 dSm^{-1} NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerinin TK değerlerinde meydana gelen değişimler verilmiştir. Uygulamalar ve çeşitlere göre 30 günlük ortalama TK oranları değerlendirildiğinde; Van Gogh (%32,23) ortalama en yüksek TK değerine sahip iken, Challenger (%23,30) en düşük TK değerine sahip olmuştur. Uygulamalar karşılaştırıldığında ise; kontrolde %28,06 olan TK, NaCl uygulamasıyla %30,33 olmuştur. Buna göre çeşitler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p=0,024$) (Ek Açıklamalar- A.5).

Altmış günlük TK oranları değerlendirildiğinde; Van Gogh çeşidi %33,16 ile en yüksek TK'na sahip iken, Challenger (%21,45) ve Lady Claire (%21,02) çeşitlerinin ise, en

düşük TK değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Uygulamalar karşılaştırıldığında ise; kontrol uygulamasının TK değeri %24,86 iken 5 dSm⁻¹ NaCl uygulamasının TK değeri %30,24 olmuştur (Şekil 4.8). Buna göre çeşitler arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur (p=0,001) (Ek Açıklamalar-A.5).



Şekil 4.8. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerinin TK değerleri. Dikey barlar tekerrürlerin \pm SH'larını göstermektedir.

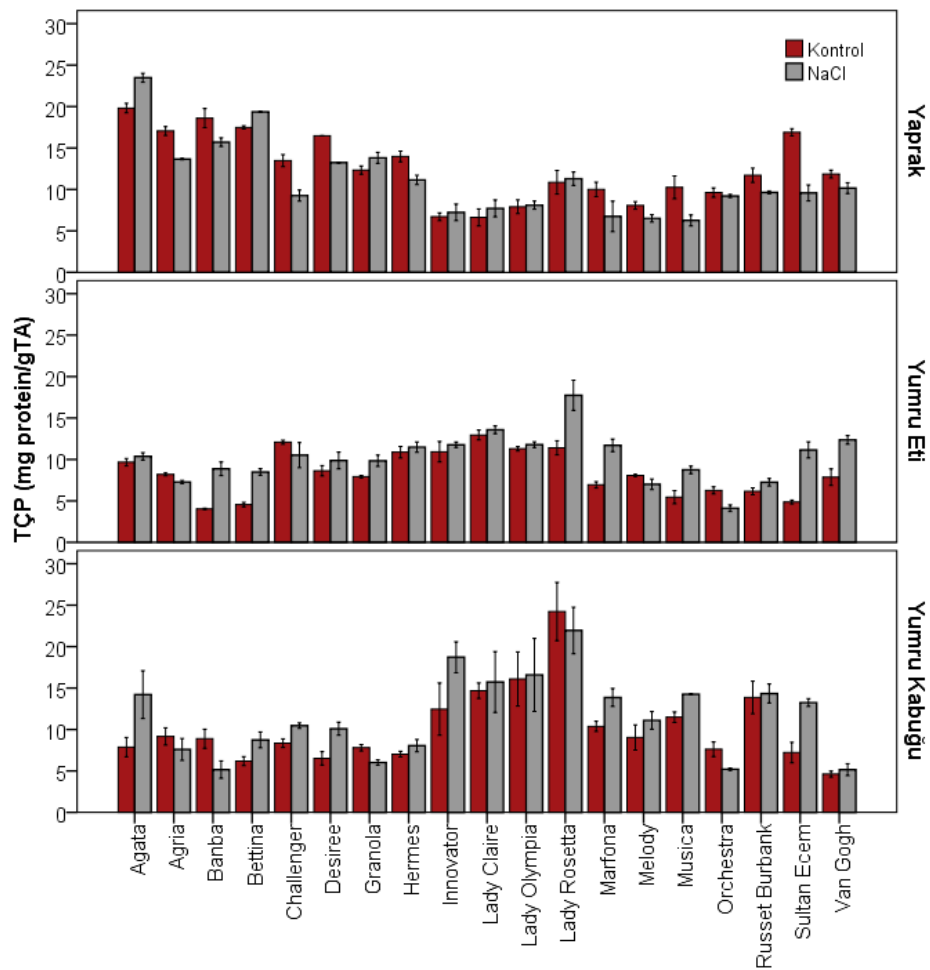
Doksan günlük TK oranları değerlendirildiğinde; uygulamalar ve çeşitlere göre ortalama TK oranları değerlendirildiğinde; Granola (%37,76) ortalama en yüksek TK'ya sahip iken, Lady Claire (%15,61) en düşük TK'ya sahip olmuştur (Şekil 4.8). Uygulamalar karşılaştırıldığında ise; kontrolde %18,41 olan TK NaCl uygulamasıyla %28,26' ya yükselmiştir (Şekil 4.8). Buna göre çeşitler arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur (p=0,004) (Ek Açıklamalar-A.5).

Yaprak oransal su kapsamı (YOSK) sonuçları değerlendirildiğinde; 90 günlük NaCl uygulaması sonunda Lady Claire çeşidi en yüksek, Granola ve Orchestra çeşitleri en düşük YOSK değerlerine sahip olmuştur. Turgor kaybı (TK) sonuçlarına bakıldığında ise; Granola çeşidi en yüksek, Lady Claire çeşidi ise en düşük TK değerlerine sahip olmuştur. Artan tuzluluk seviyeleri ile YOSK'nın azalmasının ana nedeni, kök rizosferinde tuz birikmesinin neden olduğu ozmotik potansiyel azalmasına bağlı olarak suyun alınımındaki azalma olarak açıklanmaktadır. Su stresine bağlı olarak YOSK'ndaki azalmanın, köklerde ABA üretimi ve stoma bekçi hücrelerinde ABA birikmesi sonucu su stresi altında stomaların kapanması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Dehnavi vd., 2017). Patates bitkisinde yaprak su ve ozmotik potansiyeli artan NaCl konsantrasyonları ile azalmaktadır (Heuer ve Nadler, 1998). Turgorun korunması genellikle hücrede çözünen konsantrasyonunun artırılmasıyla elde edilmektedir ve bu mekanizma ozmotik düzenleme olarak tanımlanmaktadır (Heuer ve Nadler, 1998). Genellikle turgor basıncı, bitkilerdeki su stresinin en iyi göstergesi olarak kabul edilmektedir (Riboldi vd., 2016), ancak her zaman su sınırlamalarının neden olduğu fizyolojik fonksiyonlardaki değişikliklerle ilişkili değildir (Boyer, 1970; Heuer ve Nadler, 1998). Su sınırlaması altında, hücre boyutunun azaltılmasıyla turgor basıncının muhafaza edilmesi olasılığı bulunmaktadır (Katerji vd., 1998; Romero-Aranda vd., 2001). Ayrıca, hücre duvarı esnekliğindeki değişiklikler, aynı zamanda bitkiler tarafından su eksikliğinin tolere edilebileceği mekanizmalar olarak da düşünülmektedir (Heuer ve Nadler, 1998). Bitkilerin tuz stresine maruz kalma süreleri arttıkça YOSK miktarlarının azaldığı dut ve hıyar bitkilerinde yapılan çalışmalarla tespit edilmiştir (Ahmad vd., 2010; Furtana ve Tıprıdamaz, 2010) Elde edilen bulgulara göre, YOSK ve TK değerlerinin patates bitkilerinin tuz stresine tepkilerini belirlemede etkili olmasına karşın çeşit toleransı belirlemede etkili birer parametre olmadıkları saptanmıştır. Turhan (2002) tarafından çilek bitkisinde yapılan çalışmada kısa süreli tuz uygulamalarının bitkilerde turgor kaybına neden olmadığı, orta ve uzun vadeli tuz uygulamalarının ise turgor kaybını genelde arttırdığı belirlenmiştir.

4.1.5. Toplam çözünebilir protein (TÇP) miktarı

NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerinin yaprak, yumru eti ve yumru kabuğu dokularındaki TÇP miktarında meydana gelen değişimler Şekil 4.9'da verilmiştir. Doksan gün sonunda çeşitlere göre yapraklarda bulunan TÇP miktarı değerlendirildiğinde; Agata çeşidi en yüksek (21,64 mg protein/gTA) TÇP miktarına sahip olurken, bu çeşidi

Bettina (18,42 mg protein/gTA), Banba (17,15 mg protein/gTA), Agria (15,36 mg protein/gTA), Desiree (14,85 mg protein/gTA) çeşitleri takip etmiştir. Innovator (6,97 mg protein/gTA), Lady Claire (7,17 mg protein/gTA), Melody (7,29 mg protein/gTA), Lady Olympia (8,00 mg protein/gTA), Musica (8,25 mg protein/gTA) Marfona (8,38 mg protein/gTA) çeşitleri ise en düşük yaprak TÇP miktarına sahip olmuştur. Uygulamalar bazında çeşitler arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-A.6).



Şekil 4.9. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerinin yaprak, yumru eti ve yumru kabuğu dokularındaki TÇP miktarı. Dikey barlar tekerrürlerin \pm SH'larını göstermektedir.

Patates çeşitlerine ait yumru eti ve yumru kabuğu dokularındaki TÇP miktarı değerlendirildiğinde; Lady Rosetta 19,02 mg protein/gTA miktarı ile en yüksek TÇP değerine sahip olmuştur. Orchestra, Bettina, Banba, Van Gogh ve Granola çeşitleri sırasıyla, 6,00 mg protein/gTA, 6,78 mg protein/gTA, 7,04 mg protein/gTA, 7,45 mg protein/gTA ve

8,05 mg protein/gTA değerleri ile en dūřuk TP miktarına sahip olmuştur (şekil 4.9). Hem yumru eti hem de yumru kabuğu dokularında, her iki uygulamada da ($p \leq 0,001$) eřitler arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur (Ek Açıklamalar-A.6).

Yapılan çalışmada bütun patates çeşitlerinde toplam çözünebilir protein miktarının tuz stresi uygulamasıyla azaldığı tespit edilmiştir. En yüksek toplam çözünebilir protein miktarı Russet Burbank eřidinde belirlenirken en dūřuk protein miktarı Lady Claire eřidinde tespit edilmiştir. Bununla birlikte kontrol uygulamasına kıyasla protein miktarında en fazla dūřuř Granola çeşidine ait olmuştur. Bitkilerin ozmotik stres koşulları ile bařa çıkmak için kullandıkları önemli mekanizmalarından biri de proteinlerin ozmotik düzenleme görevi ile sentezlenmesidir (Ashraf ve Harris, 2004). Tuzluluk, bitkilerdeki protein modeli üzerinde iki yönlü bir etkiye sahiptir; tuzlu koşullarda toplam protein miktarı azalırken (Delgado vd., 1993) tuzluluğun etkisini tolere etmek için gerekli olan diğer spesifik proteinlerin sentezi artar (Chen ve Plant, 1999). Tuz stresine bağlı olarak artan protein miktarı, yeni oluşan proteinler kadar var olan proteinlerin ifadesindeki artışa da dayanmaktadır (Dubey ve Rani, 1989). Bunun yanı sıra, protein miktarındaki azalma ise; tuz stresi koşullarında amino asitlerin ve proteinlerin sentezinde görev alan enzimlerin denatürasyonu, amino asitlerin kullanılabilirliğinde azalma ve bunun sonucu olarak protein sentezindeki azalmaya dayanmaktadır (Popova vd., 1995). Tuz stresine maruz bırakılan patates bitkilerinde, protein miktarının (Heuer ve Nadler, 1998) azaldığı belirlenmiştir. Yaprakların TP içeriklerinin *Amaranthus tricolor* (Wang ve Nill, 2000), turp (Muthukumarasamy vd., 2000) ve *Bruguiera parviflora* (Parida vd., 2002) bitkilerinde de tuzluluğa cevap olarak azaldığı bildirilmiştir. Dut eřitlerinde ise TP içeriğinin dūřuk tuzlulukta arttığı, fakat yüksek tuzlulukta azaldığı rapor edilmiştir (Agastian vd., 2000).

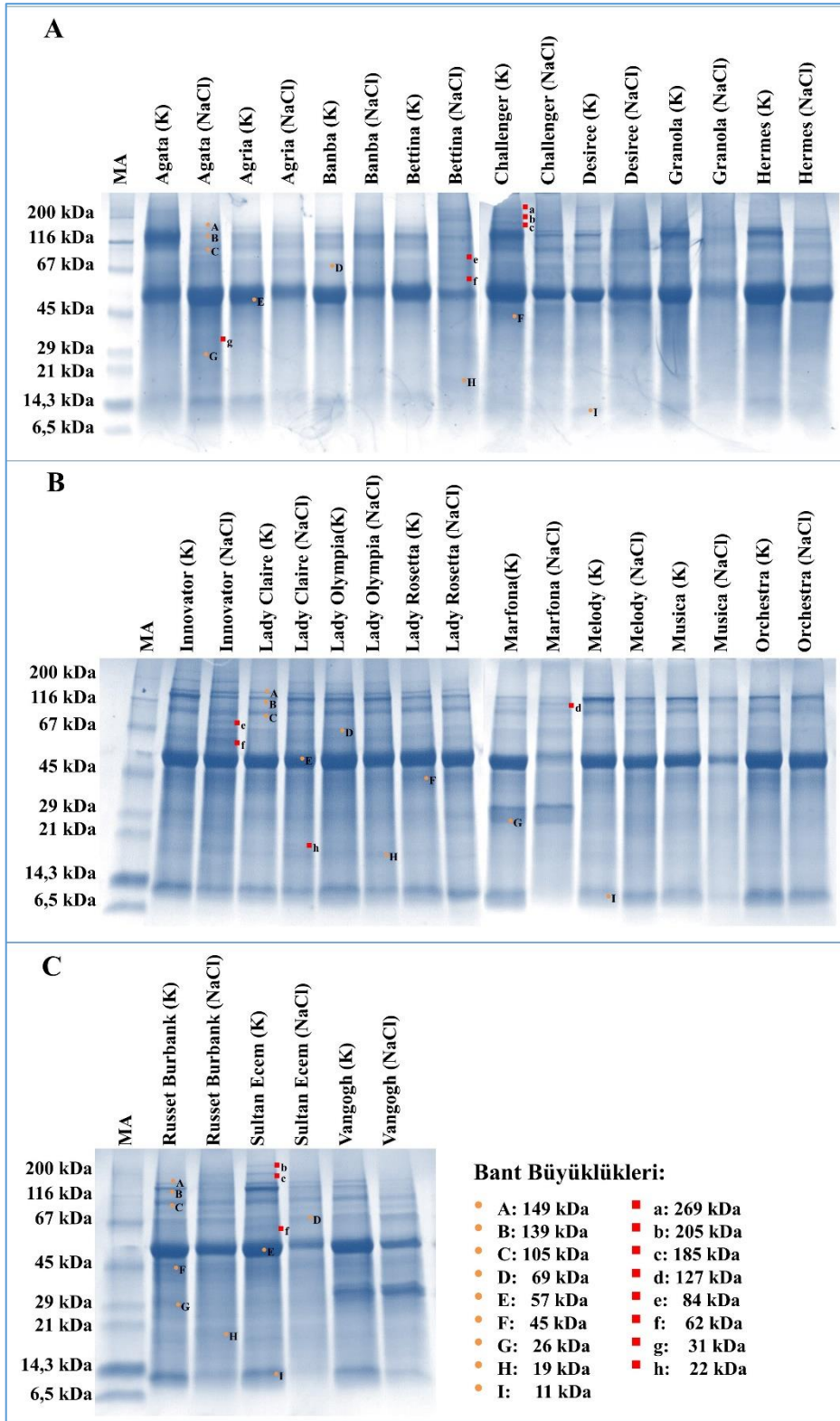
4.1.6. SDS- PAGE analizi

Patates eşitlerinin yaprak (şekil 4.10) yumru eti (şekil 4.11) ve yumru kabuğu dokularında (şekil 4.12) NaCl uygulamasına (5 dSm^{-1}) bağlı olarak 90 gün sonunda değişiklik gösteren pek çok protein bandı belirlenmiştir. Ancak sadece stres ile değişen bantlara odaklanılmıştır. Buna göre çeşitler arasında farklı olduğu gözlenen; kontrol örneğinde varken NaCl uygulamasında gözlenmeyen ya da NaCl uygulamasında görünürken

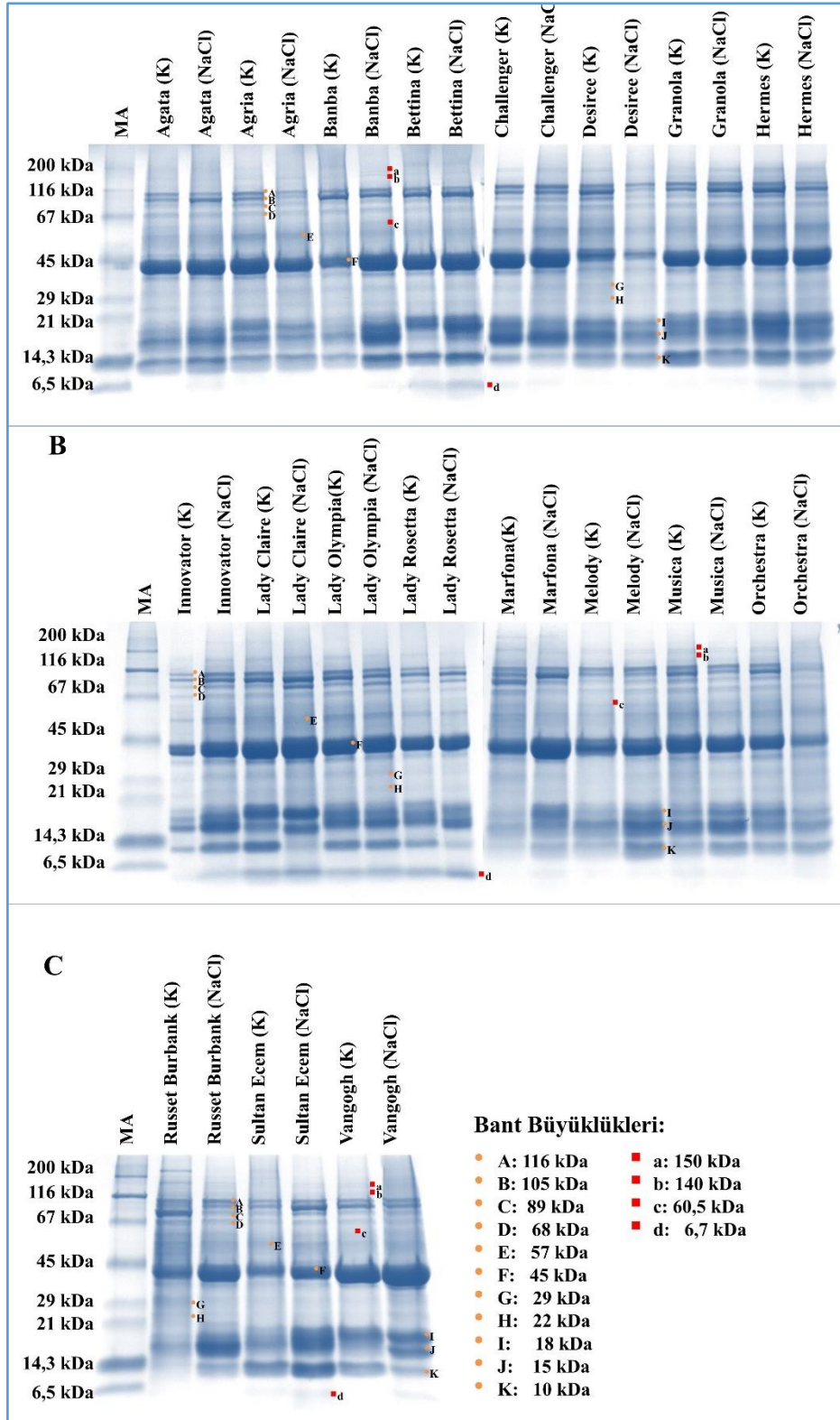
kontrol uygulamasında bulunmayan bantlar ile uygulamalara göre yoğunluğu artan/azalan bantlar tuz stresi ile ilişkilendirilerek seçilmiştir.

Patates çeşitlerinin yaprak dokularında bütün çeşitlerde bulunan, yoğunlukları çeşitlere göre farklı olmakla birlikte, genellikle tuz stresiyle azalan/kaybolan 9 (149 kDa, 139 kDa, 105 kDa, 69 kDa, 57 kDa, 45 kDa, 26 kDa, 19 kDa, 11 kDa) protein bandı saptanmıştır. Ayrıca, bazı çeşitlere özgü, tuz stresiyle indüklenen ya da kaybolan, toplam 8 adet protein bandı saptanmıştır. Desiree çeşidinde tuz stresiyle kaybolan 269 kDa büyüklüğünde bir, Challenger ve Sultan Ecem çeşitlerinde ise 205 kDa ve 185 kDa büyüklüğünde ikişer bant belirlenmiştir. Marfona (127 kDa), Agata (84 kDa, 31 kDa), Bettina ve Innovator (84 kDa, 62 kDa), Melody (84 kDa), Sultan Ecem (62 kDa), Lady Claire ve Lady Rosetta (22 kDa) çeşitlerinde tuz stresi koşullarında oluşan 5 yeni protein bandı tespit edilmiştir (Şekil 4.10).

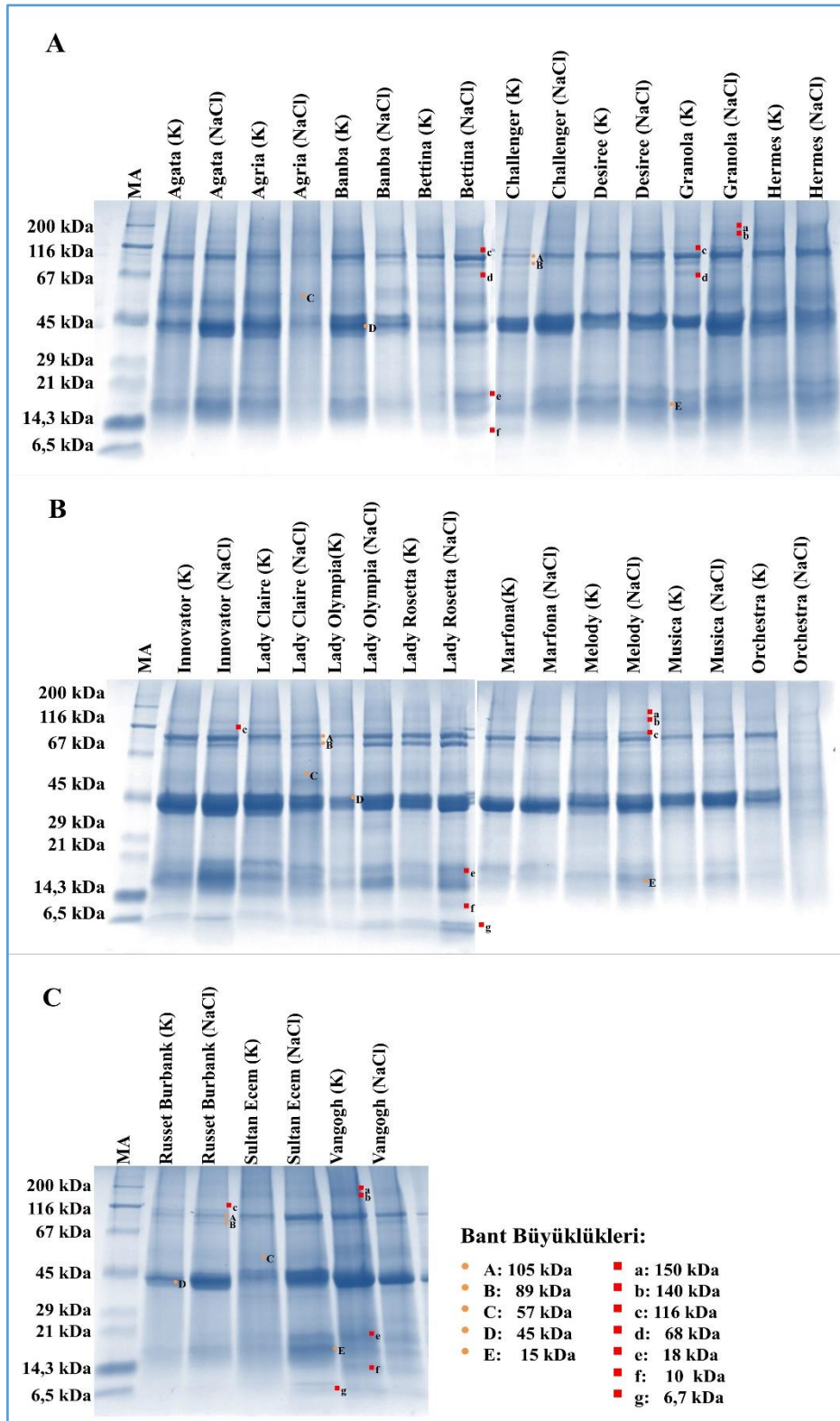
Patates çeşitlerinin yumru dokularında 150-6,7 kDa büyüklük aralığında polimorfik protein bantları elde edilmiştir (Şekil 4.11, Şekil 4.12). Yumru eti dokularında belirlenen üç protein bandı (23 kDa, 29 kDa, 60,5 kDa) dışındaki bantların hem yumru eti hem de yumru kabuğu dokularında ortak olduğu tespit edilmiştir. Ancak yumru eti dokularında bütün çeşitlerde belirlenen ve tuz stresine bağlı olarak ifadesinde değişiklik olan 4 protein bandının (10 kDa, 18 kDa, 68 kDa, 116 kDa) yumru kabuğu dokularında çeşide özgü ifade olduğu tespit edilmiştir. Bu protein bantlarından 10 kDa büyüklüğünde olan bandın Bettina, Lady Rosetta ve Van Gogh çeşitlerinde NaCl uygulamasıyla açığa çıktığı saptanmıştır. Yumru dokularının her ikisinde de 6,7 kDa, 140 kDa ve 150 kDa büyüklüğündeki bantların çeşide özgü olarak ifade olduğu belirlenmiştir. Ayrıca sadece yumru eti dokusunda görülen 22 kDa ve 29 kDa büyüklüğünde iki bant belirlenmiştir. Bu bantlar bütün çeşitlerde bulunmakla birlikte tuz stresine bağlı olarak yoğunlukları değişmiştir.



Şekil 4.10. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerine ait yaprak örneklerinde SDS-PAGE profilinde belirlenen polimorfik bantlar; bütün çeşitlerde ortak olan bantlar büyük harf, çeşitlere özgü olan bantlar küçük harf ile gösterilmiştir (K: Kontrol, MA: Moleküler ağırlık standardı).



Şekil 4.11. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerine ait yumru eti örneklerinde SDS-PAGE profilinde belirlenen polimorfik bantlar; bütün çeşitlerde ortak olan bantlar büyük harf, çeşitlere özgü olan bantlar küçük harf ile gösterilmiştir (K: Kontrol, MA: Moleküler ağırlık standardı).



Şekil 4.12. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerine ait yumru kabuğu örneklerinde SDS-PAGE profilinde belirlenen polimorfik bantlar; bütün çeşitlerde ortak olan bantlar büyük harf, çeşitlere özgü olan bantlar küçük harf ile gösterilmiştir (K: Kontrol, MA: Moleküler ağırlık standardı).

Proteinlerin hücre sel süreçleri kontrol etmede fonksiyonel moleküller olarak önemlerinden dolayı, kritik stres zaman noktalarında SDS-PAGE kullanılarak kontrast genotipler arasındaki protein profili/deseni değişikliklerinin daha doğru bir şekilde araştırılması önemlidir (Arefian vd., 2014). Hassas ve toleranslı patates çeşitlerinin proteomlarının karşılaştırılması, bu bitkide tuz stresi toleransının artırılması için potansiyel stratejiler hakkında değerli bilgiler sağlayabilir (Sobhanian vd., 2011). Yapılan SDS-PAGE analizi sonucunda bütün çeşitlerin yaprak dokularında bulunan, tuz stresiyle azalan/kaybolan 9 (149 kDa, 139 kDa, 105 kDa, 69 kDa, 57 kDa, 45 kDa, 26 kDa, 19 kDa, 11 kDa) protein bandı saptanmıştır. Bununla birlikte bazı çeşitlere özgü, tuz stresiyle indüklenen (127 kDa, 84 kDa, 62 kDa, 31 kDa ve 22 kDa) ya da kaybolan (269 kDa, 205 kDa ve 185 kDa) toplam 8 adet protein bandı tespit edilmiştir.

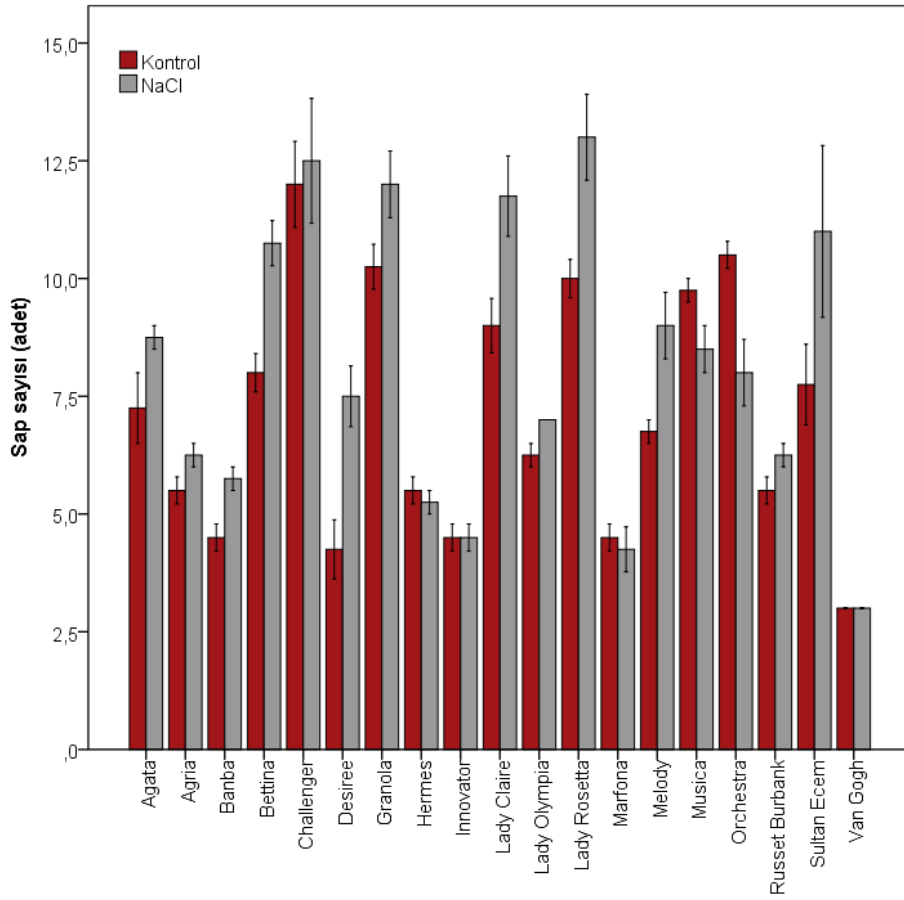
Bitkilerde tuz ile indüklenen birçok protein tanımlanmıştır (Mansour, 2000). Tütünde ozmotin (Singh vd., 1987) ve arpada germin (Hurkman vd., 1991) proteinlerinin (her ikisinde 26 kDa büyüklüğünde) tuz stresi koşullarında sentezinin arttığı tespit edilmiştir. Ozmotin benzeri proteinlerin patatest tuz toleransı ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Tuz maruziyetinin neden olduğu ozmotik stres altında, patates bitkilerinin tuz toleransını sağlayan ozmotin benzeri proteinlerin ifadesinin arttığı belirlenmiştir (Evers vd., 1999). Literatürde tuz stresine maruz bırakılan, turp bitkisinde 22 kDa'lık bir protein (Lopez vd., 1994), domates köklerinde 21, 21.5, 22 ve 32 kDa'lık 4 protein (Chen ve Plant, 1999), yerkıstığı bitkisinde 52 ve 127 kDa'lık iki protein (Hassanein, 1999), mısır köklerinde 29, 39, 51 ve 61 kDa'lık dört protein (Tamas vd., 2001) olduğu belirtilmiştir.

Yapılan SDS-PAGE analizlerinde sadece yumru eti dokusunda görülen 22 kDa ve 29 kDa büyüklüğünde iki bant belirlenmiştir. Bu bantlar bütün çeşitlerde bulunmakla birlikte tuz stresine bağılı olarak yoğunlukları değişmiştir. Benzer şekilde Suh vd. (1990) yaptıkları çalışmada 22 kDa'lık bir proteinin sadece yumrularında ve daha büyük moleküler ağırlıklarda yapraklarda bulunduğunu tespit etmişlerdir. Hannapel (1990) patates yumrularında bulunan 22 kDa'lık bu protein bandının patates bitkisinde çözünebilir proteinlerin %50'sini oluşturan patatin olduğunu belirtmiştir. Bütün çeşitlerin yumru eti dokularında bulunan ancak yumru kabuğı dokularında sadece Bettina, Lady Rosetta ve Van Gogh çeşitlerinde, NaCl uygulamasıyla açığa çıkan, 10 kDa büyüklüğünde olan bir bant saptanmıştır. Takumi vd. (2000) cin darı danelerinde yaptıkları çalışmada 60 kDa büyüklüğündeki protein

bandının çeltik, arpa, mısır, buğday danelerinde ve patates yumrularında nişasta depolayan bitkilerde bulunan nişasta sintaz proteinine benzerlik gösterdiğini tespit etmişlerdir. Banba, Granola, Desiree, Hermes, Marfona, Melody, Musica, Orchestra, Russet Burbank, Sultan Ecem ve Van Gogh çeşitlerinin sadece yumru eti dokularında belirlenen 60,5 kDa büyüklüğündeki bandında patates bitkisinde glutelin adı verilen bu 60 kDa büyüklüğündeki bant olabileceği düşünülmektedir. Örneklenen organlar kıyaslandığında yaprak protein profillerinde yumru dokularına ait protein profillerine kıyasla, tuza bağlı daha belirgin farklılıklar (gerek ifadesinde artış/azalış gerek de var/yok) olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar hücre membran zararlanma oranlarıyla da paralellik göstermektedir.

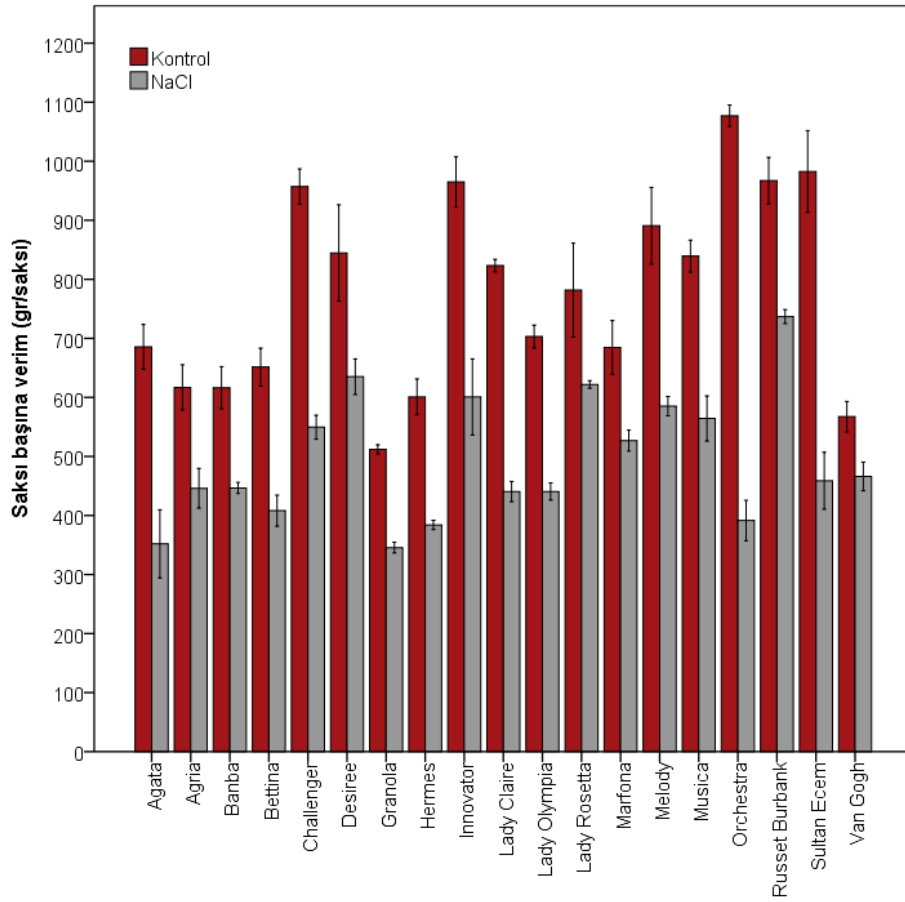
4.1.7. Verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi

NaCl uygulamasının patates çeşitlerinin bitki başına sap sayısına etkileri Şekil 4.13'te gösterilmiştir. Çeşitlere ait sap sayıları kıyaslandığında; Challenger (12,25 adet), Lady Rosetta (11,50 adet), Granola (11,13 adet) ve Lady Claire (10,38 adet ortalama en fazla sap sayısına sahip olan çeşitler olarak belirlenmiştir. Van Gogh çeşidinin 3 adet sap sayısı ile en az sap sayısına sahip olduğu tespit edilmiştir. Çeşitlerin sap sayıları arasındaki fark istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-A.7). Uygulamalar kıyaslandığında ise; 8,15 adet sap sayısı ile NaCl uygulamasının kontrol uygulamasından (7,10 adet) daha fazla sap oluşumuna sebep olduğu belirlenmiştir. Çeşitler bazında uygulamalar değerlendirildiğinde ise; NaCl uygulaması en fazla sırasıyla Desiree, Melody, Sultan Ecem ve Bettina çeşitlerinin sap sayısında artışa sebep olmuştur.



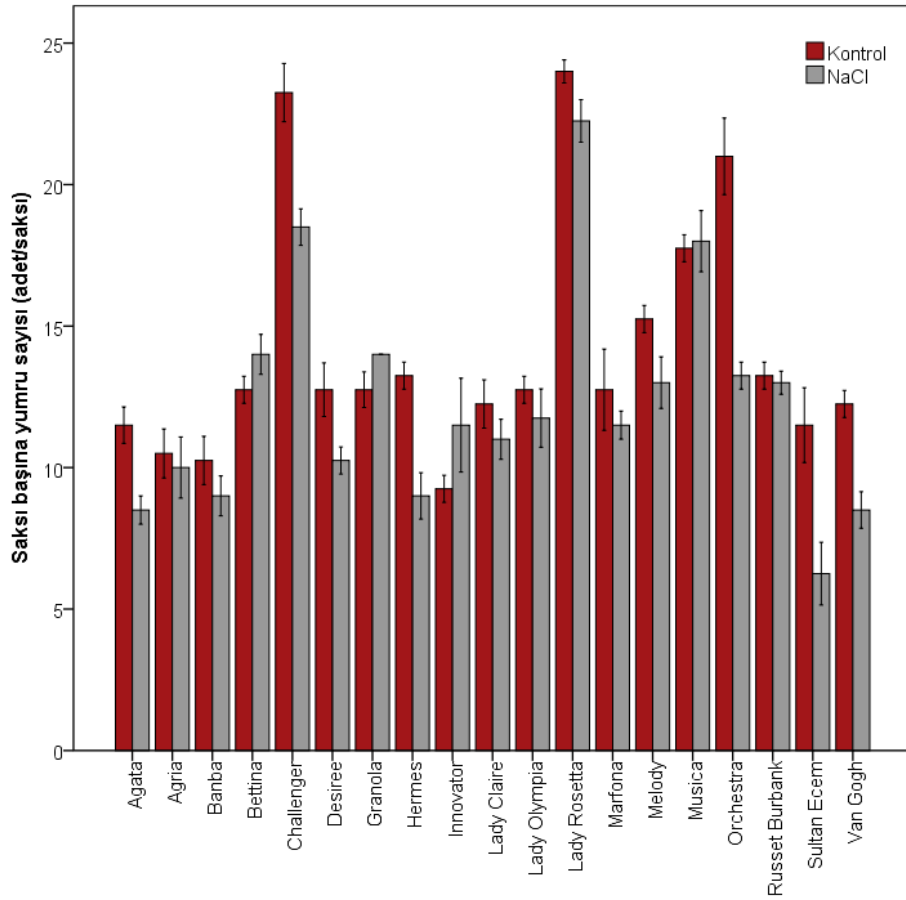
Şekil 4.13. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerinin sap sayıları. Dikey barlar tekerrürlerin \pm standart hatalarını (SH) göstermektedir.

NaCl uygulamasının patates çeşitlerinin saksı başına verim miktarına olan etkileri Şekil 4.14'te gösterilmiştir. Çeşitlere ait saksı başına verim miktarları kıyaslandığında; Russet Burbank çeşidi 852,05 g ile en yüksek verim miktarına sahip olmuştur. Bu çeşidi sırasıyla Innovator (782,81 g), Challenger (753,40 g), Desiree (739,89 g), Melody (737,95 g) çeşitleri takip etmiştir. Granola çeşidinin 428,76 g verim ile en az verim miktarına sahip olduğu tespit edilmiştir. Çeşitlerin yumru başına yumru verimleri arasındaki fark istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-A.7). Uygulamalar kıyaslandığında ise; NaCl uygulamasının (494,72 g) saksı başına yumru verimi miktarını kontrol uygulamasına (777,21 g) kıyasla %37 azalttığı belirlenmiştir.



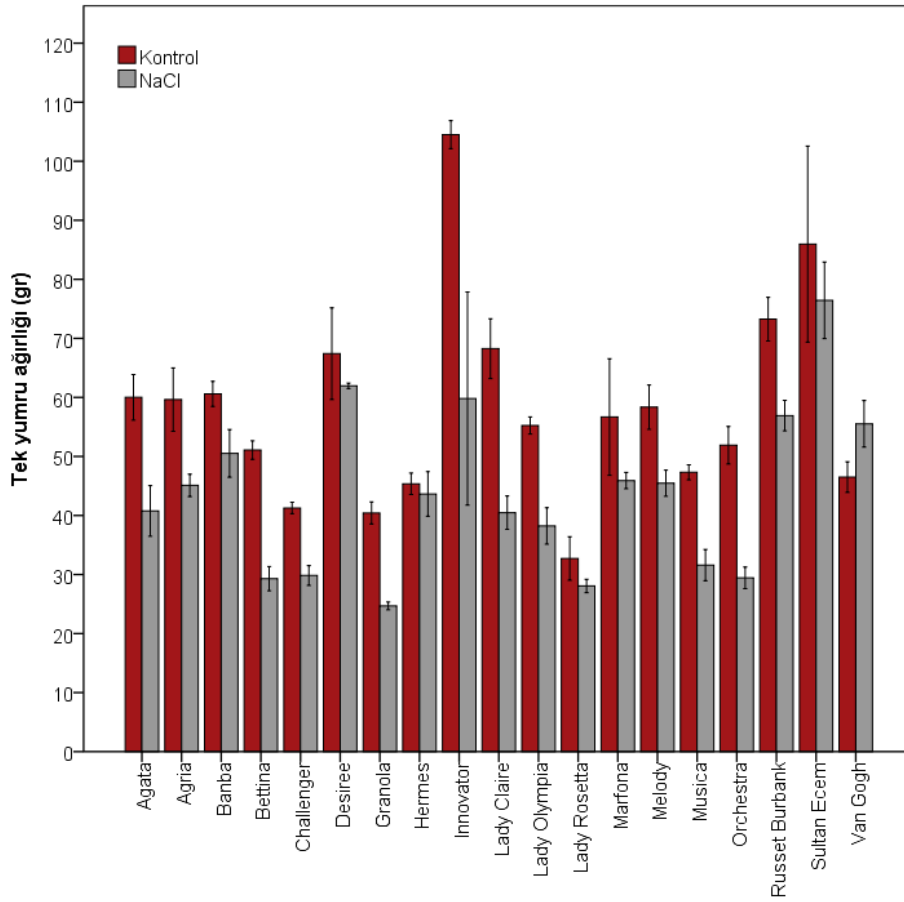
Şekil 4.14. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerinin saksı başına verim miktarları. Dikey barlar tekerrürlerin \pm standart hatalarını (SH) göstermektedir.

NaCl uygulamasının patates çeşitlerinin saksı başına yumru sayısına olan etkileri Şekil 4.15'te gösterilmiştir. Çeşitlere ait saksı başına yumru sayıları kıyaslandığında; Lady Rosetta çeşidi ortalama 23,13 adet ile en fazla saksı başına yumru sayısına sahip olmuştur. Bu çeşidi sırasıyla Challenger (20,88 adet), Musica (17,88 adet) ve Orchestra (17,13 adet) çeşitleri takip etmiştir. Sultan Ecem çeşidinin 8,88 adet yumru ile ortalama en az saksı başına yumru sayısına sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu çeşidi sırasıyla Banba (9,63 adet), Agata (10,00 adet), Agria (10,25 adet), Innovator (10,37 adet) ve Van Gogh (10,38 adet) çeşitleri takip etmiştir. Çeşitlerin saksı başına yumru sayıları arasındaki fark istatistik olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-A.7). Uygulamalar kıyaslandığında ise; NaCl uygulamasının ortalama 12,28 adet ve kontrol uygulamasının ortalama 14,16 adet saksı başına yumru sayısına sahip olmuştur.



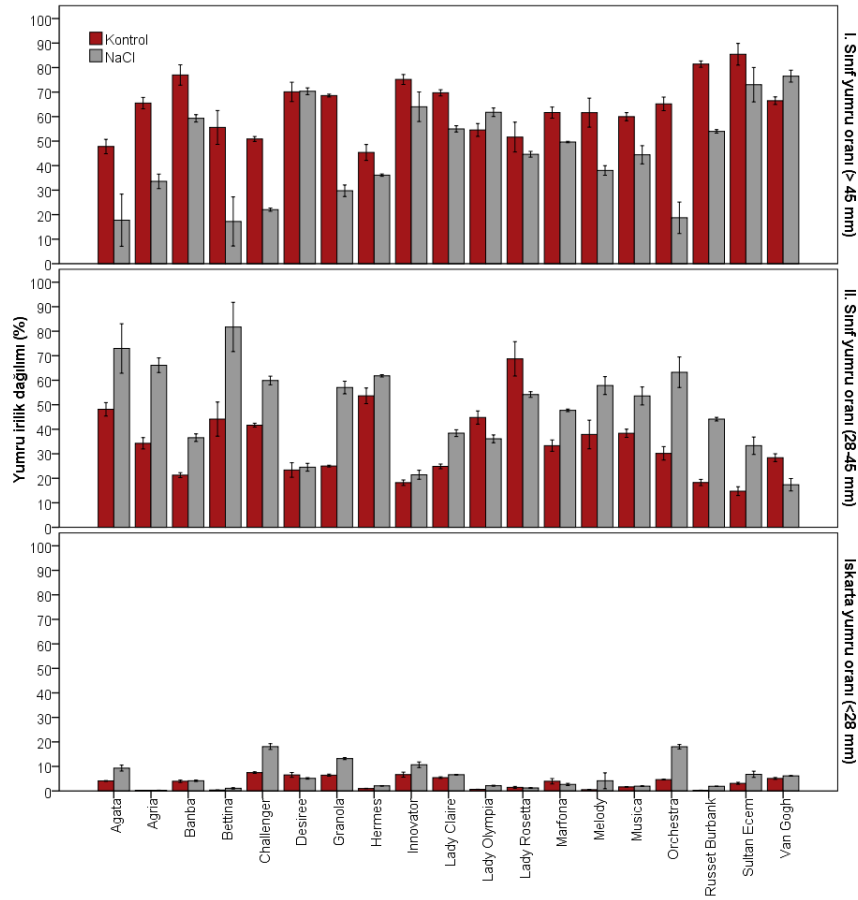
Şekil 4.15. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerinin saksı başına yumru sayıları. Dikey barlar tekerrürlerin \pm standart hatalarını (SH) göstermektedir.

NaCl uygulamasının patates çeşitlerinin tek yumru ağırlığına olan etkileri Şekil 4.16'da gösterilmiştir. Çeşitlere ait tek yumru ağırlıkları değerlendirildiğinde; Innovator ve Sultan Ecem çeşitlerinin sırasıyla 82,15 g ve 81,20 g ile en fazla tek yumru ağırlığına sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu çeşitleri Russet Burbank (65,09 g) ve Desiree (64,69 g) çeşitleri takip etmiştir. Lady Rosetta (30,38 g) ve Granola (32,55 g) çeşitlerinin ise ortalama en az tek yumru sayısına sahip olduğu tespit edilmiştir. Çeşitlerin tek yumru ağırlıkları arasındaki fark istatistik olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-A.7). Uygulamalar kıyaslandığında ise; NaCl uygulamasının ortalama 43,88 g ve kontrol uygulamasının ortalama 58,24 g tek yumru ağırlığına sahip olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.16. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerinin tek yumru ağırlıkları. Dikey barlar tekrerrlerin \pm standart hatalarını (SH) göstermektedir.

NaCl uygulamasının patates çeşitlerinin yumru irilik dağılımına olan etkileri Şekil 4.17’de gösterilmiştir. Çeşitlere ait I. sınıf yumru oranları değerlendirildiğinde; Sultan Ecem çeşidinin %79,27 ile en yüksek I. sınıf yumru oranına sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu çeşidi Van Gogh (%71,49) ve Desiree (%70,22) çeşitleri takip etmiştir. Agata (%32,76), Bettina (%36,39), Challenger (%36,45) ve Hermes (%40,75) çeşitlerinin ise ortalama en az I. sınıf yumru oranına sahip olduğu tespit edilmiştir. Çeşitlerin I. sınıf yumru oranları arasındaki fark istatistik olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-A.8). Uygulamalar kıyaslandığında ise; NaCl uygulamasının ortalama %45,57 ve kontrol uygulamasının ortalama %63,87 I. sınıf yumru oranına sahip olduğu ve NaCl uygulamasının I. sınıf yumru oranını %29 azalttığı belirlenmiştir.



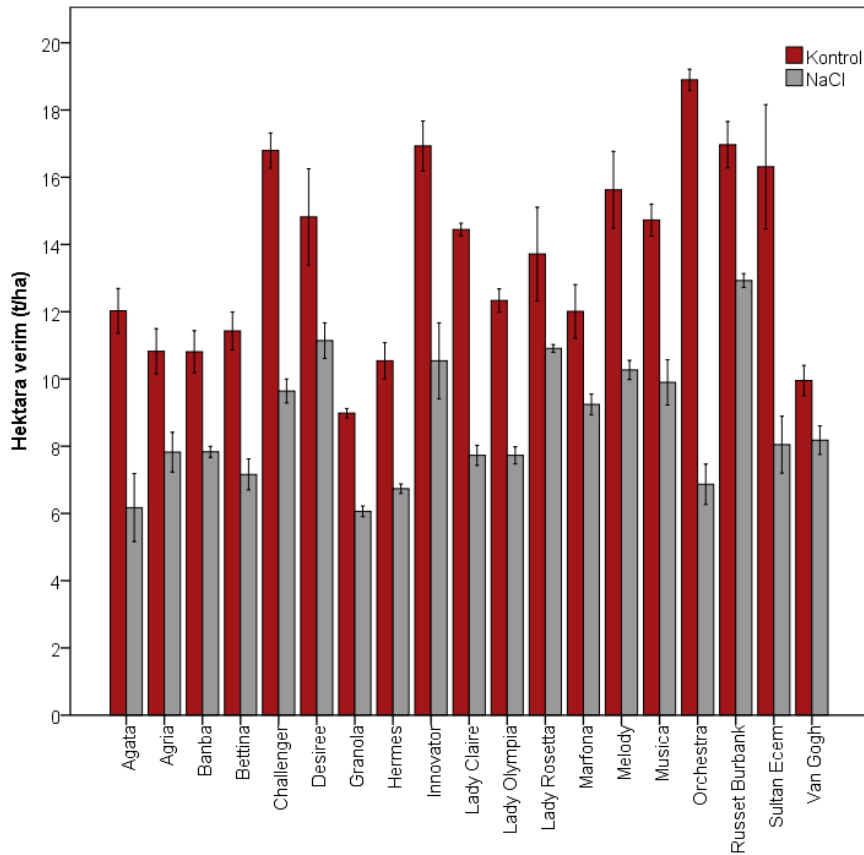
Şekil 4.17. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerinin yumru irilik dağılımları. Dikey barlar tekerrürlerin \pm standart hatalarını (SH) göstermektedir.

Çeşitlere ait II. sınıf yumru oranları değerlendirildiğinde; Bettina (%62,94), Lady Rosetta (%61,44) ve Agata (%60,55) çeşitlerinin en yüksek II. sınıf yumru oranına sahip olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.17). Innovator (%19,81), Van Gogh (%22,89), Desiree (%23,94) ve Sultan Ecem (%24,01) çeşitlerinin ise ortalama en az II. sınıf yumru oranına sahip olduğu tespit edilmiştir. Çeşitlerin II. sınıf yumru oranları arasındaki fark istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-A.8). Uygulamalar kıyaslandığında ise; NaCl uygulamasının ortalama %48,83 ve kontrol uygulamasının ortalama %34,17 II. sınıf yumru oranına sahip olduğu ve NaCl uygulamasının II. sınıf yumru oranını %22 arttırdığı belirlenmiştir.

Çeşitlere ait iskarta yumru oranları değerlendirildiğinde; Challenger (%12,78), Orchestra (%11,33) ve Granola (%9,81) çeşitlerinin en yüksek iskarta yumru orana sahip olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.17). Agria (%0,25), Bettina (%0,71) ve Russet Burbank

(%1,10) çeşitlerinin ise ortalama en az ıskarta yumru oranına sahip olduğu tespit edilmiştir. Çeşitlerin ıskarta yumru oranları arasındaki fark istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-A.8). Uygulamalar kıyaslandığında ise; NaCl uygulamasının ortalama %48,83 ve kontrol uygulamasının ortalama %34,17 ıskarta yumru oranına sahip olduğu ve NaCl uygulamasının ıskarta yumru oranını %42 artırdığı belirlenmiştir.

NaCl uygulamasının patates çeşitlerinin hektara verim miktarına olan etkileri Şekil 4.18'de gösterilmiştir. Çeşitlere ait saksı başına verim miktarları kıyaslandığında; Russet Burbank çeşidi 14,94 ton (t) ile en yüksek hektara verim miktarına sahip olmuştur. Bu çeşidi sırasıyla Innovator (13,73 t), Challenger (13,22 t), Desiree (12,98 t) ve Melody (12,95 t) çeşitleri takip etmiştir. Granola çeşidinin ise 7,52 t hektara verim ile en az verim miktarına sahip olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.18. NaCl uygulamasına bağlı olarak patates çeşitlerinin hektara yumru verimi miktarları. Dikey barlar tekerrürlerin \pm standart hatalarını (SH) göstermektedir.

Çeşitlerin hektara yumru verimleri arasındaki fark istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-A.8). Uygulamalar kıyaslandığında ise; NaCl uygulamasının (8,68 t) hektara verim miktarını kontrol uygulamasına (13,59 t) kıyasla %37 azalttığı belirlenmiştir.

Patates çeşitlerinin büyümesi ve yumru verimi, bitkiler 50 mM'dan fazla NaCl konsantrasyonlarına maruz kaldığında azalmaktadır (Backhausen vd., 2005). Toprak tuzluluğunun patates bitkilerinde tuz konsantrasyonu ve çeşitlerin toleransına göre yumru verimini %25-61 oranında azalttığı belirlenmiştir (Levy, 1992; Elkhatib vd., 2005; Faramarzi vd., 2011). Doksan günlük tuz stresi uygulaması Challenger (%57), Lady Claire (%50) ve Musica (%46), Orchestra (%36) çeşitlerinin saksı başına verimini neredeyse yarı yarıya azaltmıştır. Yumru iriliklerinin tuz stresi koşullarında azaldığı, ayrıca oluşan yumruların önemli bir kısmının orta büyüklükte ya da ıskarta yumru sınıfında toplandığı tespit edilmiştir (Akrimi vd., 2020). Yapılan bu çalışmada 90 gün tuz stresine maruz bırakılan patates çeşitleri içerisinde Desiree çeşidinin yumru irilik dağılımının tuz stresinden etkilenmediği belirlenmiştir. Ayrıca Sultan Ecem, Van Gogh ve Desiree çeşitlerinin en fazla I. sınıf yumru oranına; Challenger, Orchestra ve Granola çeşitlerinin en yüksek ıskarta yumru oranına sahip olduğu tespit edilmiştir.

Patates çeşitlerinin tuz stresine toleranslarının belirlenmesinde kullanılan tüm paarametreler değerlendirildiğinde; görsel zararlanma skalası, hücre membran zararı, MDA miktarı, saksı başına yumru verimi, yumru irilik dağılımı ve tek yumru ağırlığı parametrelerin patates bitkisinde tuz stresi toleransında biyobelirteç olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir. Fakat YOSK ve TK değerleri ile TÇP miktarının tuz stresine toleransın belirlenmesinde etkili birer parametre olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca SDS-PAGE protein profillerinin, patates çeşitlerinde tuz stresine toleransın belirlenmesinde kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Yüksek tuz konsantrasyonlarında, tüm bitki türleri belirgin büyüme inhibisyonları göstermesine karşın, büyüme ve üretkenlik açısından türler arasında belirgin farklılıklar bulunmaktadır (Munns ve Tester, 2008). Büyümenin baskılanması tüm bitkilerde meydana gelir; fakat tolerans seviyeleri ve tuzun öldürücü konsantrasyonlarında büyümedeki azalma

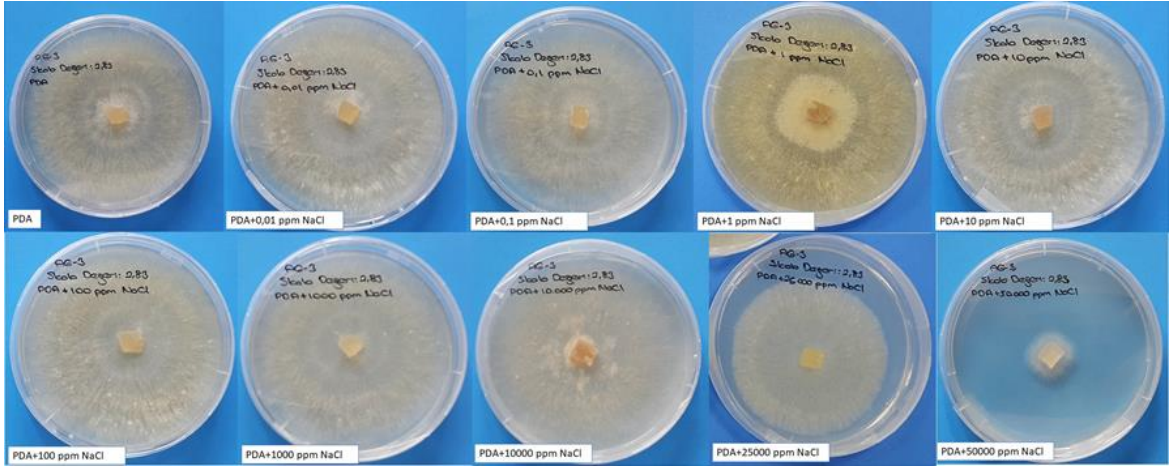
oranları farklı bitki türleri arasında geniş bir skalada değişmektedir (Hasegawa vd., 2000). Burada sunulan çalışmada, tuza toleranslı çeşitlerin belirlenmesi amacıyla yapılan analizlerde farklı örnekleme zamanlarında bitkilerden alınan yaprak örnekleri ve 90 gün sonunda yumru eti ve yumru dokularında meydana gelen değişimler birlikte değerlendirilmiş ve çeşitlerin tuz toleransı tespit edilmiştir.

Tuz stresi uygulamasının sonunda gerek görsel zararlanma skalası değerleri gerekse yaprak, yumru eti ve yumru kabuğu örneklerine ait hücre membran zararlanma oranı, MDA ve protein analizleri ile verim ve verim öğerlerinden saksı başına verim, tek yumru ağırlığı, yumru irilik dağılımları ve hektara verim parametreleri; değerlendirilen 19 patates çeşidi içerisinde Bettina, Challenger, Granola, Lady Claire, Musica ve Orchestra patates çeşitlerinin tuz stresine en hassas; Agata, Agria, Banba, Lady Rosetta, Sultan Ecem, Hermes, Innovator ve Lady Olympia çeşitlerinin orta derecede toleranslı; Marfona, Melody, Van Gogh çeşitlerinin tuz stresine göreceli toleranslı; Desiree ve Russet Burbank çeşitlerinin ise tuz stresine toleransı en yüksek çeşitler olduğunu ortaya koymuştur.

4.2. *Rhizoctonia solani* ile Sodyum Klorür, Bitki Etkileşimi

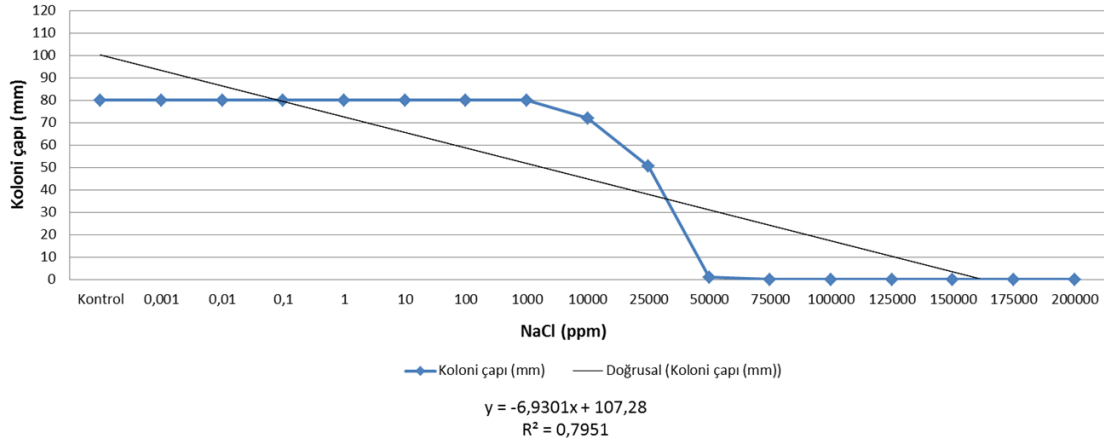
4.2.1. Sodyum klorürün *Rhizoctonia solani* Kühn üzerindeki fungistatik etkisi

R. solani AG-3 izolatlarının (Skala değeri:2,83) tuz stresi koşullarındaki gelişmeleri incelendiğinde; 1000 ppm'e kadar NaCl içeren PDA ortamında gelişimde bir değişiklik olmadığı, 50000 ppm ve üzeri NaCl içeren PDA ortamında ise gelişme olmadığı saptanmıştır. Artan tuz konsantrasyonlarının 96 saat sonunda fungus gelişimine etkisi Şekil 4.19'da gösterilmiştir.



Şekil 4.19. Artan tuz konsantrasyonlarının, 96 saat sonunda, *R. solani* gelişimine etkisi.

Rhizoctonia solani Kühn'ün büyüme kinetiği grafiği Şekil 4.14'te verilmiştir. Grafik üzerinden hesaplanan IC_{50} konsantrasyonu 25250 ppm (432 mM, 43 dSm⁻¹) NaCl olarak belirlenmiştir (Şekil 4.20). Fungusların gelişmesinde birçok organik ve inorganik maddenin bulunması gerekmektedir. Bu inorganik maddelerden olan NaCl'nin hücre osmotik basıncının düzenlenmesinde büyük rolü vardır. Ancak değişen tuz konsantrasyonları fungus gelişimini olumlu ya da olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Çolakoğlu, 1997). Koloni çapları incelendiğinde; 4 gün (96 saat) sonunda 0-1000 ppm NaCl konsantrasyonları içeren PDA ortamları arasında hiçbir fark olmadığı, bu aralıkta ölçüm yapılan bütün değerlerde koloni çapının 80 mm olduğu ve *R. solani* misellerinin tüm petri yüzeyini kapladığı belirlenmiştir. Benzer şekilde 8000 ppm NaCl içeren Czapek-Dox-agar üzerindeki *R. solani* gelişimlerinin incelendiği bir çalışmada 4 gün sonunda koloni çaplarının 101 mm olduğu rapor edilmiştir (El-Abyad 1988b). Tuzluluğun hücre duvarını parçalayan enzimlerin aktivitesini engelleyerek *R. solani*'nin patojenitesini ve virülansını etkilediği belirtilmiştir (El-Abyad vd., 1988a; El-Abyad vd., 1992). *R. solani* sklerotlarının çimlenmesinin tuz stresi altında önlendiği tespit edilmiştir (El-Abyad vd., 1988a). *R. solani* artan tuz konsantrasyonlarına 15 gün maruz bırakıldığında sklerotia üretiminin %50'nin üzerinde azaldığı ancak *R. solani* miselyal büyümenin uyarıldığı saptanmıştır (El-Abyad, 1988b).



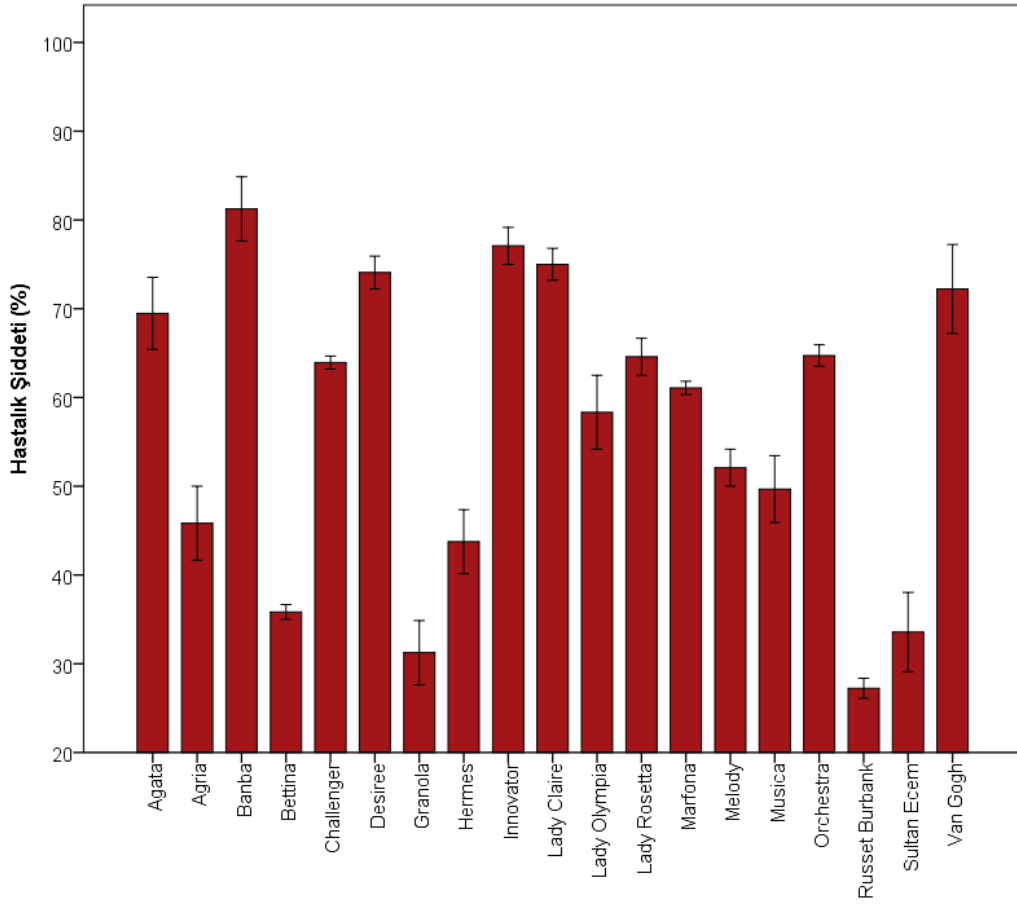
Şekil 4.20. *Rhizoctonia solani* Kühn' ün farklı NaCl konsantrasyonlarında, 96 sa sonundaki büyüme kinetiği grafiği

4.2.2. Bitki hastalık şiddeti

R. solani uygulaması itibariyle, morfolojik değişiklikler (Şekil 4.21) göz önüne alınarak, patates çeşitlerinin hastalık şiddeti belirlenmiştir (Şekil 4.22). *R. solani* uygulaması sonrasında en yüksek hastalık şiddeti Banba çeşidinde olurken, onu Desiree, Lady Claire ve Innovator çeşitleri takip etmiştir. Russet Burbank, Granola ve Sultan Ecem çeşitleri ise en az hastalık şiddeti oranına sahip olmuştur. Buna göre çeşitler arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0,001$) (Ek Açıklama-B).



Şekil 4.21. *R. solani* uygulamasına bağlı olarak bitkilerin kök boğazında oluşan bazı lezyonlar



Şekil 4.22. *R. solani*'ye bağlı olarak patates çeşitlerinin kök boğazı nekrozu hastalığına karşı gösterdiği reaksiyon. Dikey barlar tekerrürlerin \pm SH'larını göstermektedir.

On bir ileri ıslah hattı ve üç ticari patates çeşidinin (Kardinal, Diamant ve Desiree) *R. solani* AG-3'e karşı direnç bakımından tarandığı bir çalışmada en yüksek göz çimlenme inhibisyonu ve filiz ölümü, sırasıyla %75 ve %53,3 ile Desiree çeşidinde belirlenmiştir. En şiddetli kök boğazı çürüklüğü hastalığı Desiree' de %70,4 ve SH-216-A' da %70 hastalık indeksi ile gözlenirken, Cardinal çeşidi ve CIP-393574-61 hattında daha az kök boğazı çürüklüğü gözlenmiştir (Naz vd., 2008). Draga, Kara, Elmas, Hermes, Nicola, Spunta, Mondial, Monalisa ve Lady Rosetta patates çeşitleri kullanılarak yapılan bir sera denemesinde bitkilerde kök boğazı çürüklüğü insidansı belirlenmiştir. Enfeksiyon yüzdeleri, %45-56 arasında değişiklik göstermiştir. Lady Rosetta çeşidi %55,41 oranı ile en hassas, Hermes çeşidi ise %45,40 ile en dayanıklı çeşitler arasında yer almıştır (Abd El- Aziz vd., 2013). Olanya vd. (2009) *R. solani* AG-3 ile inoküle ettikleri 20 patates çeşidine ait yumru parçalarında 60 gün sonra, kök boğazı ve köklerde oluşan lezyonları değerlendirmiştir. Russet Burbank çeşidinin çıkış-insidans-hastalık şiddeti yüzdelerinin sırasıyla 12,5-17,7-0,1

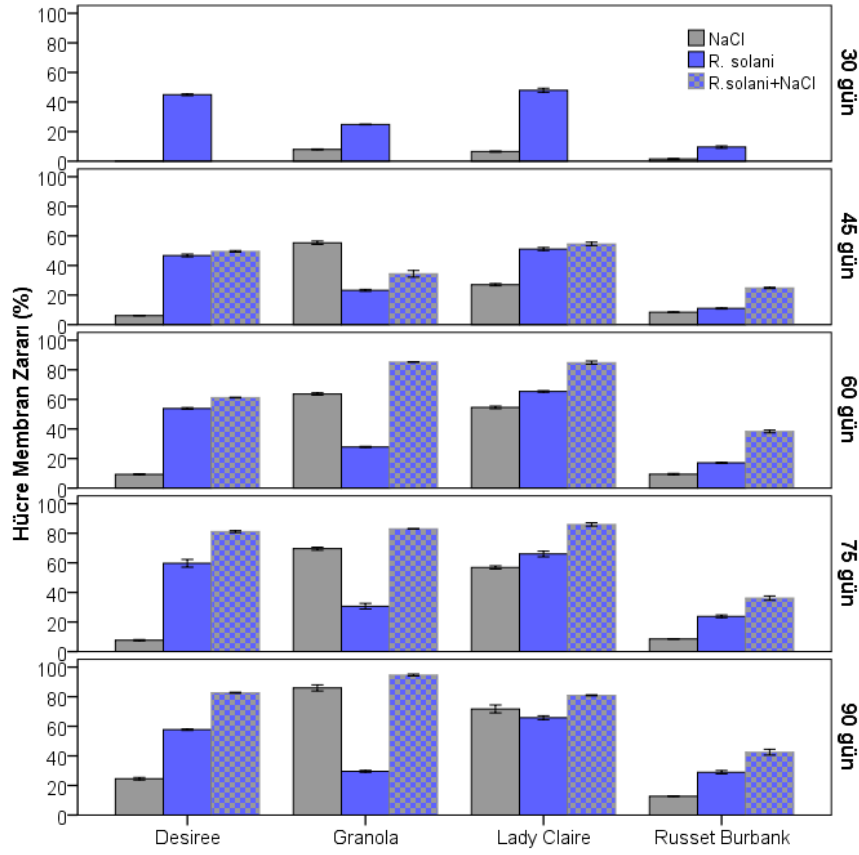
olduğu belirlenirken Superior çeşidinde ise bu değerlerin 12,5-44,6-0,4 olduğu belirtilmiştir. Yapılan çalışmada Russet Burbank çeşidinin test edilen çeşitler içerisinde en dayanıklı çeşit olduğu tespit edilmiştir (Olanya vd., 2009). Patateste *R. solani* hastalığını kontrol etmek için en makul yaklaşım dirençli genotipleri kullanmaktır (Atiq vd., 2013). Her ne kadar patates çeşitleri arasında *R. solani*'ye duyarlılık düzeyleri arasında farklılıklar görülse de *R. solani*'ye karşı dirençli kültür çeşidi bulunmamaktadır (Jeger vd., 1996; Yanar vd., 2005b; Naz vd., 2008; Atiq vd., 2013; Abd El- Aziz vd., 2013; Mohsan vd., 2016). Patates ekilebilir bölgelerin sınırlı olması ve rotasyon uygulanmasının genellikle zor olmasından dolayı, *R. solani* hastalığına dayanımı yüksek çeşitlerin kullanımının, bu hastalığın kontrolünü önemli ölçüde arttıracığı bildirilmektedir (Djébalı ve Belhassen, 2010).

4.4. Tuz Stresi ve *Rhizoctonia solani* Kühn İnteraksiyonunun Etkileri

Yapılan analizler sonucu Russet Burbank (NaCl'ye toleranslı, *R. solani*'ye dayanıklı), Desiree (NaCl'ye toleranslı, *R. solani*'ye hassas), Granola (NaCl'ye hassas *R. solani*'ye dayanıklı) ve Lady Claire (hem NaCl'ye hem de *R. solani*'ye hassas) çeşitleriyle denemenin 3. aşaması gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada stres kombinasyonu (*R. solani*+NaCl) uygulanan bitkilerde bitki çıkışında gecikme olmuştur. Bu nedenle yapılan analizlerde bu uygulamaya ait 30. gün sonuçları bulunmamaktadır.

4.4.1. Hücre membran zararı

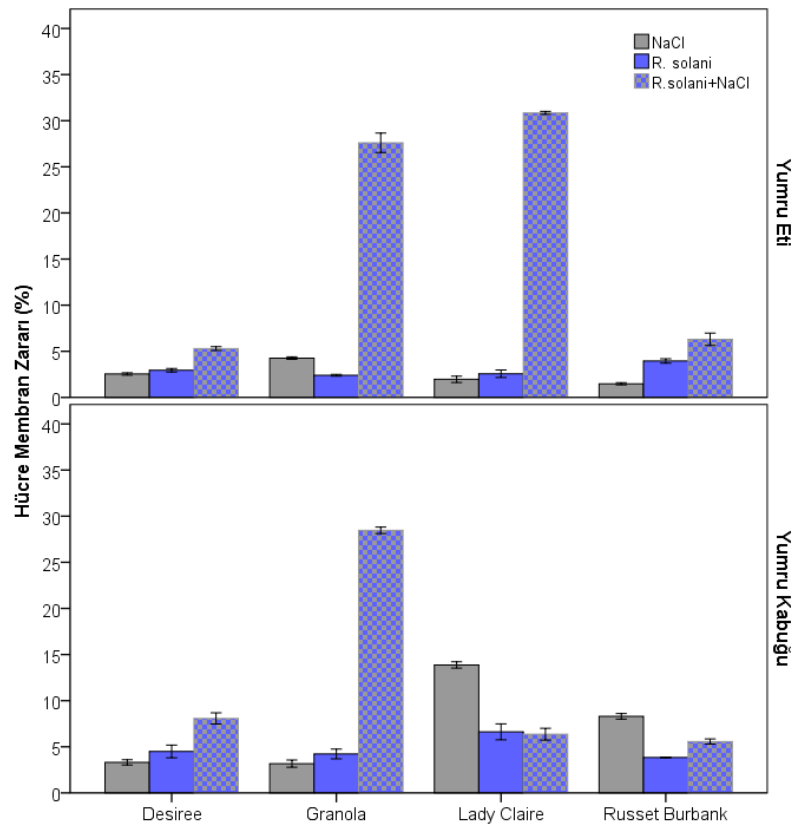
Patates çeşitlerine ait yaprakların 30, 45, 60, 75 ve 90 gün sonundaki zararlanmaları Şekil 4.23'te verilmiştir. Bütün örnekleme zamanları değerlendirildiğinde; tüm uygulamalarda Lady Claire çeşidi en yüksek, Russet Burbank çeşidi en düşük hücre membran zararlanma oranına sahip olmuştur. Bununla birlikte, NaCl uygulamasında en düşük hücre membran zararı oranı Russet Burbank (%8,11) çeşidinde belirlenmiş olup bu çeşidi sırasıyla Desiree (%9,62), Lady Claire (43,33) ve Granola (%56,49) çeşitleri takip etmiştir. Bütün çeşitlerde örnekleme yapılan zamanlar arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur ($p \leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-C.1).



Şekil 4.23. NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yaprak hücre membran zararlanması. Dikey barlar tekerrürlerin \pm SH'larını göstermektedir.

Uygulamalara ait hücre membran zararı oranları karşılaştırıldığında ise; %29,39 ile NaCl uygulaması en düşük hücre membran zararı oranına sahip olmuştur ve bu uygulamayı %39,28 *R. solani* ve %63,74 ile *R. solani*+NaCl takip etmiştir. Bütün çeşit ve uygulamalar için uygulama süresi arttıkça hücre membran zararı oranlarının da arttığı tespit edilmiştir. *Rhizoctonia solani* uygulamasında çeşitlerin hücre membran zararı sıralaması R. Burbank (%18,08), Granola (%27,21), Desiree (%52,59) ve Lady Claire (%59,23) şeklinde olduğu belirlenmiştir. *Rhizoctonia solani*+NaCl uygulaması değerlendirildiğinde ise; çeşitlere ait hücre membran zararı oranları sırasıyla R. Burbank (%35,45), Desiree (%68,64), Granola (%74,32) ve Lady Claire (%76,56) şeklinde olmuştur. Buna göre, uygulamalar bazında, farklı örnekleme zamanlarında çeşitler arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur (Ek Açıklamalar-C.2)

Doksan gün sonunda yumru dokularındaki zararlanma oranları Şekil 4.24'te verilmiştir. Patates çeşitlerinin yumru dokuları arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p=0,004$) (Ek Açıklamalar-C.3). Patates çeşitlerinin yumru eti dokuları bazında Granola ve yumru kabukları bazında ise Lady Claire çeşidi en yüksek hücre membran zararı oranına sahip olmuştur. Çeşitler bazında yumru dokularına göre karşılaştırma yapıldığında; Desiree çeşidinin yumru eti dokusuna ait ortalama hücre membran zararı oranının %5,29 ve yumru kabuğu dokusuna ait ortalama hücre membran zararı oranının %3,59 olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.24. NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yumru dokularındaki hücre membran zararlanması. Dikey barlar tekerrürlerin \pm SH'lerini göstermektedir.

Yumru eti dokusunda, uygulamalara göre, çeşitler arasındaki farkın her üç uygulamada da istatistiki olarak anlamlı olduğu saptanmıştır (NaCl; $p=0,002$, *R. solani*; $p=0,008$ ve *R. solani*+NaCl; $p=0,001$). Yumru kabuğu dokusunda ise; NaCl ve *R. solani*+NaCl uygulamalarında çeşitler arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir (sırasıyla $p=0,001$, $p=0,002$) (Ek Açıklamalar-C.2).

Tuzluluk, bitki büyümesini, gelişmesini ve verimliliğini etkileyen başlıca abiyotik streslerden biridir; dolayısıyla bitkilerin tuzluluk stresine uyum sağlamasına ve büyümeyi sürdürmesine olanak tanıyan mekanizmaların daha iyi anlaşılması, sonuçta tuzlu topraktan faydalanmak için strese dayanımı yüksek bitkilerin seçiminde yardımcı olmaktadır (Rahnama ve Ebrahimzadeh, 2004). Tuza toleranslı bitkiler geliştirmek için, tuzluluk tolerans derecesini ve yabancı akrabalarındaki tolerans mekanizmalarını tanımlamak gerekmektedir. Denemenin bu aşamasında çeşitlerin hücre membran zararı oranları tarama çalışmalarındaki bulgularla paralellik göstermiştir. Bununla birlikte yaprak (bütün örneklem zamanları) ve yumru dokularında genel olarak *R. solani*+ NaCl uygulamasının daha fazla hücre membran zararı oranına sebep olduğu belirlenmiştir. Bu zararlanmanın yaprak dokusunda strese maruz kalma süresiyle doğru orantılı olarak arttığı ve yumru kabuğunun yumru eti dokusuna göre daha fazla zarar gördüğü saptanmıştır. Yakın akraba olan bitkiler arasındaki genetik temelli farklılıkların araştırılması özellikle önemlidir, çünkü bu çalışmalar tuza toleranslı kültür çeşitlerinin ıslahında üzerinde durulması gereken özellikler ile ilgili gerekli bilgileri sağlamaktadır (Kao vd., 2006). Tuzluluğun *S. stoloniferum* ve *S. bulbosum*'da İ.S. yüzdesini arttırdığı belirlenmiştir. *S. acaule*'de (toleranslı) İ.S. miktarlarının tuzluluktan etkilenmediği belirlenmiştir (Daneshmand vd., 2010). N-Y LARA ve 720-110 NARC patates çeşitlerinin tuza toleransının, İ.S. miktarına bağlı olarak MSI'ne göre belirlendiği bir çalışmada, İ.S. miktarı daha düşük olan, MSI daha yüksek olan N-Y LARA patates çeşidinin daha toleranslı olduğu tespit edilmiştir (Faried vd., 2016). Kaju (Ferreira-Silva vd., 2008), bezelye (Maia vd., 2010), fasulye (Talaat vd., 2015) ve badem (Hatami vd., 2018) bitkilerinde tuz stresinin artması ile özellikle hassas çeşitlerde membran hasarı ve İ.S. miktarının da arttığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde tuzluluğun hıyar bitkisinin morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerini olumsuz etkilediği ve artan NaCl seviyeleri ile İ.S. miktarının önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir (Khan vd., 2013).

Bir bitkinin farklı dokularının strese verdikleri yanıtlar da farklılık gösterebilmektedir (Ashraf vd., 2010). Tuz stresinin, mercimek fidelerinin yapraklarını köklere oranla daha fazla etkilediği tespit edilmiştir. Yaprakların İ.S. miktarlarının kontrole kıyasla oldukça önemli oranda artış gösterdiği ancak köklerde anlamlı bir değişikliğin olmadığı belirlenmiştir (Bandoğlu vd., 2004). Mısır fidelerinin kök, olgun yapraklar ve genç yapraklarında artan tuz konsantrasyonlarına paralel olarak İ.S. miktarında artış olduğu, tuzluluğun köklerde ve olgun yapraklarda oksidatif strese belirgin bir şekilde neden olduğu,

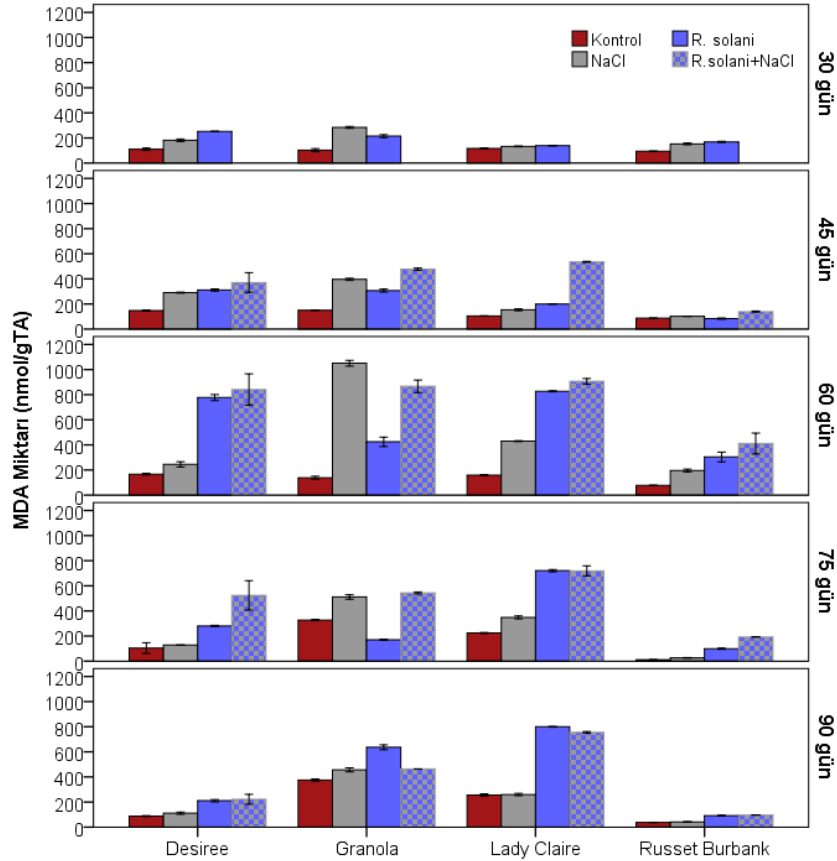
daha genç yapraklarda ise stresin daha az oranda indüklendiği rapor edilmiştir (AbdElgawad vd., 2016). Bitkiler, gelişme dönemlerine bağlı olarak tuza karşı farklı hassasiyetler gösterebilmektedir. Patates bitkisinin tüm büyüme aşamalarının tuz stresinden etkilendiği saptanmıştır (Ghosh, 2001).

İyon sızıntısı farklı türler, dokular ve hücre tipleri arasında yaygın olarak gözlenmekte ve patojen saldırıları dahil tüm önemli stres faktörleri tarafından tetiklenebilmektedir (Demidchik vd., 2014). Literatürde patojen saldırısı sırasında hücrelerden sızan elektrolitler ile bitki hücrelerinin tepkileri arasındaki bağlantı hakkında yapılan (Atkinson vd., 1996; Ebel ve Mithofer, 1998; Blatt vd., 1999) ve sağlıklı bitkilerden alınan yaprak disklerinin patojenle muamelesi ile yaprak dokularında meydana gelen İ.S. ile ilgili (Bethke vd., 2016; Hatsugai vd., 2017) az sayıda çalışma bulunmaktadır. *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* ve farklı tuz konsantrasyonlarının Ventura domates çeşidinde yaprak hasarı indeksini arttırdığı ve artan tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak toprak üstü kısımların yaş ve kuru ağırlıklarını yaklaşık %40-50 azalttığı belirlenmiştir (Daami-Remadi vd., 2009). *Pseudomonas syringae pv maculicola* ES4326 (Bethke vd., 2016) ve *Pseudomonas syringae AvrRpt2* (Hatsugai vd., 2017) ile muamele edilmiş *Arabidopsis* bitkisinden alınan yaprak diskleri saf su içerisine yerleştirilmiş ve çeşitli zaman aralıklarında elektrik iletkenliği ölçülmüştür. Muamele süresi arttıkça iletkenlik değerinin yükseldiği tespit edilmiştir.

4.4.2. Lipid peroksidasyonu (MDA miktarı)

Şekil 4.25'te uygulamalara bağlı olarak patates çeşitlerinin yapraklarındaki MDA miktarı gösterilmiştir. Yapraklardaki ortalama MDA miktarları değerlendirildiğinde; 392,325 nmol/ mg TA miktarı ile Granola en yüksek MDA miktarına sahip iken, 135,68 nmol/mg TA miktarı ile Russet Burbank en düşük MDA miktarına sahip olmuştur. Uygulamalar kıyaslandığında ise; *R. solani*+ NaCl uygulamasının 461,26 nmol/ mg TA değeri ile en yüksek, kontrol uygulamasının 289,42 nmol/ mg TA değeri ile en az MDA oranına sahip olduğu belirlenmiştir. Örnekleme zamanları değerlendirildiğinde; yumru oluşumu aşamasının yer aldığı 30 gün uygulamalarında MDA miktarının 162,41 nmol/mg TA olduğu ve 60 gün uygulamasında ise 480,78 nmol/mg TA'a yükseldiği ve diğer örnekleme zamanlarında ise tekrar düştüğü tespit edilmiştir. Buna göre çeşitler, uygulamalar

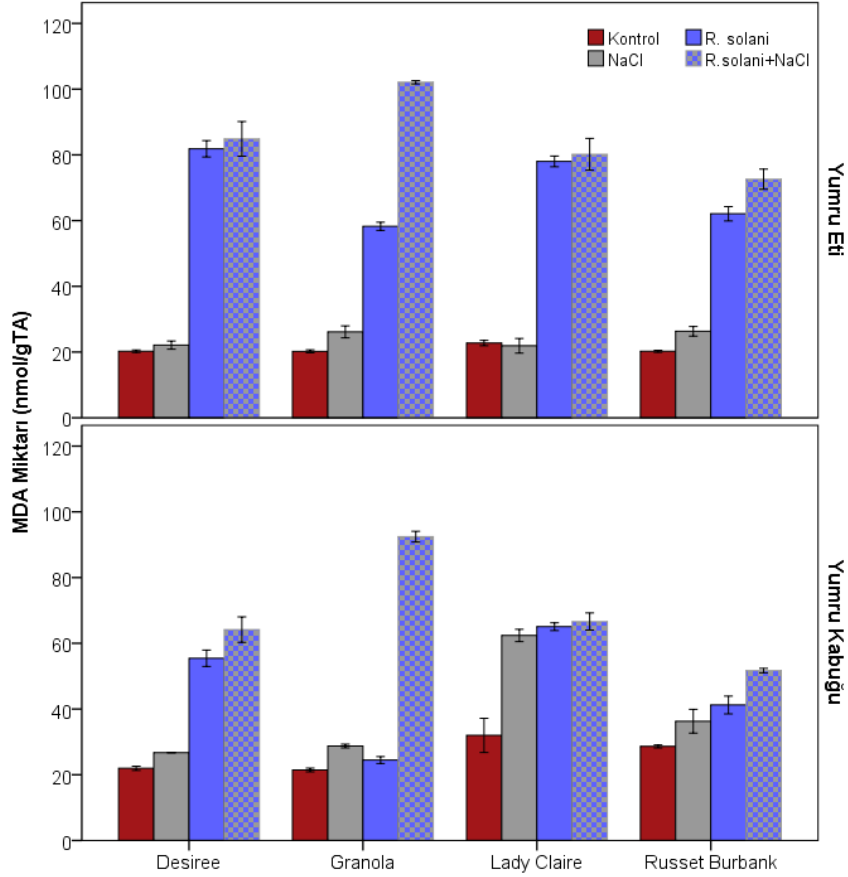
ve uygulama süreleri arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Çeşitler bazında örnekleme zamanları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptanmıştır (Granola, $p=0,002$; diğer çeşitlerde $p\leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-C.4). Ayrıca uygulamalar bazında, farklı örnekleme zamanlarında çeşitler arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur (Ek Açıklamalar-C.5)



Şekil 4.25. NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yapraklarındaki lipid peroksidasyonu. Dikey barlar tekerrürlerin \pm SH'larını göstermektedir.

Şekil 4.26'da 90 gün sonunda uygulamalara bağlı olarak patates çeşitlerinin yumru dokularındaki MDA miktarı gösterilmiştir. Patates çeşitlerinin yumru dokuları arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p=0,004$) (Ek Açıklamalar-C.6) Yumru kabuğu ve yumru eti dokularındaki ortalama MDA miktarları değerlendirildiğinde; genel olarak Lady Claire en yüksek MDA miktarına sahip iken, yaprak dokularında olduğu gibi Russet Burbank çeşidi en düşük MDA miktarına sahip olmuştur. Doksan günlük tuz uygulaması sonunda uygulamalar karşılaştırıldığında ise; *R. solani*+NaCl uygulaması en

yüksek MDA oranına sahip olmuştur. Yumru eti dokusunda, uygulamalara göre, çeşitler arasındaki farkın, kontrol uygulaması hariç, istatistiki olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir (NaCl; $p=0,015$, *R. solani*; $p=0,015$ ve *R. solani*+NaCl; $p=0,025$). Yumru kabuğu dokusunda ise; *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamalarında çeşitler arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğu saptanmıştır (sırasıyla $p=0,026$, $p=0,007$) (Ek Açıklamalar-C.5).



Şekil 4.26. NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yumru dokularındaki lipid peroksidasyonu. Dikey barlar tekerrürlerin \pm SH'larını göstermektedir.

Malondialdehit, stres altındaki bitki zararlarının çoklu doymamış yağ asitlerinin ayrışma ürünüdür. Bu nedenle, MDA açısından lipid peroksidasyon seviyesinin oranı, bitkilerin oksidatif strese toleransının yanı sıra bitkilerin tuz stresine duyarlılığını değerlendirmek için bir gösterge olarak kullanılabilir (Jain vd., 2001). Yapılan stres uygulamalarının hepsi, kontrole kıyasla bütün çeşitlerin yaprak ve yumru dokularında MDA miktarında artışa sebep olmuştur. Benzer şekilde Yazdi (toleranslı) ve Diabolourde (hassas) yonca çeşitleri ile yapılan çalışmada da MDA miktarı seviyelerinin, NaCl

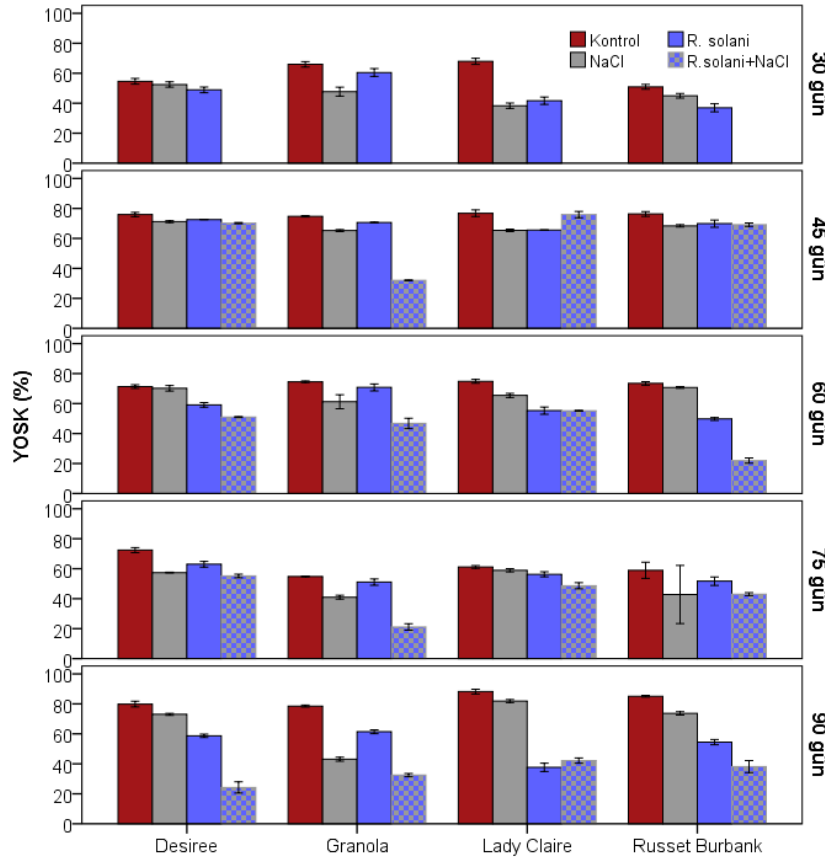
konsantrasyonundaki artışla birlikte önemli ölçüde arttığı belirlenmiştir ve bu artışın Diabolourde çeşidinde Yazdi ile karşılaştırıldığında daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Babakhani vd., 2011). Özellikle duyarlı genotiplerde tuzluluk ve kuraklık stresleri altında MDA miktarındaki artış, nohut (Bian ve Jiang, 2009; Arefian vd., 2014), çim (Fu ve Huang, 2001) ve mısır (Moussa ve Abdel-Aziz, 2008) gibi birçok bitkide bildirilmiştir.

Yapraklarda MDA miktarındaki bu artış NaCl stresine hassas olan çeşitlerde daha belirgin olup yumru büyümesinin gerçekleştiği 60 gün örnekleme zamanında yaklaşık 4 kat olmuştur. Tuzluluk stresi altında yetişen şili biberlerinin köklerinin *Phytophthora* enfeksiyonuna karşı savunmasız olduğu bulunmuş (Snapp ve Shennan, 1994), tuz stresi altında yetişen şili biberlerinde *Phytophthora capsici* enfeksiyonunun şiddetinin arttığı bildirilmiştir (Sanogo, 2004). Tuzluluğun ayrıca hücre duvarını parçalayan enzimlerin aktivitesini engelleyerek *R. solani*' nin patojenitesini ve virülansını da etkilediği belirtilmiştir (El-Abyad vd., 1988a; El-Abyad vd., 1992). Yumru dokularında ise; *R. solani* ve *R. solani*+ NaCl uygulamaları, çeşitlerin tolerans durumuna göre, kontrole kıyasla 3 ila 5 kat artışa sebep olmuştur. Bütün parametreler birlikte değerlendirildiğinde; stres kombinasyonunun MDA miktarında en fazla artışa sebep olduğu görülmektedir.

4.4.3.Yaprak oransal su kapsamı (YOSK) ve turgor kaybı (TK)

Şekil 4.27'de uygulamaların, patates çeşitlerinden 30, 45, 60, 75 ve 90 gün sonunda alınan yapraklardaki YOSK'na etkisi gösterilmiştir. Uygulamalar ve çeşitlere göre ortalama YOSK oranları değerlendirildiğinde; Desiree %65,18 oranı ile en yüksek YOSK'na sahip olmuştur. Uygulamalar karşılaştırıldığında ise; en düşük YOSK değeri %53,50 ile *R. solani*+NaCl uygulamasında belirlenmiştir. Örnekleme zamanları değerlendirildiğinde; çeşitlerin yumru oluşumu aşamasının yer aldığı 30 gün en düşük ve yumru büyümesinin başlangıcı olan 45 gün uygulamasında ise en yüksek YOSK değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Buna göre çeşitler, uygulamalar ve uygulama süreleri arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Çeşitler bazında örnekleme zamanları arasındaki farkın da istatistiki olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir (Lady Claire, $p=0,004$; diğer çeşitlerde $p\leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-C.7). Ayrıca uygulamalar bazında, farklı örnekleme zamanlarında çeşitler arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur (Ek Açıklamalar-C.8).

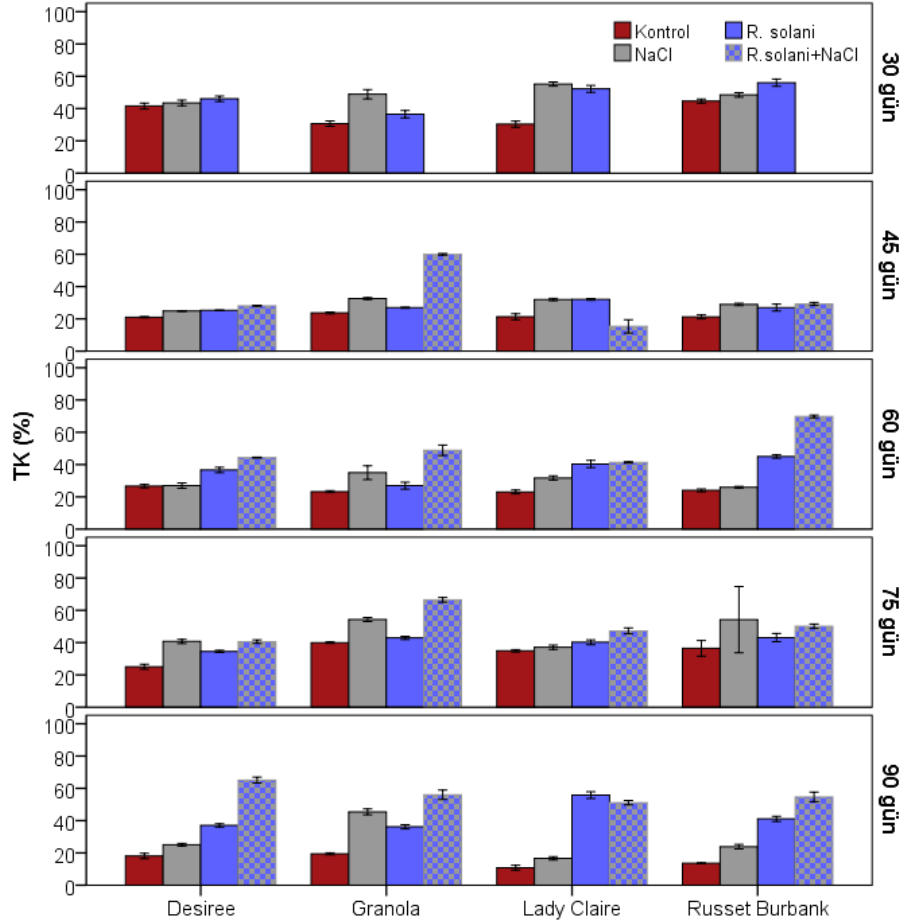
Uygulamalar ve çeşitlere göre ortalama TK oranları değerlendirildiğinde; %40,86 ile Russet Burbank en yüksek TK değerine sahip olurken, bu çeşidi %39,7 ile Granola ve %36,0 ile Lady Claire çeşitleri takip etmiştir. Desiree çeşidi ise %34,0 TK değeri ile ortalama en düşük TK'na sahip olmuştur (Şekil 4.28). Çeşitler bazında uygulama zamanları arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğu bulunmuştur (Lady Claire, $p=0,016$; diğer çeşitlerde $p\leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-C.9).



Şekil 4.27. NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin YOSK değerleri. Dikey barlar tekerrürlerin \pm SH'larını göstermektedir.

Uygulamalar kıyaslandığında ise; *R. solani*+ NaCl uygulamasının %44,48 oranı ile en yüksek, kontrol uygulamasının %29,07 oranı ile en az TK değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Örnekleme zamanları değerlendirildiğinde; yumru oluşumu ve çiçeklenme aşamalarının yer aldığı 30 gün ve 75 gün uygulamalarının en yüksek ve yumru büyümesinin başlangıcı olan 45 gün uygulamasının ise en düşük TK değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Buna göre çeşitler, uygulamalar ve uygulama süreleri arasında istatistiki olarak

anlamli farklılıklar saptanmıştır. Uygulamalara göre farklı örnekleme zamanlarında çeşitler arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur (Ek Açıklamalar-C.10)



Şekil 4.28. NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamalarına bağı olarak patates çeşitlerinin TK değerleri. Dikey barlar tekrürlerin \pm SH'larını göstermektedir.

Bitkiler, dokularında Na^+ ve Cl^- biriktirerek ozmotik durumlarını ayarlayabilmektedirler. Bununla birlikte, bu durum hücreleri tehlikeye atabilir ve apoplastta tuz birikebileceği ve bu durumun YOSK'ı etkileyerek hücreyi dehidre edebileceği öne sürülmektedir (Munns ve Tester, 2008). Patates çeşitlerinin YOSK ve TK değerlerinin yumru büyümesi (60 gün) ve yumru olgunlaşması (90 gün) dönemlerinde önemli ölçüde etkilendiği saptanmıştır. Streslere maruz kalma süresinin artmasıyla birlikte çeşitlerin YOSK değerlerindeki azalma ve TK değerlerindeki artış daha belirgin hale gelmiştir. Literatürde de bitkilerin tuz stresine maruz kalma süreleri arttıkça YOSK miktarlarının azaldığı dut (Ahmad vd., 2010) ve hıyar (Furtana ve Tıprıdamaz, 2010) bitkilerinde yapılan çalışmalarla tespit

edilmiştir ve bunun da TK' na neden olduğu belirlenmiştir (Ahmad vd., 2010). *Hordeum vulgare* cv. Tadmor'da ve halofilik yabancı arpa *H. marinum* bitkileri ile yapılan bir çalışmada tuz uygulamalarının her iki arpa türünde de TK'da bir artışa ve YOSK'nda azalışa neden olduğu tespit edilmiştir (Maršálová vd., 2016).

Tuz stresi uygulamasının çeşitlerin YOSK ve TK değerlerini kontrole kıyasla çok fazla değiştirmedeği ve tarama sonuçlarına göre NaCl stresine toleranslı olan çeşitlerde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Literatürde de Desiree patates çeşidinin tuz stresi altında tüm büyüme süresi boyunca pozitif bir turgoru koruduğu belirlenmiştir. Bu durumun, bitkilerin ozmotik olarak düzenlenmesinden kaynaklandığı ve tuzluluk altında, esas olarak Cl⁻ ve prolin birikimi ile elde edildiği düşünülmektedir (Heuer ve Nadler, 1998). Tuz stresine toleranslı bitkilerin, tuz stresi altında YOSK miktarlarının daha yüksek olmasının sebebi, suyu emme ve tutma kabiliyetinin daha yüksek olmasıdır (Singh vd., 2018a). Ancak bütün örnekleme zamanlarında *R. solani*+NaCl uygulamasının kontrole kıyasla en düşük YOSK ve en yüksek TK'na sebep olduğu belirlenmiştir.

Artan tuzluluk seviyeleri ile YOSK' nın azalmasının ana nedeni, kök rizosferinde tuz birikmesinin neden olduğu ozmotik potansiyel azalmasına bağlı olarak suyun alınımındaki azalmadır. Su stresine bağlı olarak YOSK' ndaki azalmanın, köklerde ABA hormonu üretimi ve stoma bekçi hücrelerinde ABA birikmesi sonucu su stresi altında stomaların kapanması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Dehnavi vd., 2017). Bitkilerin tuz stresine uyumunda, çözünebilir karbonhidratların yapraklardan köklere transferinde kısıtlama yaparak ozmotik dengeyi sağladıkları bilinmektedir. Buna ek olarak *R. solani* hastalık etmeninin kök ve gövdede oluşturduğu lezyonların fotoasimilantların köklere transferinde azalmaya sebep olmasının, çeşitlerin NaCl ve *R. solani*+NaCl stres uygulamalarına toleransına katkı sağladığı düşünülmektedir. Böylece YOSK'un stres koşullarında önemli ölçüde korunduğu belirlenmiştir.

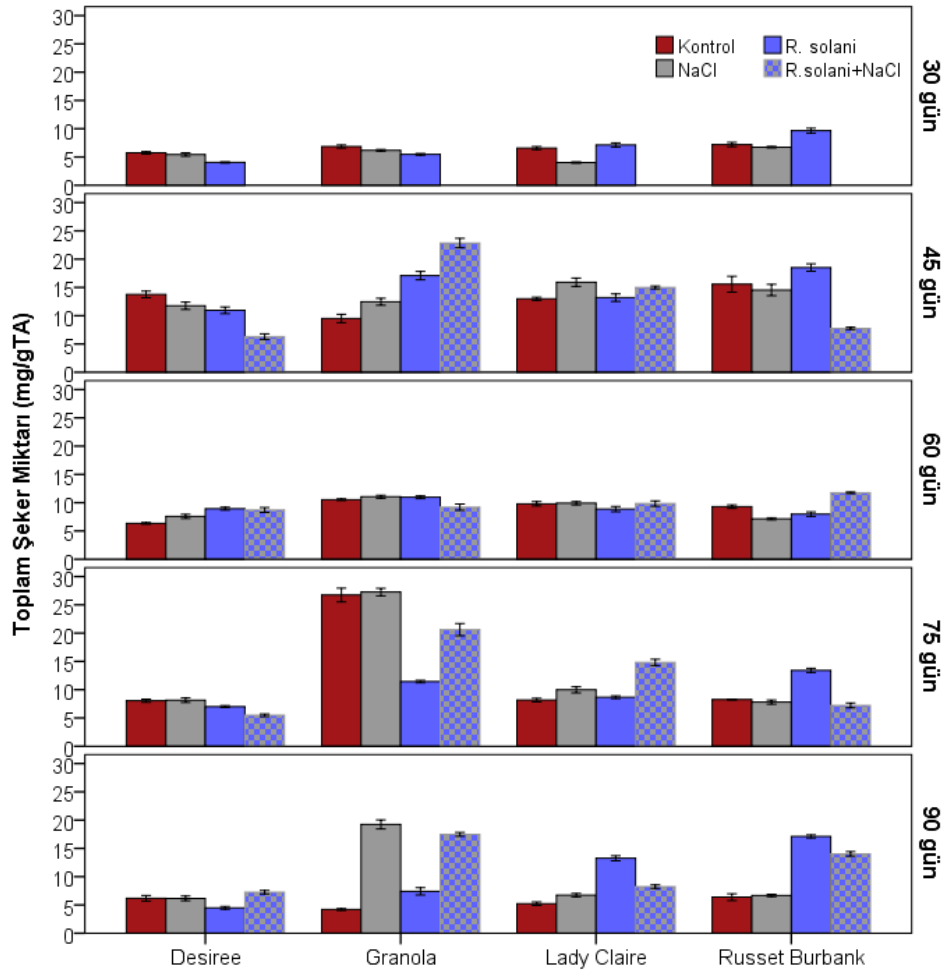
4.4.4. Çözünabilir şekerler

4.4.4.1. Toplam şeker

Patates çeşitlerinden 30, 45, 60, 75 ve 90 günlük uygulamalar sonunda alınan yaprakların toplam şeker miktarı sonuçları Şekil 4.29'da verilmiştir. Uygulamalar ve çeşitlere göre ortalama toplam şeker miktarı değerlendirildiğinde; Granola çeşidinin en yüksek toplam şeker miktarına sahip olduğu belirlenmiştir. Uygulamalar karşılaştırıldığında ise; *R. solani* en yüksek değere sahip olmuştur. Desiree çeşidinin 7,63 mg/gTA ile en düşük değere sahip olduğu saptanmıştır. Uygulamalar kıyaslandığında ise; *R. solani*+ NaCl uygulaması 11,49 mg/gTA değeri ile en yüksek, *R. solani* uygulamasının ise 9,99 mg/gTA değeri ile en az toplam şeker miktarına sahip olduğu rapor edilmiştir.

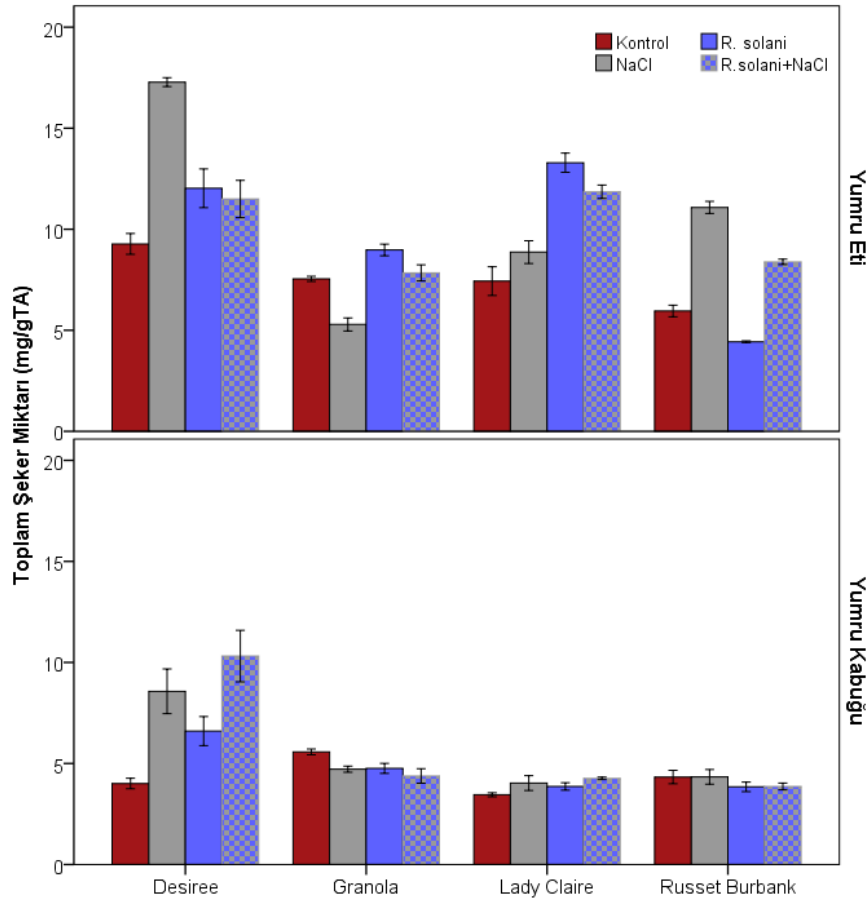
Örnekleme zamanları değerlendirildiğinde yumru oluşumu aşamasının yer aldığı 30 gün uygulamasında toplam şeker miktarının en az olduğu (6,16 mg/gTA), yumru büyümesinin başlangıcı olan 45 gün uygulamasında yaklaşık iki kat arttığı (13,74 mg/gTA), yumru olgunlaşmasıyla (60 gün) azaldığı tespit edilmiştir. Çiçeklenmenin olduğu 75 gün ve yumru olgunlaşmasının tamamlandığı 90 gün sonunda ise tekrar artış gösterdiği belirlenmiştir. Çeşitler bazında uygulama zamanları arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğu saptanmıştır ($p \leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-C.11). Buna göre çeşitler, uygulamalar ve uygulama süreleri arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Uygulamalar bazında da farklı örnekleme zamanlarında çeşitler arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur (Ek Açıklamalar-C.12).

Şekil 4.30'da deneme sonunda, uygulamaların, hasat edilen yumruların kabuk ve et dokularındaki toplam şeker miktarı üzerindeki etkisi gösterilmiştir. Desiree çeşidinin hem yumru kabuğu hem de yumru eti dokularında ortalama en yüksek toplam şeker miktarına (sırasıyla 7,12 ile 12,52 mg/gTA) sahip olduğu belirlenmiştir. Uygulamalar kıyaslandığında ise; toplam şeker miktarının en yüksek olduğu (8,02 mg/gTA) uygulama NaCl uygulaması olarak tespit edilmiştir. Örneklenen dokular kıyaslandığında ise; yumru kabuğunun ortalama 4,98 mg/gTA ve yumru etinin ortalama 9,25 mg/gTA olduğu ve istatistiki olarak anlamlı farklılıklar saptanmıştır ($p \leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-C.13).



Şekil 4.29. NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yapraklarındaki toplam şeker miktarı. Dikey barlar tekerrürlerin \pm SH'larını göstermektedir.

Yumur eti dokusunda, uygulamalara göre, çeşitler arasındaki farkın istatistik olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir (Kontrol ve *R. solani*; $p=0,006$, NaCl; $p=0,017$ ve *R. solani*+NaCl; $p=0,017$). Yumur kabuğu dokusunda da bütün uygulamalarında çeşitler arasındaki farkın istatistik olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir (Kontrol; $0,008$, NaCl; $p=0,001$, *R. solani*; $p=0,004$ ve *R. solani*+NaCl; $p=0,003$) (Ek Açıklamalar-C.12).

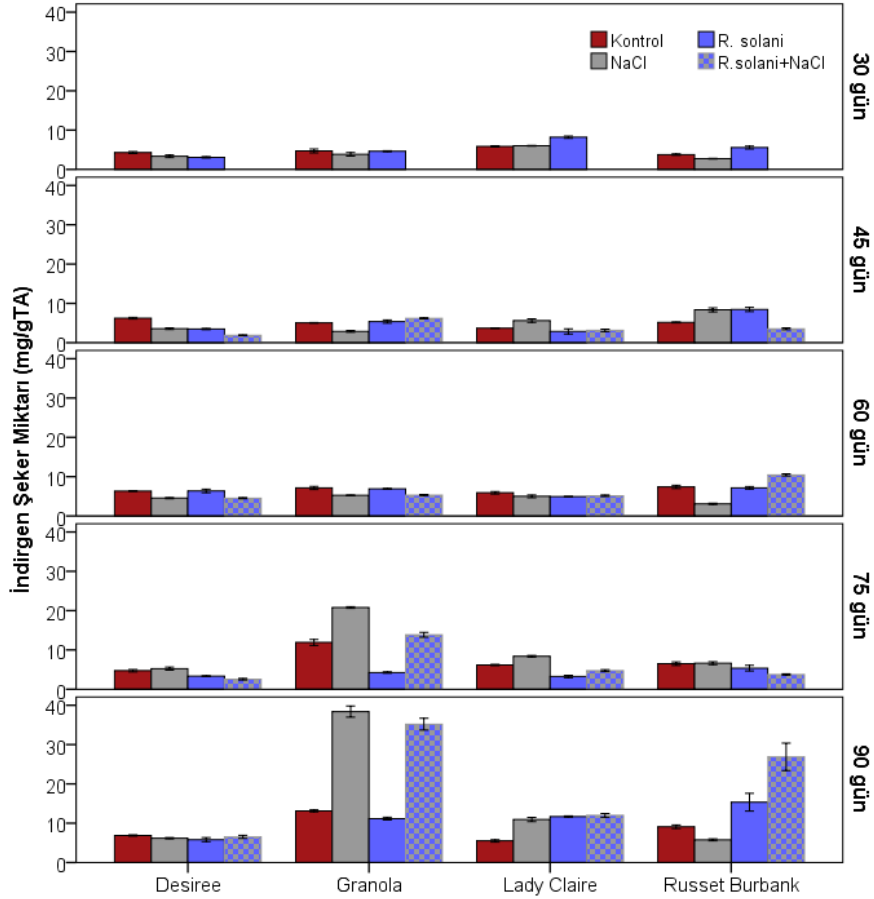


Şekil 4.30. NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yumru dokularındaki toplam şeker miktarı. Dikey barlar tekerrürlerin \pm SH'larını göstermektedir.

4.4.4.2. İndirgen şeker

Patates çeşitlerinden 30, 45, 60, 75 ve 90 gün sonunda alınan yaprakların indirgen şeker miktarlarında meydana gelen değişiklikler Şekil 4.31'de verilmiştir. Örnekleme zamanları dikkate alındığında; Granola çeşidinin 7,15 mg/g TA miktarı ile ortalama en yüksek indirgen şeker miktarına sahip olduğu tespit edilmiştir. Granola çeşidini, Russet Burbank (5,74 mg/gTA) ve Lady Claire (5,3 mg/gTA) çeşitleri takip ederken, Desiree çeşidinin 4,24 mg/gTA değeri ile en düşük indirgen şeker miktarına sahip olduğu belirlenmiştir. Uygulamalar kıyaslandığında ise; *R. solani*+NaCl uygulaması (4,83 mg/gTA) en düşük, NaCl uygulaması (6,31 mg/gTA) en yüksek indirgen şeker miktarına sahip olmuştur. Örnekleme zamanları değerlendirildiğinde; yumru büyümesinin gerçekleştiği dönem olan 60 güne kadar ortalama indirgen şeker miktarının 4,6 mg/gTA olduğu ve yumru büyümesinden hasat dönemine kadar artarak 13,78 mg/gTA değerine çıktığı tespit edilmiştir.

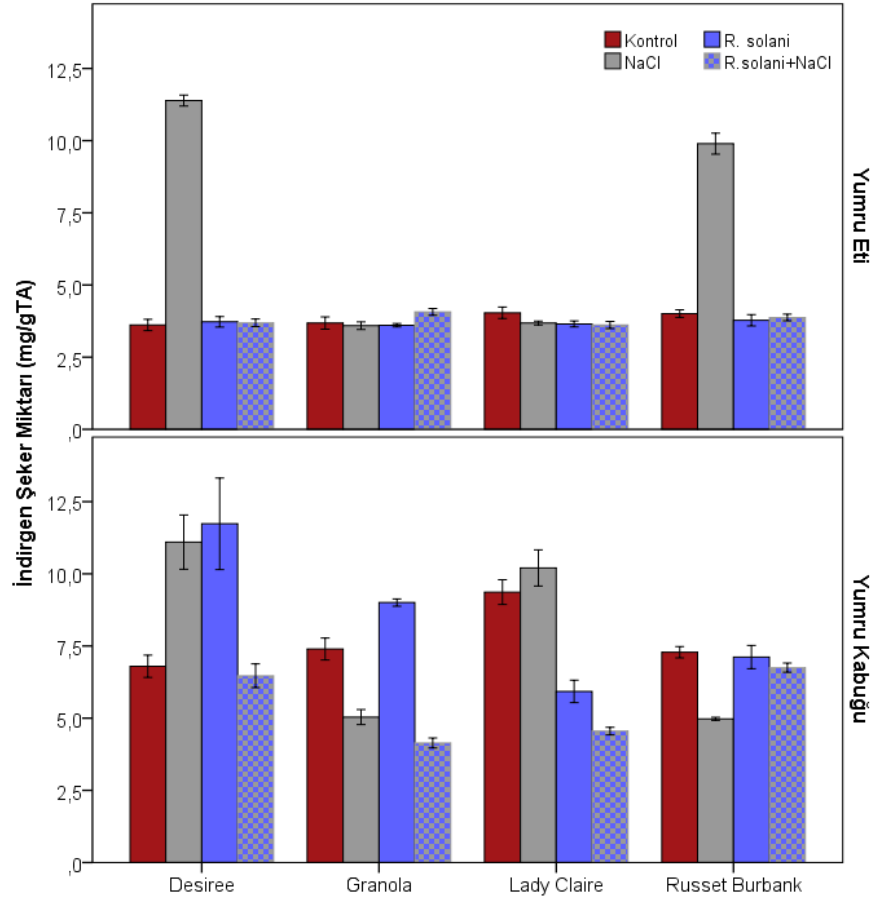
Çeşitler bazında uygulama zamanları arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğu saptanmıştır (Lady Claire, $p=0,001$; diğer çeşitlerde $p\leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-C.14). Ayrıca uygulamalar bazında, farklı örnekleme zamanlarında çeşitler arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur (Ek Açıklamalar-C.15)



Şekil 4.31. NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yapraklarındaki indirgen şeker miktarları (mg/gTA). Dikey barlar tekerrürlerin \pm SH'larını göstermektedir.

Doksan günlük NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamaları sonunda patates çeşitlerinin yumru dokularındaki indirgen şeker miktarındaki değişimler Şekil 4.32'de verilmiştir. Yumru dokularında da yaprak dokularında olduğu gibi Granola çeşidi en yüksek (7,48 mg/gTA), Desiree çeşidi ise 90 gün sonunda en düşük (5,78 mg/gTA) indirgen şeker miktarına sahip olan çeşitler olarak tespit edilmiştir. Örneklenen dokuların indirgen şeker miktarları arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğu saptanmıştır ($p\leq 0,000$) (Ek Açıklamalar-C.16). Yumru eti dokusunda, uygulamalara göre, çeşitler arasındaki farkın,

bütün uygulamalarda istatistiki olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir (Kontrol, $p=0,23$, NaCl; $p=0,009$, *R. solani*; $p=0,003$ ve *R. solani*+NaCl; $p=0,004$). Yumru kabuğu dokusunda ise; sadece NaCl uygulamasında çeşitler arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p=0,02$) (Ek Açıklamalar-C.15).

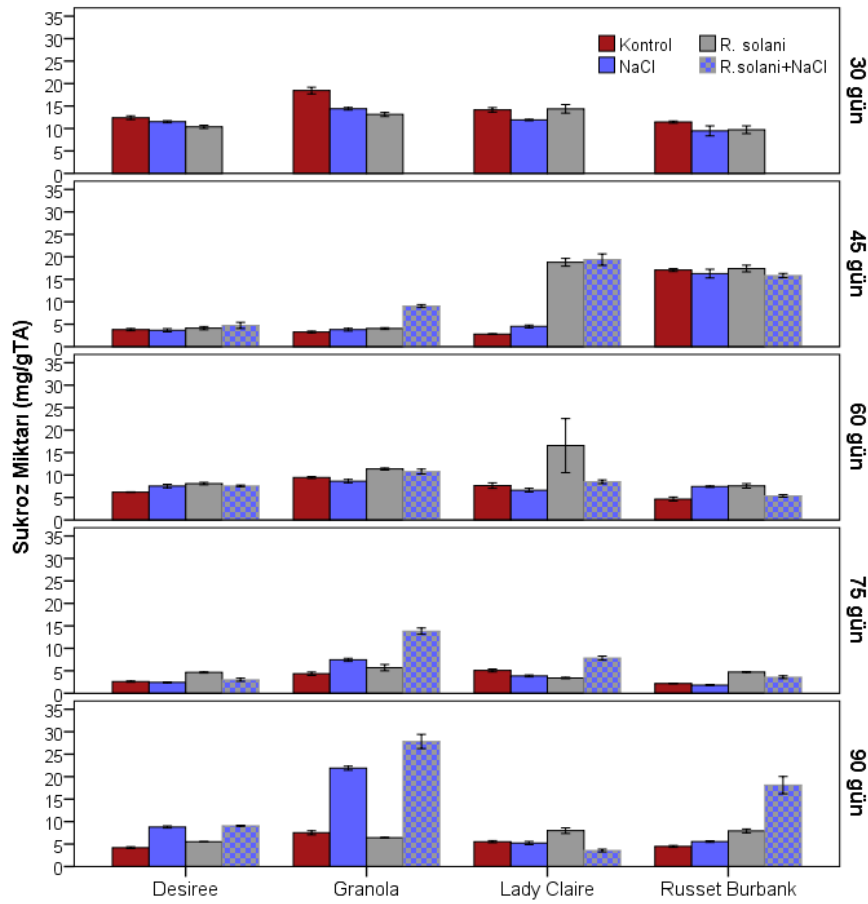


Şekil 4.32. NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yumru dokularındaki indirgen şeker miktarı. Dikey barlar tekerrürlerin \pm SH'larını göstermektedir.

4.4.4.3. Sukroz

Patates çeşitlerinden 30, 45, 60, 75 ve 90 gün sonunda alınan yaprak örneklerinin/dokularının sukroz miktarlarında meydana gelen değişiklikler Şekil 4.33'te verilmiştir. Granola ve Lady Claire çeşitlerinin sırasıyla 9,68 mg/gTA ve 9,56 mg/gTA değeri ile en yüksek, Desiree çeşidinin ise 6,50 mg/gTA değeri ile en düşük sukroz miktarına sahip olduğu belirlenmiştir. Uygulamalar kıyaslandığında ise; *R. solani* uygulamasının 10,95 mg/gTA değeri ile en yüksek sukroz miktarına sahip olduğu tespit edilmiştir.

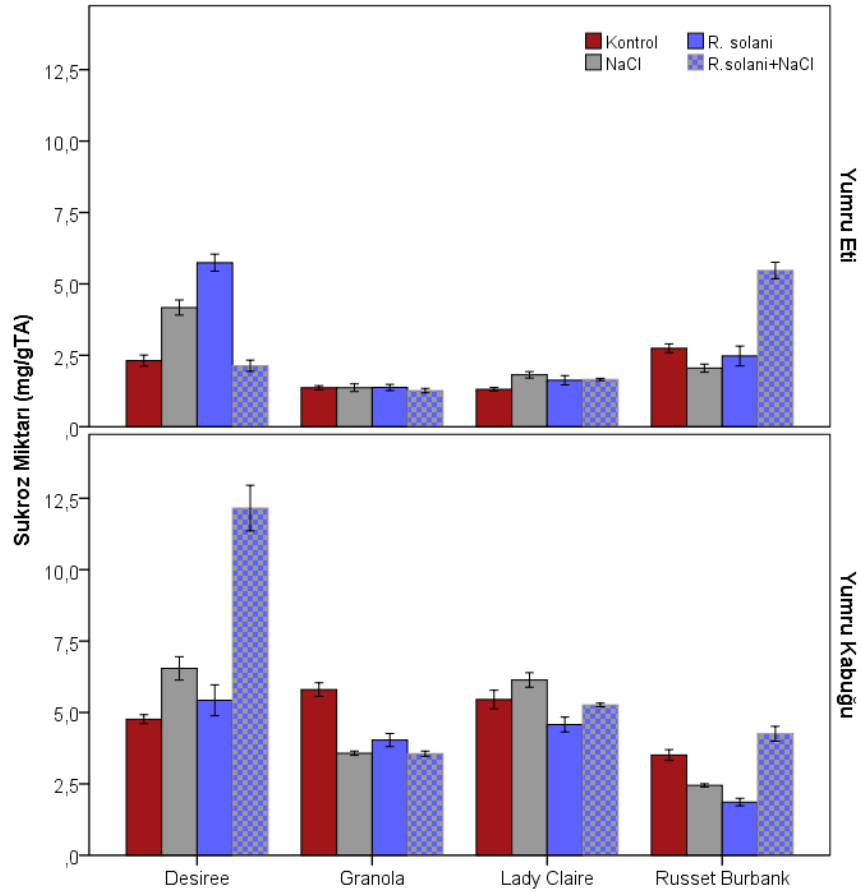
Örnekleme zamanları değerlendirildiğinde; yumru oluşumu aşamasının yer aldığı 30 gün uygulaması 12,54 mg/gTA miktarı ile en yüksek sukroz miktarına sahip olurken yumru olgunlaşmasına kadar (90 gün) azalarak 4,94 mg/gTA değerine kadar düşmüştür. Yumru olgunlaşmasının tamamlandığı 90 gün aşamasında tekrar artarak 9,14 mg/gTA değerine yükselmiştir. Çeşitler bazında uygulama zamanları arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğu saptanmıştır ($p \leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-C.17). Buna göre çeşitler, uygulamalar ve uygulama süreleri arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Ayrıca uygulamalar bazında, farklı örnekleme zamanlarında çeşitler arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur (Ek Açıklamalar-C.18)



Şekil 4.33. NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yapraklarındaki sukroz miktarı. Dikey barlar tekerrürlerin \pm SH'larını göstermektedir.

Doksan günlük NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamaları sonunda patates çeşitlerinin yumru dokularındaki sukroz miktarındaki değişimler Şekil 4.34'te verilmiştir. Desiree çeşidi en yüksek (5,41 mg/gTA), Granola çeşidi ise 90 gün sonunda en düşük (2,79

mg/gTA) sukroz miktarına sahip olan çeşitler olarak tespit edilmiştir. Örneklenen dokuların sukroz miktarları arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğu saptanmıştır ($p=0,000$) (Ek Açıklamalar-C.19). Ayrıca yumru eti dokusunda, uygulamalara göre, çeşitler arasındaki farkın, istatistiki olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir (Kontrol; $p=0,010$, NaCl; $p=0,002$, *R. solani*; $p=0,013$ ve *R. solani*+NaCl; $p=0,003$). Yumru kabuğu dokusunda da uygulamalar bazında çeşitler arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir (Kontrol; $p=0,010$, NaCl; $p=0,001$, *R. solani*; $p=0,029$ ve *R. solani*+NaCl; $p=0,004$) (Ek Açıklamalar-C.18).



Şekil 4.34. NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yumru dokularındaki sukroz miktarı. Dikey barlar tekerrürlerin \pm SH'lerini göstermektedir.

Ozmoprotektan olarak görev yapan uyumlu çözünenlerin sentezi ve birikimi, tuz stresine toleranslı organizmaların hem uzun hem de kısa süreli tuz stresine verdikleri hücrel tepkiler arasında yer almaktadır (Apse ve Blumwald, 2002). Ozmolit olarak işlev

gösteren metabolitler, esas olarak, fruktoz ve sukroz gibi şekerler, glisin-betain gibi yüklü metabolitler ve prolindir (Nxele vd., 2017). Yapılan çalışmada stres uygulamalarının yaprakların çözünebilir şeker (toplam ve indirgen şeker, sukroz) miktarını kontrole kıyasla azalttığı ancak 90 gün strese maruziyet sonunda, *R. solani*'ye dayanıklı Granola ve Russet Burbank çeşitlerinde, *R. solani*+NaCl uygulamalarında artış olduğu saptanmıştır. Ayrıca toplam ve indirgen şeker ile sukroz miktarlarının yaprak dokusunda tuzluluğa hassas olan çeşitlerde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

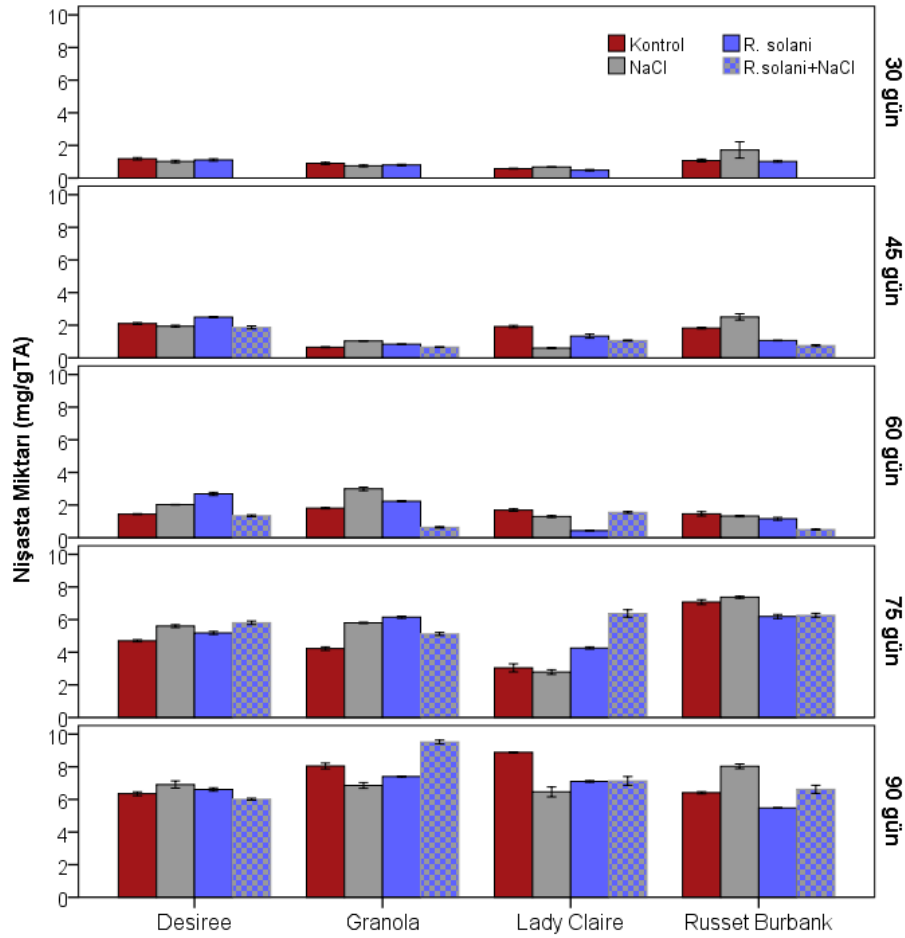
Artan çözünebilir karbonhidratlar, sukrozun monosakkaritlere dönüştürülmesinden kaynaklanabilmektedir. Bir başka sebep ise, sitoplazma ve vakuol arasında ozmotik dengeyi sağlamak için karbonhidratların sürgünlerden köklere transferinde azalma veya kesintinin olmasıdır (Munns, 1993). Benzer şekilde ekmeklik buğday ile yapılan bir çalışmada yaprak çözünebilir şeker miktarının tuzluluk ile önemli ölçüde arttığı belirtilmiştir (Dehnavi vd., 2017). Tuz stresi koşulları altında şeker birikimi *Schenkia spicata* (Misic vd., 2012) ve *Medicago* türlerinde (Yousfi vd., 2010) de rapor edilmiştir. Aghaei vd. (2009) tuza toleranslı Kennebec patates çeşidinin sürgünlerindeki ve köklerindeki toplam çözünebilir şeker miktarının arttığını ancak, tuza duyarlı patates çeşidinin sürgünlerindeki çözünebilir şeker miktarı üzerinde hiçbir etkisi olmadığını tespit etmişlerdir. May Queen ve Dejima patates çeşitleri kullanılarak yapılan bir çalışmada tuz stresi, ÇKM ve yapraklardaki TNC miktarının tuz stresi ile arttığı belirlenmiştir. Sürgünlerin ÇKM miktarının büyümenin erken safhasında arttığı, sonraki aşamalarda ÇKM ve ayrıca TNC miktarının tuz stresi ile azaldığı tespit edilmiştir. Yaprak karbonhidrat miktarının her iki çeşitte de tutarlı eğilimler göstermediği ve yaprak ÇKM miktarı üzerindeki etkilerinin, May Queen ve Dejima çeşitleri arasında ve büyüme dönemleri arasında farklılık gösterdiği belirlenmiştir (Ghosh vd., 2001).

Tuzlu koşullarda yetiştirilen yüksek bitkilerde ozmoprotektanlar önemli bir role sahip olmasına rağmen, etkileri çeşit, tür ve hatta aynı bitkinin farklı bölümlerinde bile değişiklik göstermektedir (Ashraf ve Harris, 2004). Yumru eti dokusunda Lady Claire ve Granola çeşitlerinin sukroz ve indirgen şeker miktarlarının uygulamalardan çok fazla etkilenmediği, Desiree ve R. Burbank çeşitlerinde ise NaCl uygulamasında daha belirgin olmak şartıyla *R. solani* ve NaCl uygulamalarında arttığı görülmüştür. Toplam şeker miktarlarının ise yumru kabuğu dokusunda kontrole kıyasla çok fazla değişmediği ancak yumru eti dokusunda stres uygulamalarına arttığı belirlenmiştir. Her ne kadar toleranslı

çeşidin daha fazla miktarda toplam karbonhidrat biriktirdiği tespit edilse de hassas çeşidin tuz stresi altında en yüksek çözünebilir karbonhidrat miktarına sahip olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, tuz toleransının belirlenmesinde, karbonhidrat mevcudiyetinden ziyade fotoasimilatların dağılımı ve kullanımı ile fotosentetik oranın daha önemli olabileceği düşünülmektedir (Shahbaz vd., 2012). Tütünde, tütün mozaik virüsü veya *P. nicotianae*, buğdayda *Puccinia graminis* ve *Arabidopsis*'te *A. candida* enfeksiyonunun olması durumunda, çözünebilir şeker seviyelerinde bir artış olduğu belirlenmiştir (Scharte vd., 2005). Literatürde *R. solani* enfeksiyonu ve *R. solani*+NaCl kombinasyonuna maruz bırakılan bitkilerin çözünebilir şeker miktarlarındaki değişimlerin araştırıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır.

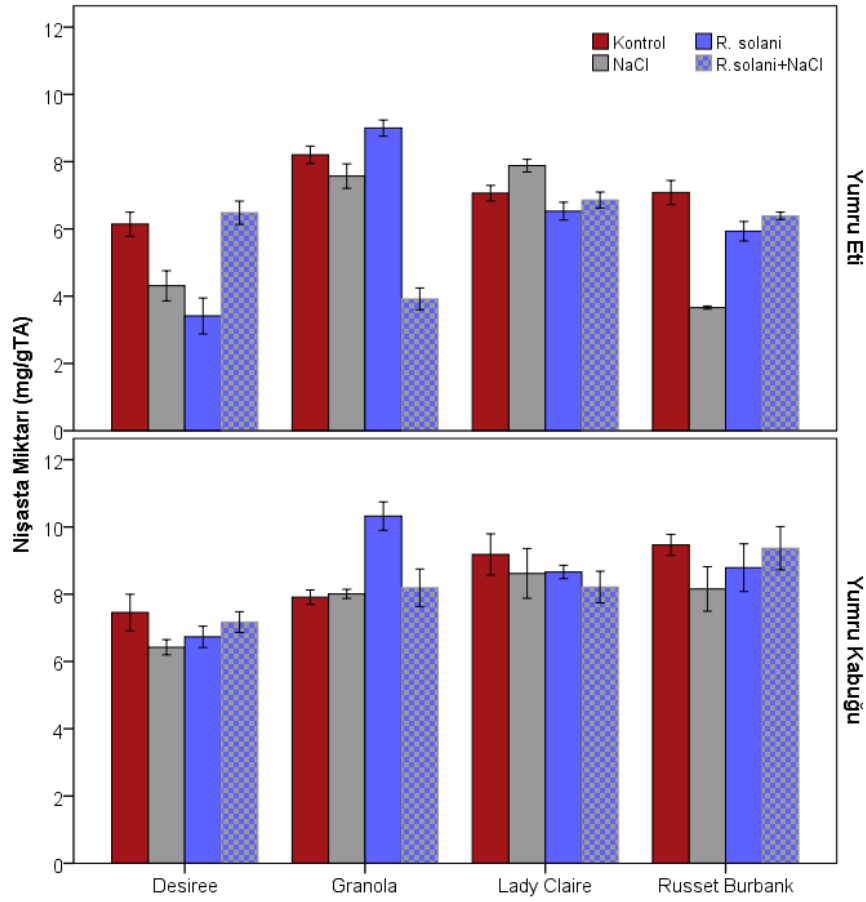
4.4.5. Nişasta analizi

Patates çeşitlerinden 30, 45, 60, 75 ve 90 gün sonunda alınan yaprak dokularının nişasta miktarı sonuçları Şekil 4.35'te verilmiştir. Russet Burbank çeşidi 2,66 mg/gTA miktarı ile en yüksek nişasta miktarına sahip olurken, Lady Claire çeşidi 1,81 mg/gTA nişasta miktarı ile en düşük nişasta miktarına sahip olmuştur. Uygulamalar kıyaslandığında ise; *R. solani*+NaCl uygulamasının 2,66 mg/gTA değeri ile en yüksek, Kontrol uygulamasının ise 2,20 mg/gTA nişasta miktarı ile en az nişasta miktarına sahip olduğu belirlenmiştir. Örnekleme zamanları değerlendirildiğinde; 30 gün uygulamasında 0,95 mg/gTA olan nişasta miktarı stres uygulamasına maruz kalma süresi arttıkça artmış ve 90 günün sonunda 7,04 mg/gTA değerine çıkmıştır. Çeşitler bazında uygulama zamanları arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğu bulunmuştur ($p \leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-C.20). Ayrıca uygulamalar bazında, farklı örnekleme zamanlarında çeşitler arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir (Ek Açıklamalar-C.21)



Şekil 4.35. NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yapraklarındaki nişasta miktarı. Dikey barlar tekerrürlerin \pm SH'larını göstermektedir.

Doksan günlük NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamaları sonunda patates çeşitlerinin yumru dokularındaki nişasta miktarındaki değişimler Şekil 4.36'da verilmiştir. Desiree çeşidi en yüksek (7,81 mg/gTA), Granola çeşidi ise 90 gün sonunda en düşük nişasta miktarına (6,83 mg/gTA) sahip olan çeşitler olarak tespit edilmiştir. Örneklenen dokular karşılaştırıldığında; yumru etinin ortalamasının 6,15 mg/gTA ve yumru kabuğunun ortalamasının 8,28 mg/gTA olduğu görülmektedir ve istatistiki olarak anlamlı farklılık vardır ($p \leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-C.22). Yumru eti dokusunda, uygulamalara göre, çeşitler arasındaki farkın, istatistiki olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir (Kontrol; $p=0,002$, NaCl ve *R. solani*; $p=0,001$ ve *R. solani*+NaCl; $p=0,008$). Yumru kabuğu dokusunda da uygulamalar bazında çeşitler arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir (Kontrol; $p=0,015$, NaCl ve *R. solani*; $p=0,002$ ve *R. solani*+NaCl; $p=0,045$) (Ek Açıklamalar-C.21).



Şekil 4.36. NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yumru dokularındaki nişasta miktarı. Dikey barlar tekerrürlerin \pm SH'larını göstermektedir.

Nişasta ve diğer karbonhidratlar bitkilerde karbonhidrat üretimi ve tüketimi arasındaki dengenin sonucu oluşmaktadır (Sheikh-Mohamadi vd., 2017). Birçok çalışma, nişasta miktarının, yaprak ve köklerin büyüyen bölgelerinde ozmotik ayarlamaya ve turgorun sürdürülmesine katkıda bulunarak tuz stresi toleransını arttırdığını göstermektedir. Ayrıca, nişasta stres durumu sırasında biyosentez için substrat olarak da işlev görebilir ve daha sonra büyüme, gelişme ve stresten kurtulma amacıyla kullanılabilir (Fu ve Dernoeden 2008).

Yumurru büyümesinin gerçekleştiği dönemden hasada kadar geçen sürede bütün çeşitlerin yapraklarındaki nişasta miktarlarının arttığı belirlenmiştir. Çeşitlerin nişasta miktarının; uygulamalara ve tolerans seviyelerine göre değiştiği belirlenmiştir. Desiree ve Lady Claire çeşidinde nişasta miktarının *R. solani* ve *R. solani*+ NaCl uygulamalarında

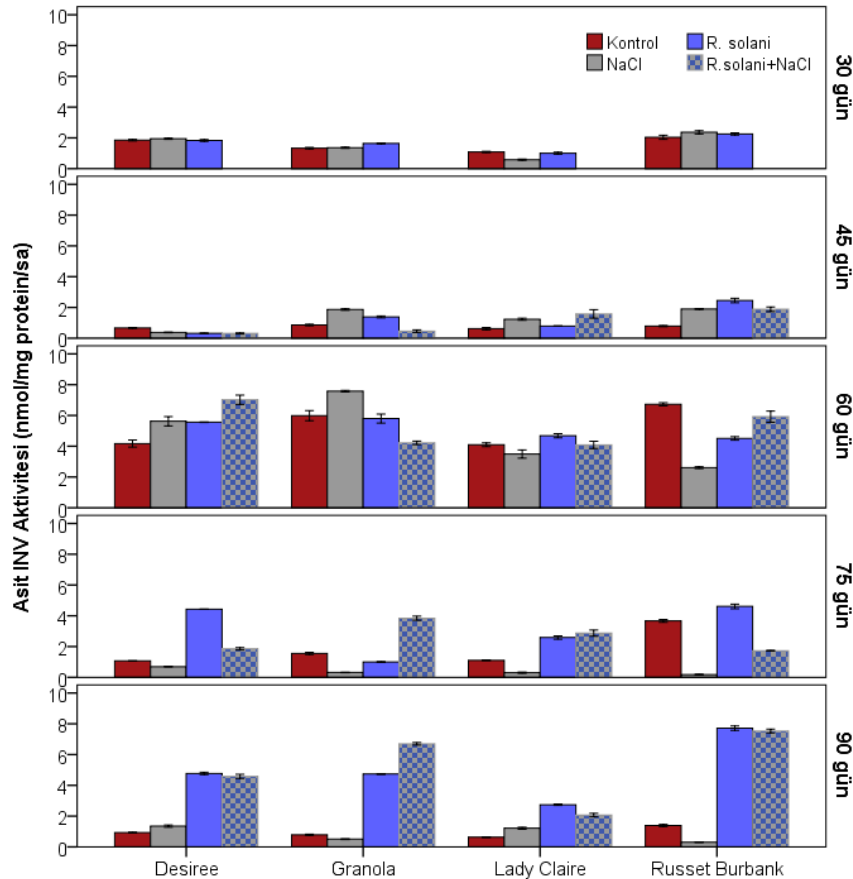
konrole kıyasla arttığı Desiree ve Russet Burbank çeşidinde azaldığı tespit edilmiştir. Yumru kabuğu dokularında uygulamalara bağlı olarak azalmakla birlikte, kontrole kıyasla çok fazla değişiklik olmadığı belirlenmiştir. Farklı patates çeşitlerine ait eksplantlar *in vitro* koşullarda NaCl'ye maruz bırakılmıştır ve nişasta seviyesinin yabancı patates çeşitlerinde *S. curtilobum* ve *S. juzepczukii*'de bütün tuz konsantrasyonlarında sabit kaldığı, *S. tuberosum*'un mikro yumrularında nişasta miktarının arttığı saptanmıştır. Tuza tolerans bakımından farklılık gösteren üç buğday çeşidi ile yapılan bir çalışmada, çözünebilir karbonhidratlar, fruktanlar ve nişasta miktarının artan tuz konsantrasyonuna paralel olarak arttığı tespit edilmiştir. Tuza hassas olan Gkosh çeşidine ait çözünebilir şeker miktarının yaprak ve köklerde olgun tohumlardan daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Kafi vd., 2003). Yapılan başka bir çalışmada da tuz stresinin patates bitkisinde yapraklarda nişasta miktarını arttırdığı, nitrat redüktaz aktivitesini baskıladığı, büyümeyi ve yumrularında kuru madde üretimini azalttığı belirlenmiştir (Ghosh vd., 2001). Bununla birlikte patates bitkisiyle yapılan farklı çalışmalarda tuza tolerans bakımından çeşitler arasında farklılıklar olduğuna dikkat çekilmiştir (Elkhatib vd., 2005). Ayrıca çeltik (Dubey ve Singh, 1999) ve buğday (Kafi vd., 2003) bitkilerinde nişastanın ozmolit olarak biriktiği tespit edilmiştir. *Plasmodiophora brassicae* ile enfekte olan *Arabidopsis* bitkisinde SuSy ve nişasta sintaz ifadesinin indüklendiği belirlenmiştir (Siemens vd., 2006).

4.4.6. Sukroz metabolizması enzimleri

4.4.6.1. İnvvertazlar (INV)

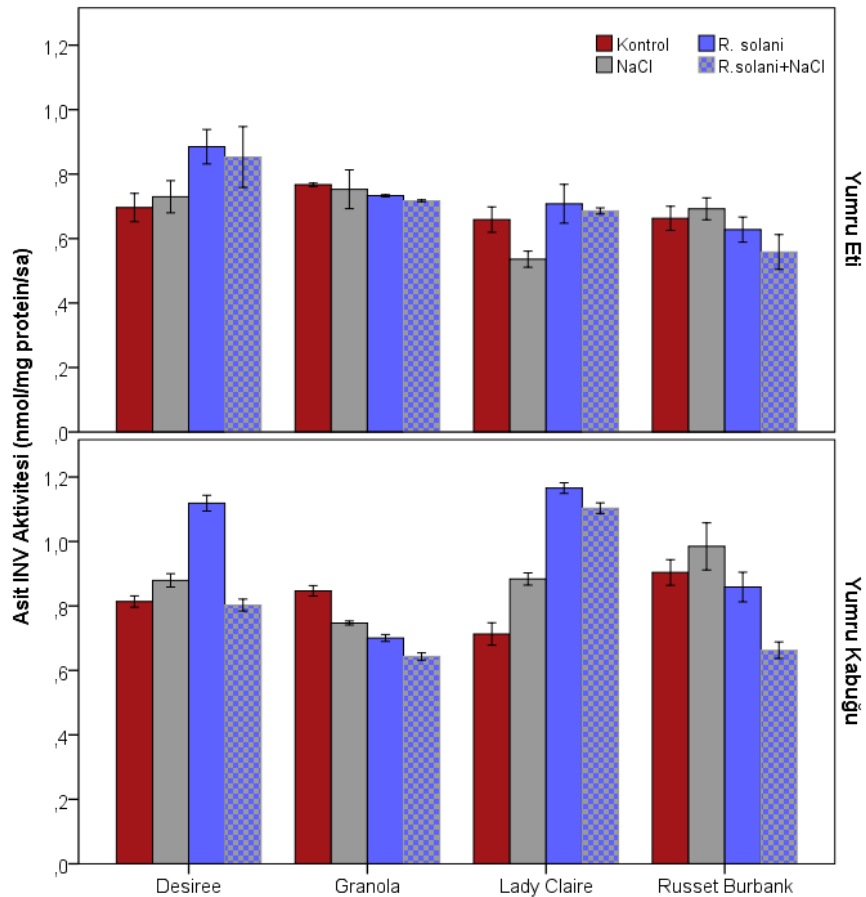
Patates çeşitlerinden 30, 45, 60, 75 ve 90 gün sonunda alınan yaprakların asit INV aktivitesi sonuçları Şekil 4.37'de verilmiştir. Russet Burbank çeşidi, *R. solani* + NaCl uygulaması ve 60 gün örnekleme süresinin en yüksek asit INV aktivitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Russet Burbank çeşidi 3,19 nmol/mg protein/sa aktivite miktarı ile en yüksek aktivite değerine sahip olurken, bu çeşidi Granola (2,73 nmol/mg protein/sa), Desiree (2,10 nmol/mg protein/sa) ve Lady Claire (1,94 nmol/mg protein/sa) çeşitleri takip etmiştir. Uygulamalar kıyaslandığında ise; *R. solani*+ NaCl uygulaması 3,54 nmol/mg protein/sa aktivite değeri ile en yüksek, NaCl uygulamasının 1,79 nmol/mg protein/sa aktivite değeri ile en düşük asit INV aktivitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Örnekleme zamanları değerlendirildiğinde; yumru oluşumu aşamasının yer aldığı 30 ve yumru büyümesinin

başlangıcı olan 45 gün uygulamalarında asit INV aktivitesinin sırasıyla 1,61 ve 1,09 nmol/mg protein/sa değerlerinde olduğu, yumru büyümesinin gerçekleştiği dönem olan 60 gün uygulamasıyla 5,13 nmol/mg protein/sa değerine çıktığı tespit edilmiştir. Çiçeklenmenin olduğu 75 gün uygulamasıyla tekrar 1,99 nmol/mg protein/sa aktivite değeri belirlenmiştir. Çiçeklenmenin son bulduğu ve yumru olgunlaşmasının tamamlandığı 90 gün uygulamasında ise; tekrar 3,00 nmol/mg protein/sa değeri belirlenmiştir. Buna göre çeşitler, uygulamalar ve uygulama süreleri arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. Çeşitler bazında örnekleme zamanları arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğu saptanmıştır (Russet Burbank, $p=0,016$; Lady Claire, $p=0,001$; Desiree ve Granola, $p\leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-C23). Ayrıca uygulamalar bazında, farklı örnekleme zamanlarında çeşitler arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur (Ek Açıklamalar-C.24)



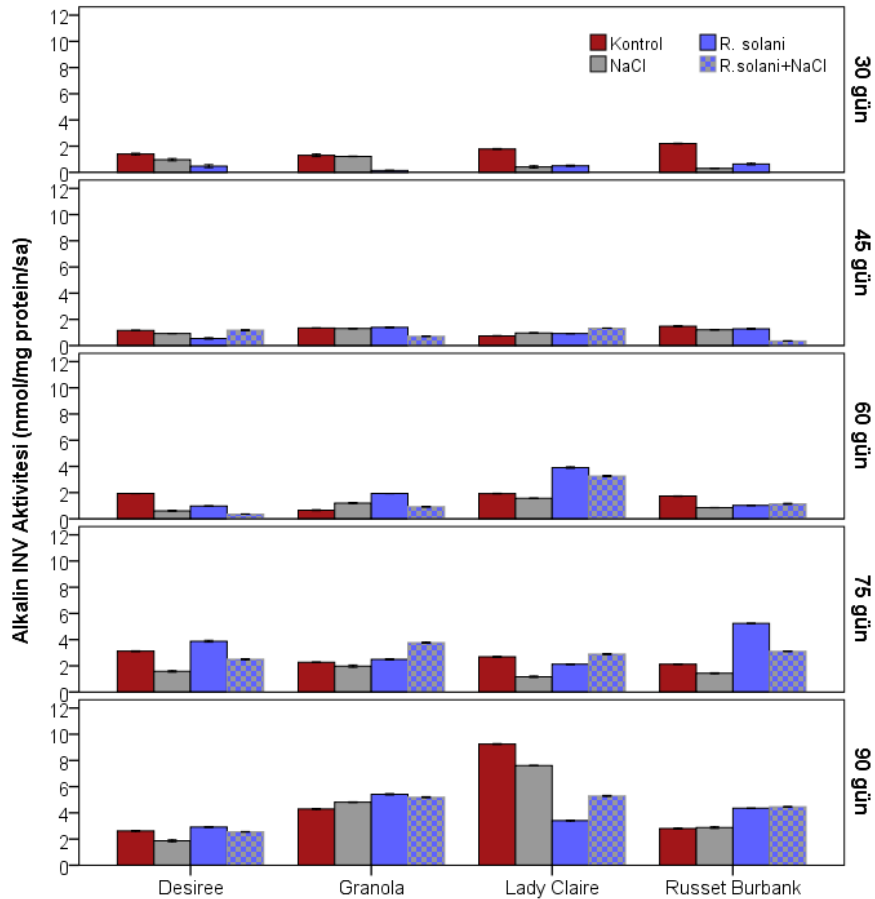
Şekil 4.37. NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamalarına uygulanan patates çeşitlerinin yapraklarındaki asit INV aktivitesi. Dikey barlar tekerrürlerin \pm SH'larını göstermektedir.

Doksan günlük NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamaları sonunda patates çeşitlerinin yumru dokularındaki asit INV aktivitesindeki değişimler Şekil 4.38'de verilmiştir. Yumru dokularında da yaprak dokularında olduğu gibi Russet Burbank çeşidi en yüksek, Lady Claire çeşidi ise 90 gün sonunda en düşük asit INV aktivitesine sahip olan çeşit olarak tespit edilmiştir. Yumru dokularındaki asit INV enzim aktiviteleri arasındaki fark istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-C.25). Yumru eti dokusunda, uygulamalara göre, çeşitler arasındaki farkın *R. solani*+NaCl ($p=0,016$) uygulamasında istatistiki olarak anlamlı olduğu saptanmıştır. Yumru kabuğu dokusunda ise; kontrol, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamalarında çeşitler arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir (sırasıyla $p=0,033$, $p=0,022$, $p=0,024$) (Ek Açıklamalar-C.24).



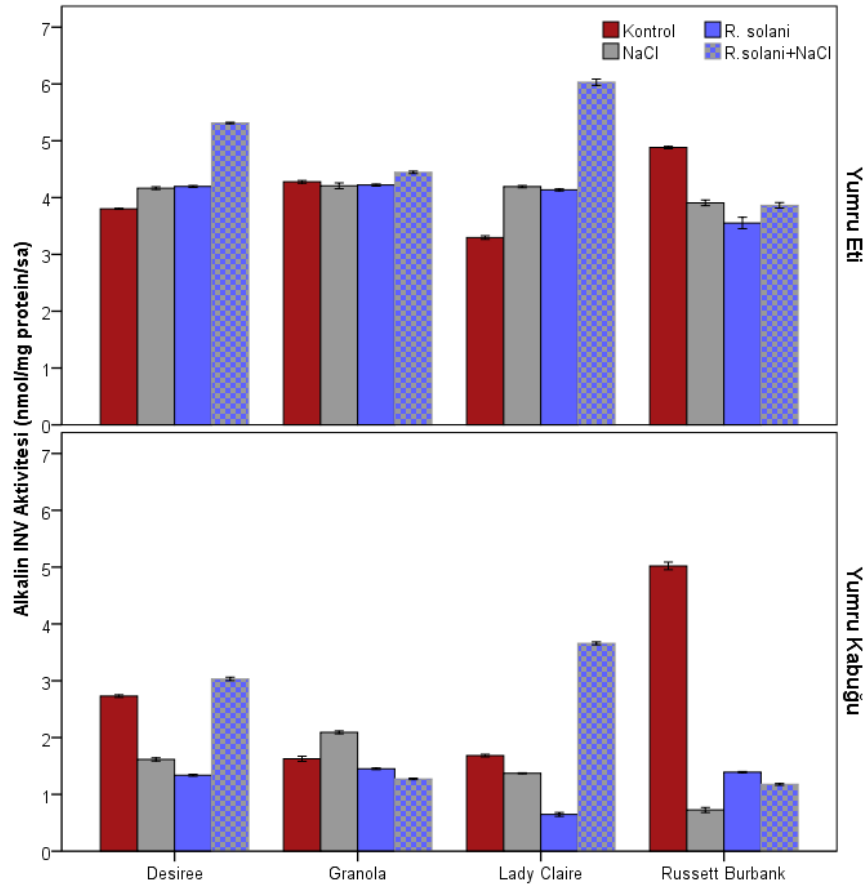
Şekil 4.38. NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yumru dokularındaki asit INV aktivitesi miktarı. Dikey barlar tekerrürlerin \pm SH'lerini göstermektedir.

Patates çeşitlerinden 30, 45, 60, 75 ve 90 gün sonunda alınan yaprakların alkalın INV aktivitesi sonuçları Şekil 4.39’da verilmiştir. Lady Claire çeşidi 2,72 nmol/mg protein/sa aktivite miktarı ile en yüksek aktivite değerine sahip olurken, bu çeşidi Granola (2,23 nmol/mg protein/sa), Russet Burbank (2,03 nmol/mg protein/sa) ve Desiree (1,66 nmol/mg protein/sa) çeşitleri takip etmiştir. Uygulamalara göre alkalın INV aktivitesindeki farklılıkların, asit INV aktivitesine benzer olduğu belirlenmiştir. Örnekleme zamanları değerlendirildiğinde alkalın INV aktivitesi uygulama süresi arttıkça artmıştır. Buna göre çeşitler, uygulamalar ve uygulama süreleri arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Çeşitler bazında örnekleme zamanları arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-C.26). Ayrıca uygulamalar bazında, farklı örnekleme zamanlarında çeşitler arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur (Ek Açıklamalar-C.27)



Şekil 4.39. NaCl, *R. solani* ve *R.solani*+NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yapraklarındaki alkalın INV aktivitesi. Dikey barlar tekerrürlerin \pm SH'larını göstermektedir.

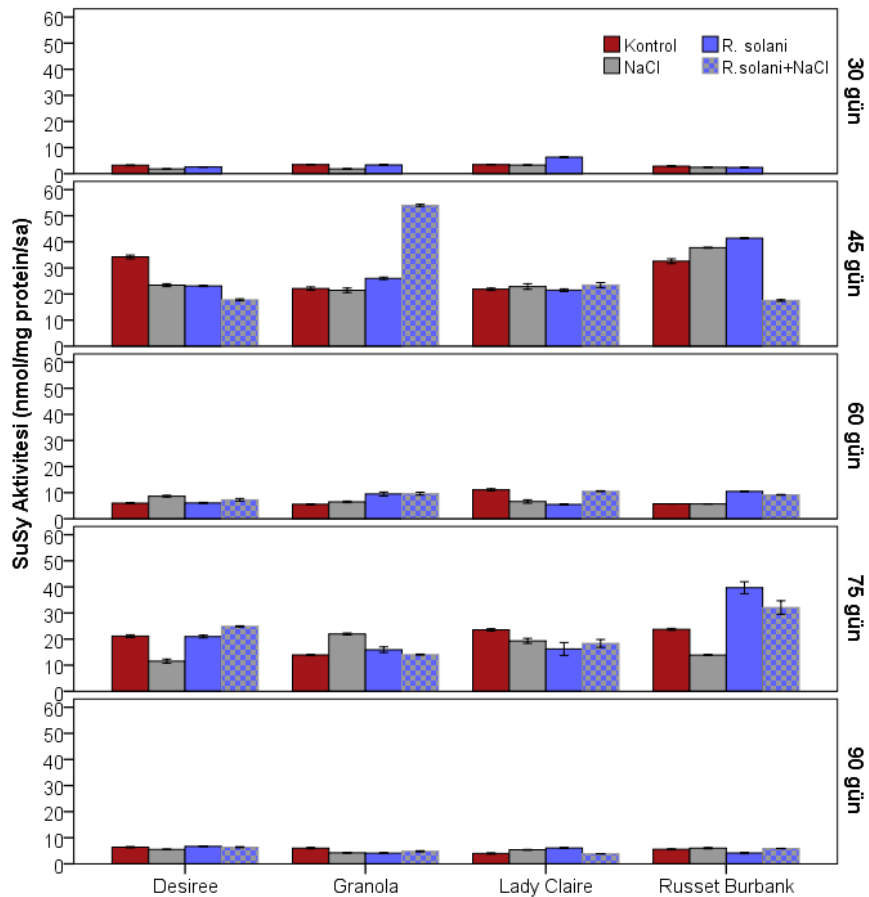
Doksan günlük NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamaları sonunda patates çeşitlerinin yumru dokularındaki alkalın INV aktivitesindeki değişimler Şekil 4.40'ta verilmiştir. Yumru dokularının alkalın INV aktiviteleri arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğu saptanmıştır ($p \leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-C.28). Yumru eti dokusunda, uygulamalara göre, çeşitler arasındaki farkın, istatistiki olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir (Kontrol ve *R. solani*+NaCl; $p=0,016$, *R. solani*; $p=0,022$). Yumru kabuğu dokusunda da uygulamalar bazında çeşitler arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir (Kontrol; $p=0,022$, diğer bütün uygulamalarda; $p=0,016$) (Ek Açıklamalar-C.27).



Şekil 4.40. NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yumru dokularındaki alkalın INV aktivitesi. Dikey barlar tekerrürlerin \pm SH'larını göstermektedir.

4.4.6.2. Sukroz sintaz (SuSy) aktivitesi

Patates çeşitlerinden 30, 45, 60, 75 ve 90 gün sonunda alınan yaprak dokularının asit INV aktivitesi sonuçları Şekil 4.41’de verilmiştir. Russet Burbank çeşidi, *R. solani*+NaCl uygulaması ve 45 gün örnekleme süresinin en yüksek SuSy aktivitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Russet Burbank çeşidi 15,73 nmol/mg protein/sa aktivite miktarı ile en yüksek aktivite değerine sahip olurken, bu çeşidi sırasıyla Granola (13,07 nmol/mg protein/sa), Desiree (12,51 nmol/mg protein/sa) ve Lady Claire (12,27 nmol/mg protein/sa) çeşitleri takip etmiştir. Uygulamalar kıyaslandığında ise; *R. solani*+NaCl uygulamasının 16,23 nmol/mg protein/sa aktivite değeri ile en yüksek, NaCl uygulamasının 11,50 nmol/mg protein/sa aktivite değeri ile en düşük SuSy aktivitesine sahip olduğu belirlenmiştir.

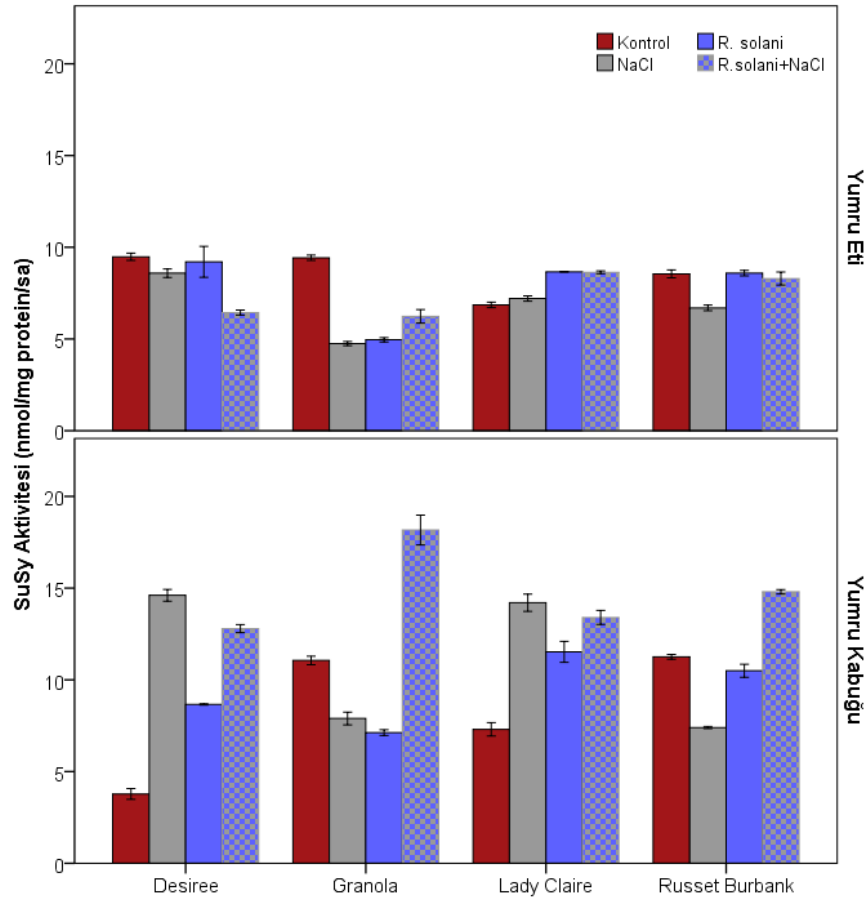


Şekil 4.41. NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yapraklarındaki SuSy aktivitesi. Dikey barlar tekerrürlerin \pm SH'larını göstermektedir.

Örnekleme zamanları değerlendirildiğinde; yumru oluşumu aşamasının yer aldığı 30 gün uygulamasında 3,08 nmol/mg protein/sa, yumru büyümesinin başlangıcı olan 45 gün uygulamasında 27,55 nmol/mg protein/sa değerlerinde olduğu yumru büyümesinin gerçekleştiği dönem olan 60 gün uygulamasıyla 7,74 nmol/mg protein/sa değerine düştüğü tespit edilmiştir. Çiçeklenmenin olduğu 75 gün uygulamasıyla tekrar 20,70 nmol/mg protein/sa aktivite değeri belirlenmiştir. Çiçeklenmenin son bulunduğu ve yumru olgunlaşmasının tamamlandığı 90 gün uygulamasında ise 5,31 nmol/mg protein/sa değeri belirlenmiştir. Buna göre çeşitler bazında örnekleme zamanları arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu saptanmıştır ($p \leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-C.29). Ayrıca uygulamalar bazında, farklı örnekleme zamanlarında çeşitler arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur (Ek Açıklamalar-C.30)

Doksan günlük uygulamaların sonunda patates çeşitlerinin yumru dokularındaki SuSy aktivitesindeki değişimler Şekil 4.42’de verilmiştir. Yumru dokularında Lady Claire çeşidi en yüksek, Granola çeşidi ise en düşük SuSy aktivitesine sahip olan çeşit olarak tespit edilmiştir. Yumru dokularının SuSy aktiviteleri arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğu saptanmıştır ($p \leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-C.31). Yumru eti dokusunda, kontrol ($p=0,025$), NaCl ($p=0,019$) ve *R. solani*+NaCl ($p=0,038$) uygulamalarında çeşitler arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir. Yumru kabuğu dokusunda da uygulamalar bazında çeşitler arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir (Kontrol; $p=0,025$, NaCl; $p=0,038$, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl; $p=0,022$) (Ek Açıklamalar-C.30).

Tuz stresi bir dizi metabolik süreçte değişikliğe neden olur (Shahbaz vd., 2012). Ashraf ve Harris (2013) tuzluluk gibi abiyotik streslerin karbonhidrat üretimini bozduğunu göstermiştir. Tuzlar sitoplazmada birikerek karbonhidrat metabolizmasında rol oynayan enzimleri inhibe edebilmektedir (Munns ve Tester, 2008). Patates çeşitlerinin asit INV aktivitelerinin uygulama süresine bağlı olarak değiştiği özellikle 75 ve 90 günde *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamasının kontrole kıyasla asit INV aktivitesini arttırdığı tespit edilmiştir. Kısa süreli tuz stresinin ise (30 ve 45 gün) çeşitlerin asit INV aktivitesinde kontrole kıyasla artış sağladığı belirlenmiştir.



Şekil 4.42. NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yumru dokularındaki SuSy aktivitesi. Dikey barlar tekerrürlerin \pm SH'larını göstermektedir.

Patates bitkilerinde çeşit ve stres uygulamalarından bağımsız olarak, strese maruz kalınan süre arttıkça alkalın INV aktivitesinde artış tespit edilmiştir. Bununla birlikte yapraklarda en yüksek alkalın INV aktivitesi Russet Burbank çeşidinde olurken yumrulara Desiree çeşidinde olmuştur. Her iki stres faktörüne tolerant olan Russet Burbank çeşidinde stres uygulamalarıyla SuSy enzim aktivitesinin kontrole kıyasla arttığı belirlenmiştir. Tuza dayanıklı Pera domates genotipinde, asit ve nötral INV ve özellikle de SuSy aktivitelerinin, 50 ve 100 mM NaCl uygulamalarının ilk haftasında arttığı tespit edilmiştir (Balibrea vd., 2000). Ozmotik stres altında buğday bitkisinde de alkalın INV aktivitesinde bir artış olduğu belirlenmiştir (Vargas vd., 2007). *Lupinus albus* L. bitkisi ile yapılan bir çalışmada 50mM NaCl uygulamasının asit INV aktivitesini arttırdığı, NaCl konsantrasyonunun artmasıyla asit INV aktivitesinin kontrol seviyesine düştüğü tespit edilmiştir. *Lupinus albus* L. bitkisinde artan NaCl konsantrasyonunun alkalın INV ve SuSy aktivitesini arttırdığı tespit edilmiştir (Fernandes vd., 2004).

Tuz uygulamasının domates bitkisinde SuSy aktivitesini yaşlı ve genç yapraklarda sırasıyla 12 ve 3,4 kat, 200 mM NaCl’de ise yaşlı yapraklarda 46 kat arttırdığı tespit edilmiştir (Khelil vd., 2007). Yabani Tibet arpası (XZ5, kuraklık stresine-tolerant; XZ16, tuzluluk/alüminyum stresine-tolerant) ve kültüre alınmış arpa ile yapılan bir çalışmada (tuz-tolerant cv CM72) kuraklık ve tuzluluk stresi koşullarında SuSy ve sukroz sintaz fosfotaz enzimlerinin aktivitesinde artış olduğu tespit edilmiştir (Ahmed vd., 2015).

Patojenler, bitki karbonhidrat metabolizmasını kendi ihtiyacı için manipüle etmeye çalışmaktadır (Berger vd., 2007). Enfekte yapraklarda enerji ihtiyacının indüklendiğinin bir göstergesi, CWB-INV aktivitesinin artmasıdır. Bitki-patojen etkileşimlerinde; *A. thaliana*’da *P. syringae* (Bonfig vd., 2006) ve arpada külleme (Swarbrick vd., 2006), CWB-INV ifadesinde ve aktivitesinde artış olduğu rapor edilmiştir. Benzer şekilde, tütün-*Phytophthora nicotianae* etkileşiminde, enfekte olmuş kaynak dokulardan (yapraklardan), sukroz taşınımının azaldığı belirlenmiştir (Scharte vd., 2005).

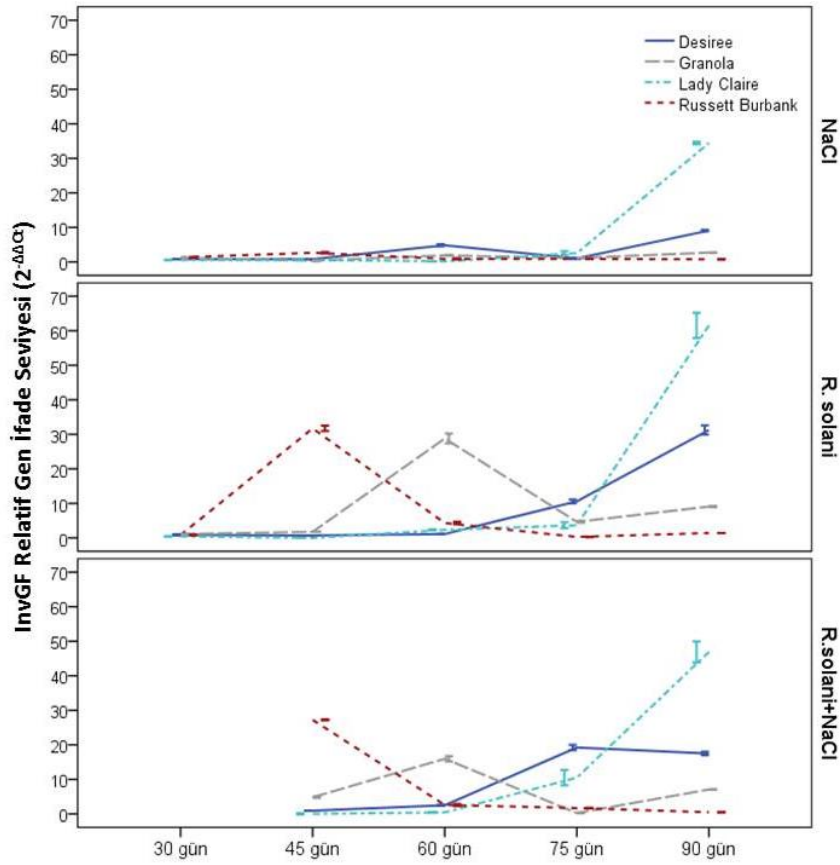
4.4.7. Sukroz metabolizmasında yer alan genlerin ifade seviyeleri

4.4.7.1. İnvGF (InvGF) gen ifade seviyesi

Patates çeşitlerinden 30, 45, 60, 75 ve 90 gün sonunda alınan yaprak dokularının InvGF gen ifadesi seviyesi sonuçları Şekil 4.43’te verilmiştir. Lady Claire çeşidi, *R. solani*+NaCl uygulaması ve 90 gün örnekleme süresinin en yüksek relatif ifade düzeyine sahip olduğu belirlenmiştir. Lady Claire çeşidinde InvGF geninin ifadesinin 11,73 kat arttığı belirlenirken, bu çeşidi Desiree (7,23 kat), Granola (5,77 kat), ve Russet Burbank (5,51 kat) çeşitleri takip etmiştir. Uygulamalar kıyaslandığında ise; *R. solani*+ NaCl uygulamasının 9,88 kat artış ile en yüksek, NaCl uygulamasının ise 3,44 kat artış ile en düşük relatif gen ifadesi seviyesine sahip olduğu belirlenmiştir.

Örnekleme zamanları değerlendirildiğinde; InvGF ifadesinin yumru oluşumu aşamasının yer aldığı 30 gün uygulamasında neredeyse sabit kaldığı ve yumru büyümesinin gerçekleştiği 45 gün ve 60 gün uygulamasında sırasıyla 5,96 ve 5,49 kat arttığı tespit edilmiştir. Çiçeklenmenin olduğu 75 gün uygulamasıyla gen ifade seviyesinin 4,71 kat arttığı belirlenmiştir. Çiçeklenmenin son bulunduğu ve yumru olgunlaşmasının tamamlandığı 90 gün

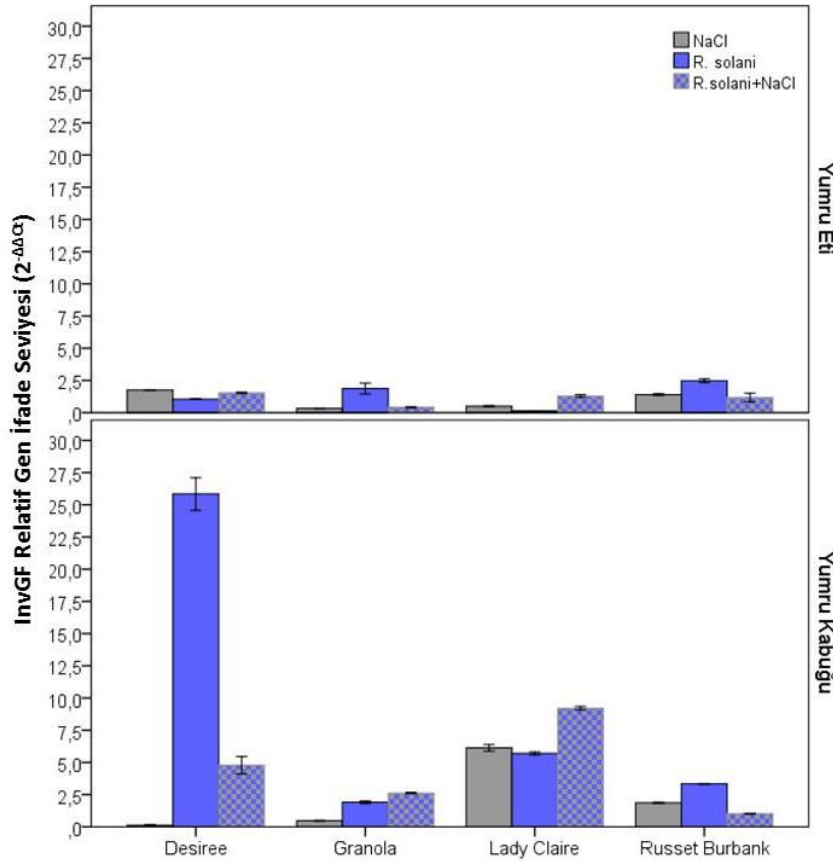
uygulamasında relatif gen ifade seviyesinin 18,53 kat artış ile en yüksek olduğu tespit edilmiştir. Buna göre çeşitler bazında örnekleme zamaları arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur (Russet Burbank, $p=0,007$; Granola, $p=0,001$; Desiree ve Lady Claire $\leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-C.32). Ayrıca uygulamalar bazında, farklı örnekleme zamanlarında çeşitler arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar saptanmıştır (Ek Açıklamalar-C.33).



Şekil 4.43. NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yapraklarındaki InvGF geninin relatif gen ifade seviyesi. Dikey barlar tekerrürlerin \pm SH'larını göstermektedir.

Doksan günlük NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamaları sonunda patates çeşitlerinin yumru dokularındaki InvGf geninin relatif ifade düzeyindeki değişimler Şekil 4.44'te verilmiştir. Yumru dokularında da yaprak dokularında olduğu gibi Lady Claire ve Desiree çeşitleri en yüksek relatif gen ifade seviyesine sahip olan çeşitler olarak tespit edilmiştir. Yumru dokularının InvGF gen ifadesi arasındaki farklılığın istatistiki olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p \leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-C.34). Yumru eti dokusunda,

uygulamalara göre, çeşitler arasındaki farkın, *R. solani*+NaCl uygulaması hariç, istatistiki olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir (NaCl; $p=0,015$, *R. solani*; $p=0,021$). Yumru kabuğu dokusunda ise; bütün uygulamalarda çeşitler arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p=0,016$) (Ek Açıklamalar-C.33).

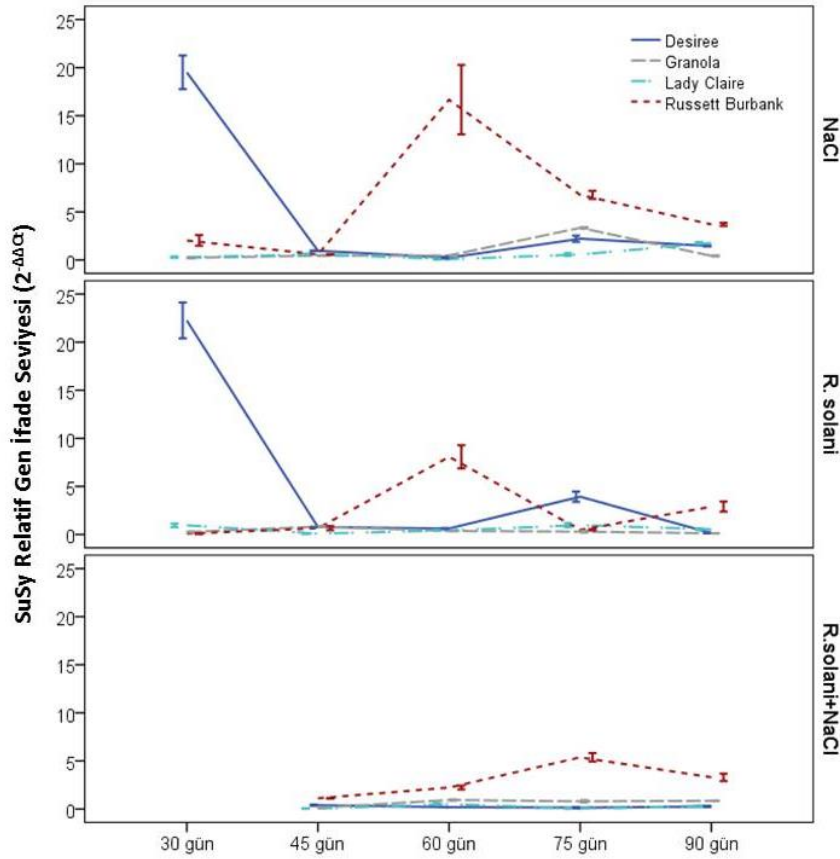


Şekil 4.44. NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yumru dokularındaki InvGF geninin relatif gen ifade seviyesi. Dikey barlar tekrürlerin \pm SH'larını göstermektedir.

4.4.7.2. Sukroz Sintaz (SuSy) gen ifade seviyesi

Patates çeşitlerinden 30, 45, 60, 75 ve 90 gün sonunda alınan yaprakların SuSy gen ifadesi seviyesi sonuçları Şekil 4.45'te verilmiştir. Lady Claire çeşidi, *R. solani*+NaCl uygulaması ve 90 gün örnekleme süresinin en yüksek relatif ifade düzeyine sahip olduğu belirlenmiştir. Russet Burbank çeşidinde SuSy geninin ifadesinin 3,85 kat arttığı belirlenirken, bu çeşidi Desiree (3,73 kat), Granola (0,68 kat) ve Lady Claire (0,52 kat) çeşitleri takip etmiştir. Uygulamalar kıyaslandığında ise; *R. solani*+ NaCl uygulamasının kontrole yakın değerlere, NaCl uygulamasının ise 3,12 kat artış ile en yüksek relatif gen

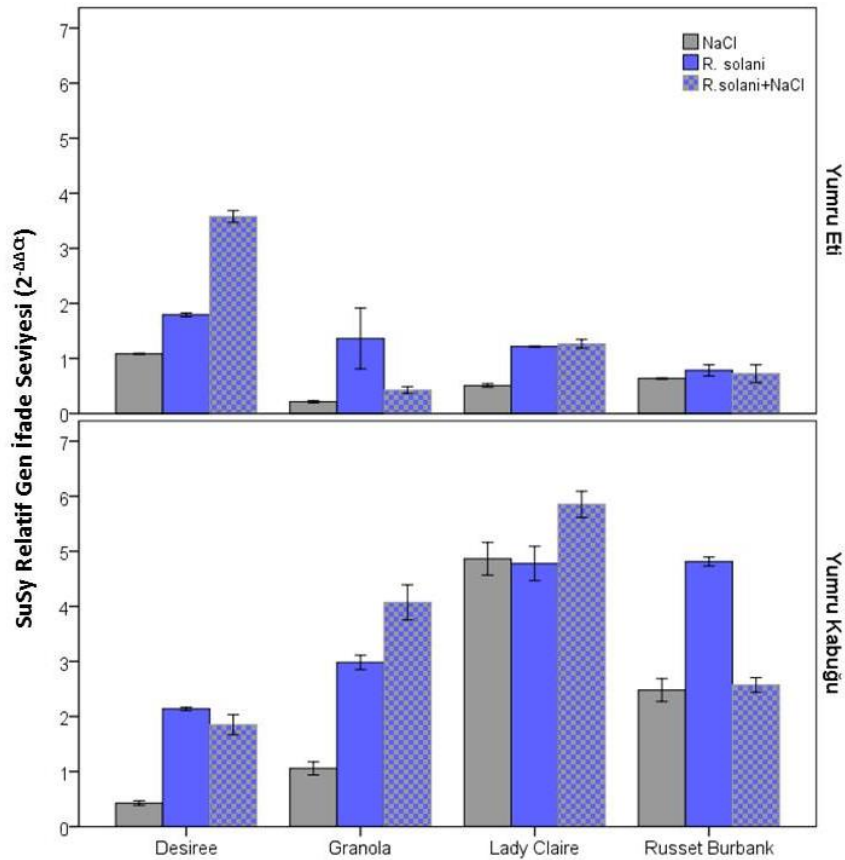
ifadesi seviyesine sahip olduğu belirlenmiştir. Örnekleme zamanları değerlendirildiğinde; SuSy ifadesinin yumru oluşumu aşamasının yer aldığı 30 gün uygulamasında en yüksek ve 45 gün uygulamasında ise en az olduğu ve diğer örnekleme zamanlarında ise kontrole yakın olduğu belirlenmiştir. Buna göre çeşitler, uygulamalar ve uygulama süreleri arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Çeşitler bazında örnekleme zamanları arasında da istatistiki olarak anlamlı farklılıklar saptanmıştır (Russet Burbank, $p=0,001$; Desiree, $p\leq 0,001$; Granola, $p=0,12$; Lady Claire, $p=0,027$) (Ek Açıklamalar-C.35). Ayrıca uygulamalar bazında, farklı örnekleme zamanlarında çeşitler arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar saptanmıştır (Ek Açıklamalar-C.36).



Şekil 4.45. NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yapraklarındaki SuSy geninin relatif ifade seviyesi. Dikey barlar tekerrürlerin \pm SH'larını göstermektedir.

Doksan günlük NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamaları sonunda patates çeşitlerinin yumru dokularındaki SuSy geninin relatif ifade düzeyindeki değişimler Şekil 4.46'da verilmiştir. Yumru dokularında da yaprak dokularında olduğu gibi Lady Claire ve

Desiree çeşitleri en yüksek relatif gen ifade seviyesine sahip olan çeşitler olarak tespit edilmiştir. Çeşitler bazında örnekleme zamanları arasındaki farkın istatistik olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-C.37). Yumru eti dokusunda, NaCl ve *R. solani*+NaCl uygulamalarında çeşitler arasındaki farkın, istatistik olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir (sırasıyla $p=0,015$ ve $p=0,019$). Yumru kabuğu dokusunda da uygulamalar bazında çeşitler arasındaki farkın istatistik olarak anlamlı olduğu saptanmıştır (NaCl; $p=0,015$, *R. solani*; $p=0,023$ ve *R. solani*+NaCl; $p=0,016$) (Ek Açıklamalar-C.36).



Şekil 4.46. NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yumru dokularındaki SuSy geninin relatif ifade seviyesi. Dikey barlar tekerrürlerin \pm SH'lerini göstermektedir.

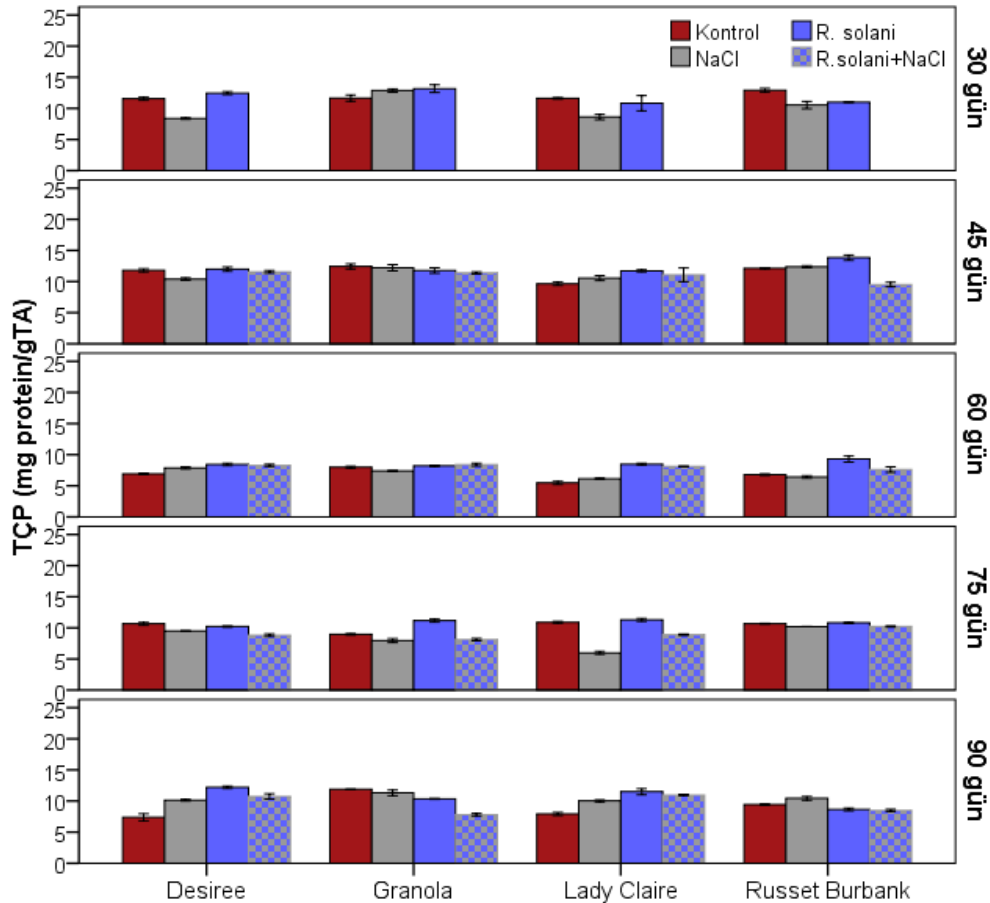
Yapraklardaki InvGF gen ifadesinin stres uygulamalarıyla arttığı ve bu artışın Lady Claire çeşidinde en fazla olduğu belirlenmiştir. Yapraklardaki SuSy gen ifadesinin stres uygulamalarıyla arttığı bu artışın en belirgin olduğu çeşidin Russet Burbank ve uygulamanın ise NaCl uygulaması olduğu tespit edilmiştir. Yumru dokularındaki InvGF ve SuSy gen ifade seviyelerinin yapraklarda olduğundan daha fazla olduğu saptanmıştır. Yumru dokuları

içerisinde de stresle ilk karşılaşan doku olarak yumru kabuğu dokusunda her iki genin ifadesinin yumru etine kıyasla daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ozmotik stres altında buğday bitkilerinin alkalın INV aktivitesindeki artışın bir alkalın INV izoformu olan Ta-A-Inv ifadesindeki artış ile alakalı olduğu belirlenmiştir (Vargas vd., 2007). Yabani Tibet arpası (XZ5, kuraklık stresine-tolerant; XZ16, tuzluluk/alüminyum stresine-tolerant) ve kültüre alınmış arpa (tuza toleranslı cv CM72) ile yapılan bir çalışmada kuraklık ve tuzluluk stresi koşullarında SuSy gen ifadesinde artış olduğu belirlenmiştir (Ahmed vd., 2015). Enzim aktivitelerinin, 1:1 oranında gen ifadesi ile korele olmadığı tespit edilmiş ve bunun hem transkripsiyonu hem de translasyonu etkileyen diğer düzenleyici faktörlerden kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Bunun nedeni muhtemelen bu genlerin transkripsiyon sonrası modifikasyon ve düzenlemeye sahip olmasıdır (Zhang ve Wang, 2002; Lu vd., 2010).

Tuz stresi ve *R. solani* interaksiyonunda karbonhidrat metabolizmasında meydana gelen değişimler özetlenecek olursa; yumru oluşumunun başladığı fide döneminde (30 gün) yapraklarda çözünebilir şeker miktarının fazla olduğu, sukrozun parçalanmasını sağlayan enzimlerin ve bu enzimleri kodlayan genlerin ifadelerinin bu dönemde bitkinin toprak üstü aksamının büyümesi lehine arttığı saptanmıştır. Yumru büyümesinin başladığı (45 gün) dönemde bitkinin değişen enerji gereksinimlerine bağlı olarak sukrozun yıkımının hızlanıp nişasta sentezinin artmaya başladığı ve bu dönemde yapraklardaki toplam enzim miktarının arttığı tespit edilmiştir. Altmış günde yumru büyümesi gerçekleştiği için bu dönemde yapraklardaki toplam çözünebilir şekerlerin miktarlarının azaldığı, sukrolitik enzimlerin hepsinin aktivitelerinin arttığı, buna paralel olarak InvGF geninin ifade düzeyinin arttığı belirlenmiştir. Çiçeklenmenin gerçekleştiği 75 gün uygulamasında; bitkinin generatif gelişme yönündeki gereksinimleri sebebiyle yapraklarda toplam şeker ve nişasta miktarının arttığı ancak sukroz miktarının azaldığı saptanmıştır. Çiçeklenmenin sonlandığı ve yumru olgunlaşmasının tamamlandığı 90 günde indirgen şeker ve nişasta miktarı, alkalın INV aktivitesi ve InvGF gen ifadesi seviyesinin en yüksek değerlere ulaştığı, sukroz miktarı ve SuSy enzim aktivitesinin azaldığı belirlenmiştir.

4.4.8. Toplam çözünebilir protein (TÇP) miktarı

NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yapraklarındaki TÇP miktarı Şekil 4.47’de verilmiştir. Doksan gün sonunda çeşitlere göre yapraklarda bulunan TÇP miktarı değerlendirildiğinde; Russet Burbank çeşidi 10,7 mg protein/gTA değeri ile en yüksek, Lady Claire çeşidi 9,46 mg protein/gTA değeri ile en düşük TÇP miktarına sahip olmuştur. Uygulamalara göre TÇP miktarı değerlendirildiğinde; *R. solani* uygulamasının en yüksek, *R. solani*+NaCl uygulamasının ise en düşük TÇP değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Örnekleme zamanları değerlendirildiğinde; TÇP miktarı yumru büyümesinin gerçekleştiği 45 gün uygulamasında 11,52 mg protein/gTA değeri ile en yüksek değerine ulaşmış ve yumru büyümesinin gerçekleştiği 60 gün uygulamasıyla azalmaya başlamıştır.

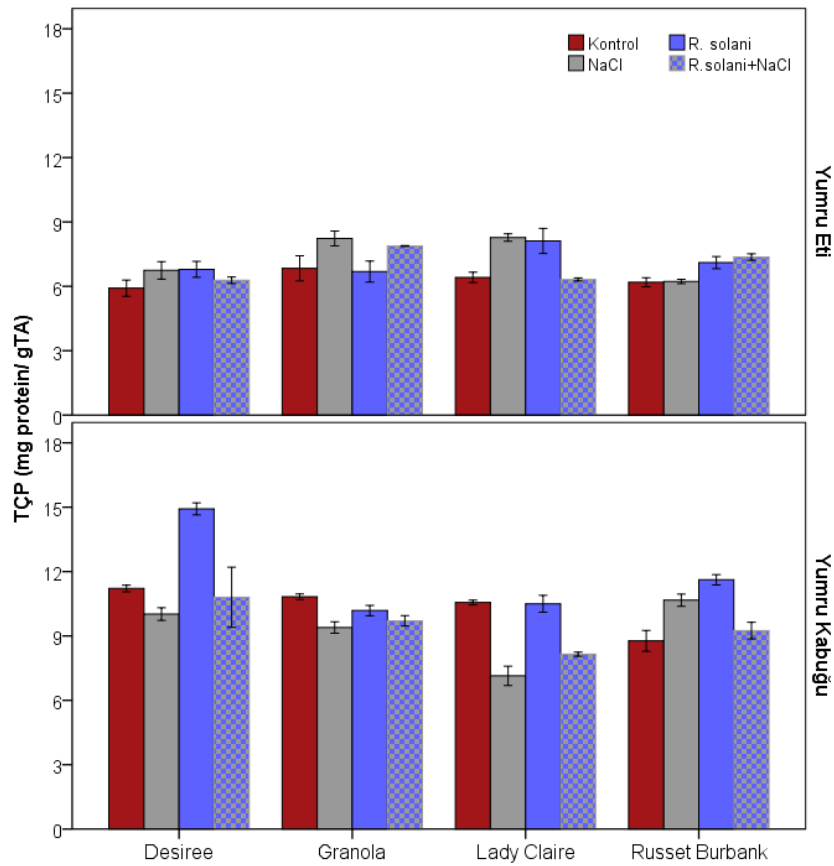


Şekil 4.47. NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yapraklarındaki toplam çözünebilir protein miktarı. Dikey barlar tekerrürlerin \pm SH'lerini göstermektedir.

Çeşitler, uygulamalar ve uygulama süreleri arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Çeşitler bazında örnekleme zamanları arasındaki farkın da istatistiki olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir. (Lady Claire, $p=0,003$; diğer çeşitlerde $p\leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-C.38). Ayrıca uygulamalar bazında, farklı örnekleme zamanlarında çeşitler arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar saptanmıştır (Ek Açıklamalar-C.39)

Yumru dokularında 90 gün sonunda Desiree çeşidi en yüksek (9,09 mg protein/gTA), Lady Claire çeşidi ise en düşük (8,18 mg/gTA) TÇP miktarına sahip olan çeşitler olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.48). Yapılan uygulamalar arasından *R. solani* uygulamasının en yüksek (9,49 mg/gTA) TÇP miktarına sahip olduğu belirlenmiştir. Örneklenen dokular kıyaslandığında; yumru etinin ortalamasının 6,96 mg/gTA olduğu ve yumru kabuğunun ortalamasının 10,3 mg/gTA olduğu saptanmıştır ve istatistiki olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p\leq 0,001$) (Ek Açıklamalar-C.40). Yumru eti dokusunda, NaCl ve *R. solani*+NaCl uygulamalarında, çeşitler arasındaki farkın, istatistiki olarak anlamlı olduğu saptanmıştır (sırasıyla $p=0,037$ ve $p=0,023$). Yumru kabuğu dokusunda da uygulamalar bazında çeşitler arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir (Kontrol ve NaCl; $p=0,027$, *R. solani*; $p=0,033$) (Ek Açıklamalar-C.39).

Bitkilerin ozmotik stres koşulları ile başa çıkmak için kullandıkları önemli mekanizmalarından biri de proteinlerin ozmotik düzenleme görevi ile sentezlenmesidir (Ashraf ve Harris, 2004). Tuza toleranslı olduğu bilinen Desiree ve Russet Burbank çeşitlerinin yapraklarındaki TÇP miktarlarının 90 gün NaCl uygulamasıyla kontrole kıyasla arttığı belirlenmiştir. Benzer şekilde mısır (Azevedo Neto vd., 2006), nohut (Arefian vd., 2014) ve badem (Zrig vd., 2015) ile yapılan çalışmalarda ise yaprakta TÇP miktarının özellikle toleranslı türlerde şiddetli tuzluluk koşullarında arttığı tespit edilmiştir. Tuza toleranslı çeşitlerde protein miktarındaki artışın, ozmotin benzeri proteinlerin veya yapısal proteinlerin sentezi nedeniyle meydana geldiği belirlenmiştir (Amini ve Ehsanpour, 2005). Yapılan çalışmada patates bitkilerinin gelişiminin birçok aşamasında özellikle *R. solani*+NaCl uygulamasıyla bütün çeşitlerde TÇP miktarının kontrole kıyasla azaldığı saptanmıştır.



Şekil 4.48. NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamalarına bağlı olarak patates çeşitlerinin yumru dokularındaki toplam çözünebilir protein miktarı. Dikey barlar tekerrürlerin \pm SH'larını göstermektedir.

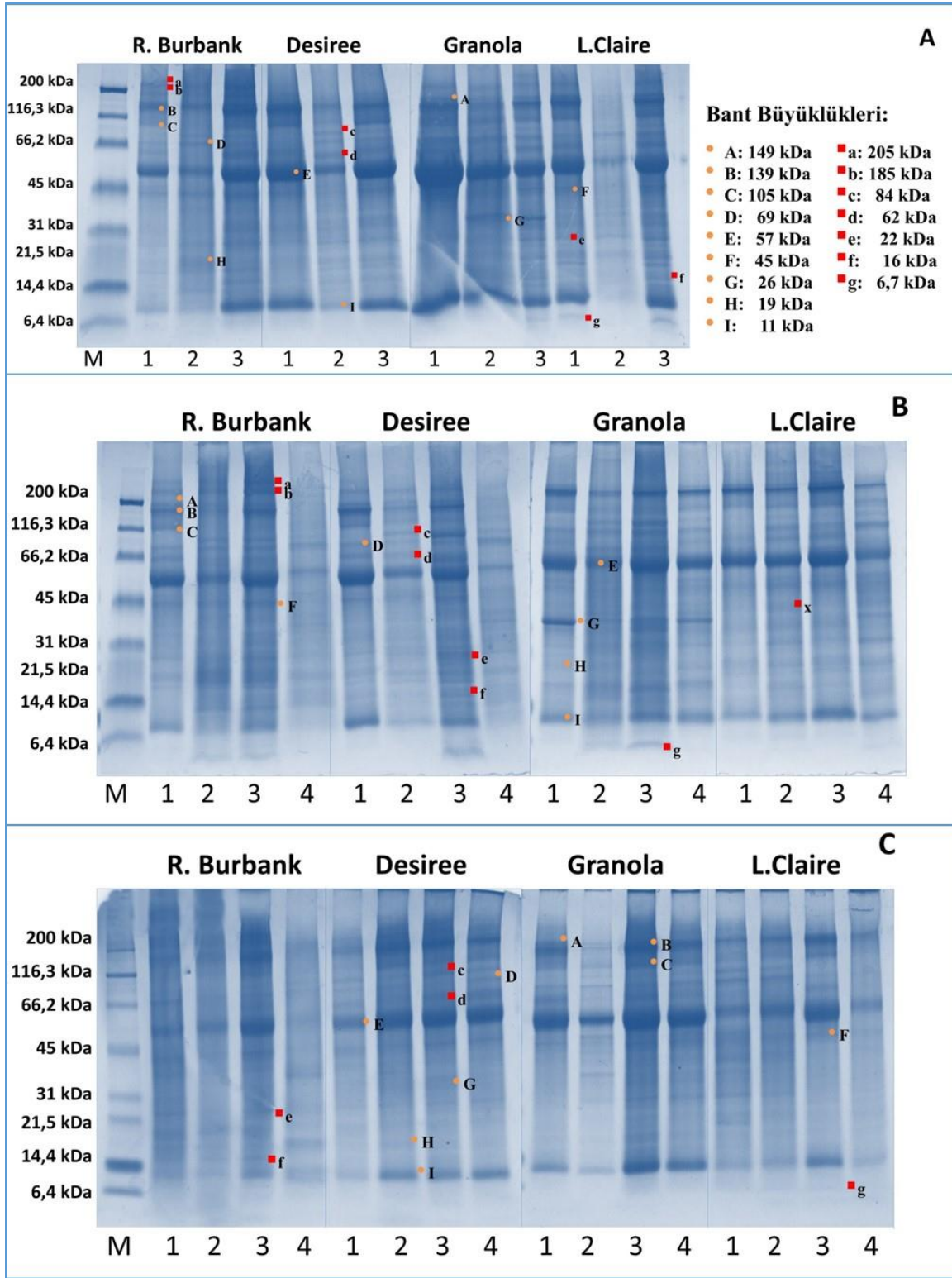
Çözünebilir proteinlerin, yüksek stres seviyelerinde azalmasının: prolin sentezinin, proteaz enzim aktivitesinin ve Rubisco enzimi, kloroplast ve mitokondriyal proteinlerin hidrolizinin artması ile tuzluluğa bağlı olarak Na^+ konsantrasyonunun artması ve sonuç olarak, protein sentezi için gerekli olan K^+ un yapraklardaki konsantrasyonunun azalması gibi birçok farklı sebebi olduğu düşünülmektedir (Hatami vd., 2018). Yumru dokularındaki TÇP miktarının yaprak dokusundan daha fazla olduğu ancak NaCl ve *R. solani*+ NaCl uygulamalarında yumru kabuğu dokusunda kontrole kıyasla azaldığı ve yumru eti dokusunda arttığı belirlenmiştir. *R. solani* uygulaması ise her iki yumru dokusunda TÇP miktarında artışa sebep olmuştur. Ferreira-Silva vd. (2008) ise artan tuz stresinin kaju bitkisinin yapraklardaki TÇP miktarını önemli ölçüde değiştirmediğini, ancak kökteki protein konsantrasyonunu azalttığını belirtmişlerdir. Yonca bitkisinin kök ve sürgünlerinde tuz stresine bağlı olarak prolin miktarında önemli ölçüde bir artış olduğu rapor edilmiştir (Babakhani vd., 2011). Patates bitkilerinde savunma ile ilişkili proteinlerin ifadesinin tuz

stresi altında arttığı bulunmuştur ve bunların patates bitkisinde tuz stresine tolerans mekanizmasına dahil olduğu ileri sürülmüştür (Aghaei vd., 2008).

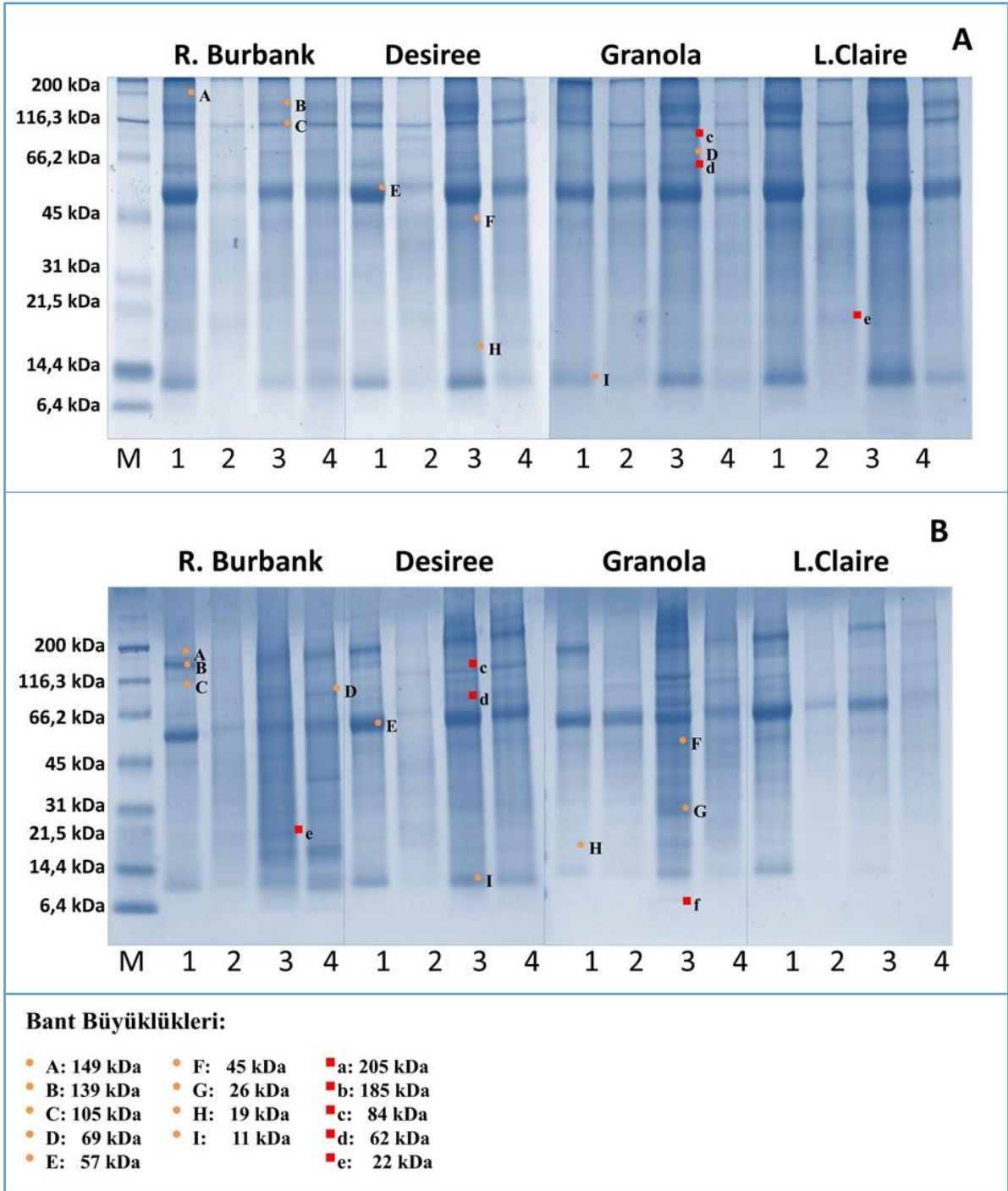
4.4.9 SDS-PAGE analizi

Patates çeşitlerine ait yaprak örneklerinde NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamalarına bağlı olarak 30-45-60 gün (Şekil 4.49 A-B-C) ve 75-90 gün (Şekil 4.50 A-B) sonunda değişiklik gösteren, 205-6,7 kDa arasında değişen pek çok protein bandı belirlenmesine rağmen stres ile değişen bantlara odaklanılmıştır. Buna göre çeşitler arasında farklı olduğu gözlenen, bir uygulamada varken diğer bir ve/veya birkaç uygulamada gözlenmeyen bantlar, uygulanan stres faktörleriyle ilişkilendirilerek seçilmiştir.

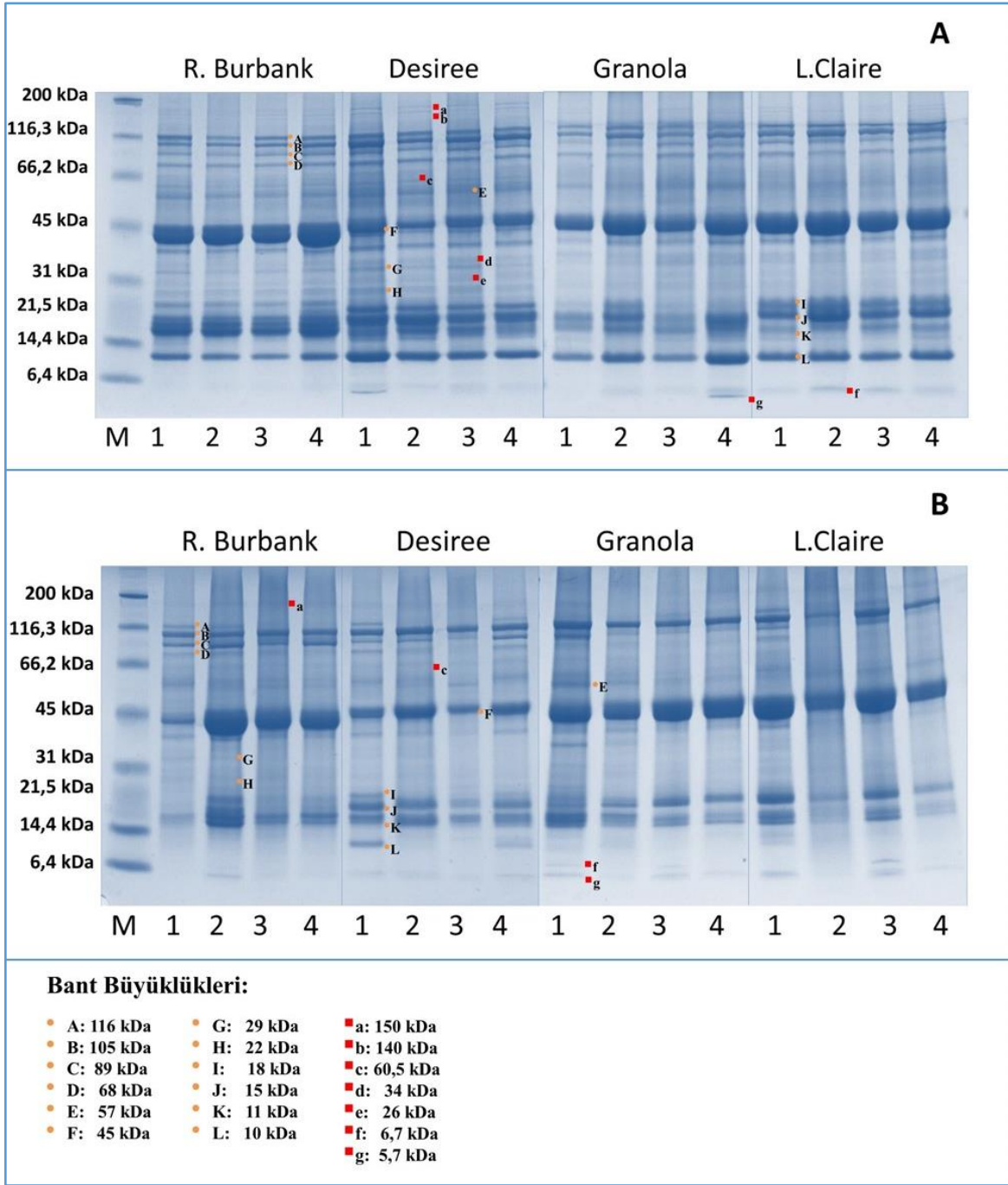
Tolerans reaksiyonunun, tuzlulukla ilişkili, özellikle yüksek moleküler ağırlıklı, proteinlerin daha hızlı sentezlenmesi veya duyarlı proteinlerin daha az parçalanmasından kaynaklandığı anlaşılmaktadır (Arefian vd., 2014). Yumru oluşumunun başladığı 30 gün uygulamasında sadece Russet Burbank (205 ve 185 kDa) ve yumru büyümesinin başladığı 45 gün uygulamasında da Russet Burbank (205 ve 185 kDa) ve Desiree (185 kDa) çeşitlerinde yüksek molekül ağırlıklı proteinler saptanmıştır (Şekil 4.49). Bitkilerin tuz stresine yanıt olarak verebileceği mekanizmaların daha iyi anlaşılması için bir yaklaşım da bitkilerin tuzluluğa maruz bırakılmasından sonra özellikle biriken proteinleri incelemektir (Parida vd., 2004; Sofy vd., 2017). Proteinlerin ve prolin birikiminin, bitkilerde tuzluluk nedeniyle indüklenen ve strese dayanıklılık mekanizmalarında yer alan değişikliklerden biri olduğunu bildirmiştir (Saleh vd., 2009; Sofy vd., 2017). Bütün çeşitlerde NaCl ve *R. solani* uygulaması ile indüklenen 84 ve 62 kDa büyüklüğünde iki bant belirlenmiştir (Şekil 4.49 ve Şekil 4.50). Yumru eti ve yumru kabuğu (Şekil 4.51 A-B) dokularında büyüklükleri 5,7- 150 kDa arasında değişen protein bantları tespit edilmiştir. Yumru etinde sadece Desiree çeşidinde 140 ve 150 kDa iki bant belirlenmiştir. Yumru kabuğunda ise bütün çeşitlerde 150 kDa büyüklüğünde bir bant belirlenmiştir. Her iki yumru dokusunda da Russet Burbank ve Desiree çeşidinde NaCl ve *R. solani*+NaCl, Granola çeşidinde ise; sadece *R. solani*+NaCl uygulamasında ortaya çıkan 60,5 kDa büyüklüğünde bir protein bandı belirlenmiştir. Yumru kabuğu dokusunda sadece Granola ve Lady Claire çeşidinde *R. solani* bulunan 6,7 kDa büyüklüğünde bir bant bulunmuştur.



Şekil 4.49. 30 gün (A), 45 gün (B), 60 gün (C) sonunda uygulamalara bağlı olarak patates çeşitlerine ait yaprak örneklerinde SDS-PAGE profilinde belirlenen polimorfik bantlar; bütün çeşitlerde ortak olan bantlar büyük harf, çeşitlere veya uygulamaya özgü olan bantlar küçük harf ile gösterilmiştir (M: Moleküler ağırlık standardı, 1: Kontrol, 2: NaCl, 3: *R. solani*, 4: *R. solani*+NaCl)



Şekil 4.50. 75 gün (A), 90 gün (B) sonunda uygulamalara bağlı olarak patates çeşitlerine ait yaprak örneklerinde SDS-PAGE profilinde belirlenen polimorfik bantlar; bütün çeşitlerde ortak olan bantlar büyük harf, çeşitlere veya uygulamaya özgü olan bantlar küçük harf ile gösterilmiştir (M: Moleküler ağırlık standardı, 1: Kontrol, 2: NaCl, 3: *R. solani*, 4: *R. solani*+NaCl)



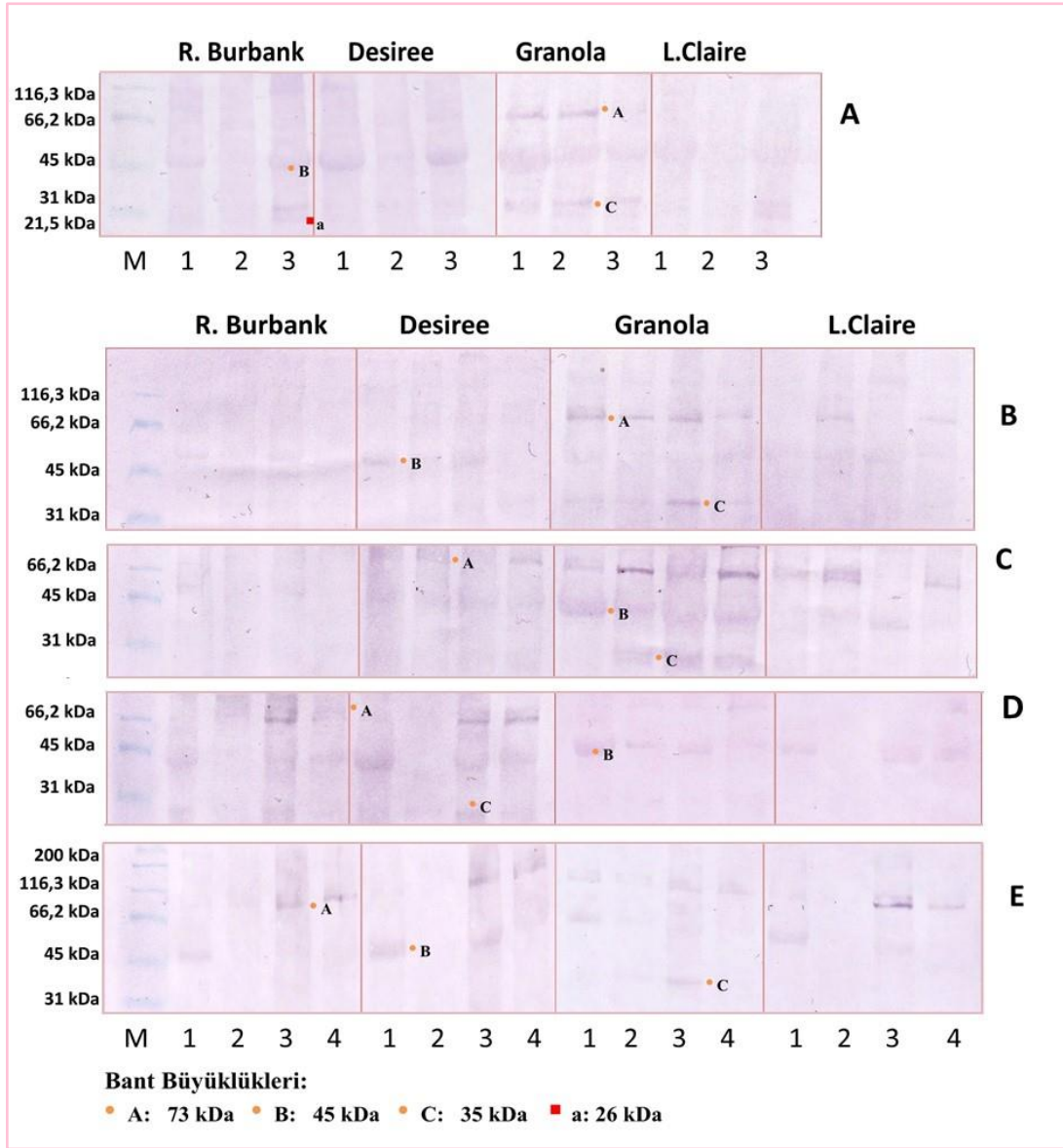
Şekil 4.51. 90 gün sonunda uygulamalara bağlı olarak patates çeşitlerine ait yumru eti (A) ve yumru kabuğu (B) örneklerine ait SDS-PAGE profilinde belirlenen polimorfik bantlar; bütün çeşitlerde ortak olan bantlar büyük harf, çeşitlere veya uygulamaya özgü olan bantlar küçük harf ile gösterilmiştir (M: Moleküler ağırlık standardı, 1: Kontrol, 2: NaCl, 3: *R. solani*, 4: *R. solani*+NaCl).

Yerfıstığı bitkisinde 52 ve 127 kDa' luk iki protein (Hassanein, 1999), mısır köklerinde 29, 39, 51 ve 61 kDa' luk dört protein (Tamas vd., 2001) tespit edilmiştir. Bütün çeşitlerde ve bütün örnekleme zamanlarında özellikle *R. solani* uygulamasıyla ifadesinde

artış olan 22 ve 11 kDa büyüklüğünde bir bant belirlenmiştir. Tuz stresine maruz bırakılan, arpa köklerinde 24-27 kDa aralığında altı yeni protein ve gövdesinde 20–24 kDa aralığında beş yeni protein (Ramagopal, 1987), turp bitkisinde 22 kDa’luk bir protein (Lopez vd., 1994), domates köklerinde 21, 21,5 ve 22 ile 32 kDa’luk 4 protein (Chen ve Plant, 1999) bandı tespit edilmiştir. Bazı bantların yokluğu veya varlığı da stres tepkisinde fonksiyonel bir tutumu gösterebilir (Arefian vd., 2014). Özellikle çiçeklenmenin başladığı 75 gün ve yumru olgunlaşmasının tamamlandığı 90 gün uygulamalarında bütün çeşitlere ait protein ifadesinde bir azalma olduğu tespit edilmiştir ve bu azalmanın en çok tuz stresi uygulamasında ve stres kombinasyonu uygulamalarında olduğu belirlenmiştir.

4.4.10. İmmünblot (Western Blot) analizi

İmmünoblot analizi sonucu patates çeşitlerinin yaprak dokusunda (Şekil 4.52) ve yumru dokularında (Şekil 4.53), NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl uygulamalarının etkisiyle oluşan, 20-75 kDa arasında değişen dehidrin grubu proteinler belirlenmiştir. Dehidrinlerin molekül ağırlıkları, 9,6-70 kDa arasında değişiklik göstermesine karşın çoğu kez DHN’lerin moleküler ağırlıklarının üst değeri 200 kDa olarak belirtilmektedir. Bu değer, kimyasal molekül ağırlığı yerine, SDS-PAGE ile gösterilen proteinlerin moleküler ağırlığını yansıtmaktadır. Dehidrinlerin büyük hidrodinamik kalıntıları, globular proteinlere kıyasla jel üzerinde gecikmeli hareket etmelerine sebep olur (Receveur-Bréchet vd., 2005). Bu nedenle 75 kDa’dan büyük olduğu belirlenen bantlar değerlendirilmemiştir. Sadece Russet Burbank çeşidinde, 30 gün örnekleme zamanında, *R. solani* uygulamasında 26 kDa büyüklüğünde olduğu belirlenen bir DHN protein bandı tespit edilmiştir (Şekil 4.52 A). Tuz maruziyetinin neden olduğu ozmotik stres altında, patates bitkilerinin tuz toleransını sağlayan ozmotin (26 kDa) benzeri proteinlerin ifadesinin arttığı belirlenmiştir (Evers vd., 1999). Ozmotin benzeri proteinlerin ifadelerinin, NaCl uygulamasına ek olarak, patateste fungal stres, ABA ve düşük sıcaklık uygulamaları sonucunda da arttığı rapor edilmiştir (Zhu vd., 1995).



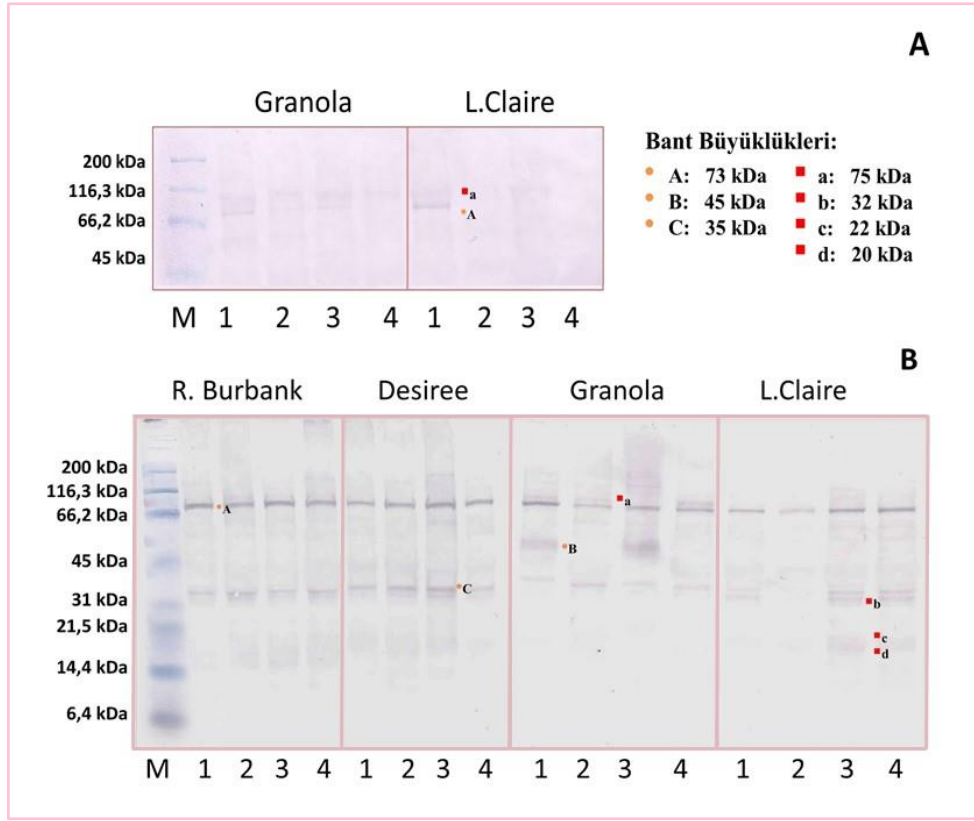
Şekil 4.52. 30 gün (A), 45 gün (B), 60 gün (C), 75 gün (D) ve 90 (E) gün sonunda uygulamalara bağlı olarak patates çeşitlerine ait yaprak örneklerinde belirlenen dehidrin grubu protein bantları; bütün çeşitlerde ortak olan bantlar büyük harf, çeşitlere veya uygulamaya özgü olan bantlar küçük harf ile gösterilmiştir (M: Moleküler ağırlık standardı, 1: Kontrol, 2: NaCl, 3: *R. solani*, 4: *R. solani*+NaCl).

Geç embriyogenez bağımlı proteinler, etraflarında bir hidrasyon tabakası oluşturarak, makromoleküllerin abiyotik stresler altında doğal konformasyonunun korunmasında hayati rol oynayan bir grup hidrofilik proteinlerdir (Gu vd., 2012). Yaprak örneklerinde 30-45-60-75-90 gün, yumru eti ve yumru kabuğu dokularında örnekleme zamanına göre belirlenen bant sayısı değişmekle birlikte bütün örnekleme periyotlarında ortaya çıkan yaklaşık 73, 45 ve 35 kDa büyüklüğünde üç bant belirlenmiştir. Tuza toleranslı MCC544 arpa genotipinde

bulunan 45 kDa protein bandının, tuza duyarlı MCC806 genotipe oranla daha fazla yoğunluk gösterdiği tespit edilmiştir (Arefian vd., 2014). Wimmer vd. (2003), buğday bitkisinde bor ve tuz stresi kombinasyonunun etkilerini araştırırken 25 kDa' luk bir proteinin oluştuğunu ve 33 kDa' luk bir proteinin de miktarında artış olduğunu rapor etmişlerdir.

Russet Burbank ve Desiree çeşitlerinin yumru eti dokularında herhangi bir uygulamada DHN protein bandı elde edilememiştir (Şekil 4.53 A). Fakat Granola ve Lady Claire çeşitlerinin yumru eti dokusunda 73 ve 75 kDa büyüklüğünde iki DHN bandı belirlenmiştir. Russet Burbank, Desiree ve Lady Claire çeşitlerinin yumru kabuğu dokusunda 73, 35 kDa büyüklüğünde iki, Granola çeşidinin yumru kabuğu dokusunda 45 kDa büyüklüğünde bir DHN bandı tespit edilmiştir. Bununla birlikte yumru eti dokusunda Granola çeşidinde bütün uygulamalarda, Lady Claire çeşidinde ise sadece kontrol uygulamasında ifade olan 75 kDa büyüklüğünde bir DHN bandı saptanmıştır. Ayrıca yumru kabuğu dokusunda *R. solani* uygulamasıyla ortaya çıkan; Russet Burbank, Desiree ve Lady Claire çeşitlerinde 22 ve 20 kDa büyüklüğünde iki bant ile Lady Claire çeşidinde 32 kDa büyüklüğünde bir bant tespit edilmiştir (Şekil 4.53 B).

Farklı tuz konsantrasyonlarında (0, 100, 300, 500 mM NaCl) altı hafta süre ile yetiştirilen *Chenopodium quinoa* cv. Hualhuas bitkilerinden elde edilen tohumlarda yapılan immüno blot analizlerinde, 55, 50, 34, 30 kDa büyüklüğünde dört yeni DHN bandı tespit edilmiştir (Burrieza vd., 2012). Yüksek tuz konsantrasyonlarında (300 ve 500 mM NaCl) 30 kDa' luk DHN proteininin düşük konsantrasyonlara kıyasla %50 daha fazla biriktiği tespit edilirken, 39 kDa' luk beşinci bir bandın ise zayıf olarak görüldüğü belirlenmiştir (Burrieza vd., 2012).



Şekil 4.53. 90 gün sonunda uygulamalara bağlı olarak patates çeşitlerine ait yumru eti (A) ve yumru kabuğu (B) örneklerinde belirlenen dehidrin grubu protein bantları; bütün çeşitlerde ortak olan bantlar büyük harf, çeşitlere veya uygulamaya özgü olan bantlar küçük harf ile gösterilmiştir (M: Moleküler ağırlık standardı, 1: Kontrol, 2: NaCl, 3: *R. solani*, 4: *R. solani*+NaCl).

Hordeum vulgare cv. Tadmor' da ve halofitik yabancı arpa *H. marinum* bitkilerinde tuz stresinin DHN proteinlerinin birikmesine yol açtığı saptanmıştır. Her iki arpa türü de tuzluluğa yanıt olarak yüksek ve düşük moleküler ağırlıklı DHN proteinleri biriktirmiştir. Bununla birlikte, saptanan DHN bantlarının sayısı ve konumu türler arasında farklılık göstermiştir. *H. vulgare* cv. Tadmor, 82 kDa' lık DHN5 bandına karşılık gelen DHN bandı ile 26, 21, 19 ve 18kDa' lık dört düşük molekül ağırlıklı DHN biriktirmiştir. Buna karşılık, *H. marinum* 99 ve 74kDa' luk iki yüksek moleküler ağırlıklı DHN bandı ile beş düşük molekül ağırlıklı (23, 21, 20, 19 ve 18kDa) DHN bandı ortaya konmuştur. Her iki türde de yaprak dokularında taç dokularına kıyasla anlamlı derecede daha yüksek bir DHN birikimi bulunmuştur (Maršálová vd., 2016). Zeytinde, 40 kDa ve 42 kDa' luk DHN'lerin ekspresyon seviyeleri çeşitli stres faktörlerine (dehidrasyon, yüksek tuzluluk ve yaralama dahil) yanıt olarak artmasına rağmen, 16 kDa ve 18 kDa DHN'ler esas olarak tuz stresi tarafından indüklenmiştir (Tripepi vd., 2011).

Yapılan çalışmalar DHN'lerin membranlarla etkileşime girebildiğini göstermektedir. Bu çalışmalar, DHN'lerin membrana bağlanmasının yapının geri kazanımını takiben gerçekleştiğini, bu durumun kendiliğinden dağılık DHN'lerin bir membran yüzeyine bağlandıktan sonra yapısını kazandığını göstermektedir (Koag vd., 2009). Nylander vd. (2001) *Arabidopsis*'te yaptıkları immüno blotlama analizinde tanımladıkları beş DHN setinden üçünün sadece soğuğa, birinin ise sadece ABA'ya yanıt olarak ifadesinin arttığını belirlerken beşinci DHN'in tuz ve soğuk stresinde yapısal olarak ifade edildiğini tespit etmişlerdir.

Tuz stresine maruz bırakılan patateslerin proteom analizi, nispeten tuza duyarlı olmasına rağmen, spesifik proteinlerin ifadelerini arttırarak veya düşürerek tuz stresine cevap verebildiğini ortaya çıkarmıştır. Patates bitkilerinde, fotosentez ve protein biyosenteziyle ilişkili proteinlerin ifadelerinin azalması, bu proteinlerin tuz stresinden etkilendiğini doğrulamaktadır. Buna karşılık, ozmotin benzeri proteinlerin, HSP'lerin, kalretikülünün, LEA proteinlerinin ve patateste bazı yeni proteinlerin ifadesinin artışı, bu proteinlerin patateste tuz toleransına etki edebileceğini düşündürmektedir (Sobhanian vd., 2011). Charfeddine vd., (2017), patates bitkisinden DHN'leri (StDHN2a, StDHN1, TAS14, StDHN25 ve StLEA27) kodlayan beş tam uzunlukta cDNA tanımlamışlardır. Yapılan *in silico* analizinde bu StDHN dizilerinin diğer *Solanum* türlerine ait DHN proteinleri ile yüksek homoloji paylaştığı tespit edilmiştir. Kantitatif RT-PCR kullanılarak yapılan gen ifadesi analizi sonucunda, tanımlanan DHN'lerin ifadelerinin dehidrasyon ve tuzluluk ile arttığını rapor etmişlerdir.

Turco vd. (2004), *Q. ilex* (kuraklığa toleranslı) yapraklarında ve *P. cinnamomi* ile enfekte olmuş fidelerde 77 günlük uygulamalar boyunca tahmini 50 kDa dehidrin benzeri bir protein belirlemiştir. Şiddetli olmayan su stresinin bant yoğunluğunu arttırdığını tespit etmişlerdir. Şiddetli su stresi koşulları altında *Q. ilex*' te molekül ağırlığı sırasıyla yaklaşık 60 ve 63 kDa olan iki yeni polipeptit, tespit etmişlerdir. *Q. cerris* (kuraklığa duyarlı) yapraklarında hiç dehidrin benzeri protein gözlenmemiştir. Su stresinin yaklaşık 43 kDa molekül ağırlığı olan bir proteinin sentezini indüklediği belirlenmiştir. Hem su stresi hem de *P. cinnamomi* ile enfekte olmuş fidelerde yaklaşık 36,5 kDa'luk yeni bir bant tespit edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Patates bitkisi gerek besleyici özelliği gerekse birim alandan alınan verimin yüksek olması sebebiyle önemli bir bitkidir. Ancak yetiştirme periyodunun uzun olması ve tüketilen kısmının yumruları olması sebebiyle yetiştiriciliği sırasında çok sayıda biyotik ve abiyotik strese maruz kalmaktadır. Ayrıca genetik yapısının karmaşık olması ıslahını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle moleküler biyolojik teknikler, pratik ve kısa sürede yanıt veren, stres koşullarının erken dönemlerinde toleranslı çeşitlerin tespiti için kullanılacak analizlerin belirlenmesi, ümitvar patates çeşitlerinin geliştirilmesi için kolaylık sağlayacaktır. Bununla birlikte *R. solani* fungal hastalık etmeni patates yetiştiriciliğinin yapıldığı birçok bölgede önemli verim kaybına ve pazarlanabilir yumru kalitesinde azalmaya sebep olmaktadır. Patates yetiştiriciliğinin yapıldığı kurak-yarı kurak alanlarda sulama yapmanın zorunluluğu ve düşük kaliteli su kullanımının sebep olduğu tuzluluk ve toprakta yaygın su miktarındaki azalma fungal kaynaklı hastalık etmenleri için elverişli nemli bir ortam oluşturmaktadır. Bu nedenle, söz konusu her iki stres faktörüne ayrı ayrı ve birlikte maruz kalan patates bitkilerinde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla yürütülen bu çalışmada patates çeşitleri bu stres faktörlerinden tuz (NaCl) ve *R. solani*'ye ayrı ayrı maruz bırakılıp incelenmiştir. Daha sonra belirlenen çeşitler *R. solani*+NaCl stres kombinasyonuna maruz bırakılmış ve bitkilerin yaprak ve yumru dokularında meydana gelen fizyolojik ve biyokimyasal değişiklikler ile sukroz metabolizmasında yer alan bazı genlerin ifade seviyesindeki değişimler araştırılmıştır.

Patates bitkisinin yaprak, yumru eti ve yumru kabuğu dokularında, NaCl, *R. solani* ve *R. solani*+NaCl stres faktörleri altında çeşitler arasında farklılığa neden olan bulgular özet olarak aşağıda vurgulanmıştır:

- Verim, tek yumru ağırlığı ve yumru irilik dağılımlarının tuz stresine, hücre membran zararı, MDA ve SDS-PAGE analizlerinin patates çeşitlerinin hem tuz stresine hem de stres kombinasyonuna, ayrıca sukroz, nişasta, INV aktivitesi ve InvGF geninin ifade analizlerinin de çeşitlerin *R. solani*+NaCl stres kombinasyonuna toleransı bakımından fikir vermesi amacıyla kullanılacak biyobelirteçler oldukları,

- Çeşitlerin olgunlaşma sürelerinin stres faktörlerine tolerans göstermeleri üzerinde etkili olduğu,
 - Ozmotik düzenlemeye, membran stabilitesini sağlamaya, büyümeye ve gelişmeye olan katkıları sebebiyle karbonhidratların varlığı ve dağılımının *R. solani*+NaCl stresine toleransta etkili olduğu,
 - Hücre membran zararlanma oranının yumru dokularında daha az olmasının, incelenen bütün çözünebilir karbonhidrat ve nişasta miktarları ile sukrolitik enzim aktivitelerinin ve SuSy ve InvGF genlerinin ifadesinin yumru dokularında daha fazla olması ile ilişkili olduğu,
 - Zamana bağlı olarak, bütün sonuçlar bir arada değerlendirildiğinde tuz stresi ve *R. solani* uygulamalarında patates bitkisi için kritik dönemin yumru büyümesinin gerçekleştiği 45 günlük uygulama süresi olduğu,
 - Bitki savunma ve yanıt mekanizmalarındaki rolleri de düşünüldüğünde NaCl, *R. solani*, *R. solani*+ NaCl streslerinde INV'ların SuSy'a kıyasla daha önemli bir rol oynadıkları,
 - Bütün dokularda, NaCl ve *R. solani* uygulamalarında, Russet Burbank ve Desiree çeşitlerinde daha fazla ifade olan 22 ve 26 kDa büyüklüğündeki küçük molekül ağırlıklı proteinlerin her iki stres faktörüne toleransta katkısı olduğu,
 - Yaklaşık 73, 45 ve 35 kDa molekül ağırlığına sahip üç dehidrin proteinin NaCl, *R. solani*, *R. solani*+ NaCl streslerine toleransta katkısı olduğu,
 - Yaprak dokularının yumru dokularına göre daha hassas olduğu ve yumru dokuları içerisinde de yumru kabuğu dokusunun yumru eti dokusuna kıyasla bütün stres koşullarından daha fazla etkilendiği,
 - Stres kombinasyonunda çeşit toleransını belirlemede çeşitlerin *R. solani* reaksiyonlarının önemli olduğu,
- belirlenmiştir.

Abiyotik stres koşullarında patates bitkisinin sukroz metabolizmasında meydana gelen değişimlerin incelendiği çok sayıda literatür olmasına karşın biyotik stres koşullarında ve/veya abiyotik-biyotik stres kombinasyonlarına maruz kalmış bitkilerde yapılan araştırma sayısı oldukça azdır. Bu çalışmanın patates bitkisinde *R. solani*+NaCl stres kombinasyonunun sukroz metabolizmasında meydana getirdiği değişikliklerin araştırıldığı ilk çalışma olması bakımından özgün değeri bulunmaktadır. Yapılan tarama çalışmaları, patates çeşitlerinin hem tuz stresine hem de *R. solani* hastalık etmenine toleransı bakımından

önemli bilgileri ve farklılıkları ortaya koyması sebebiyle hem üretici hem de ıslahçılar için çeşit tercihinde kolaylık sağlayacaktır. Bu çalışmadan elde edilen orjinal veriler her iki stres koşulunda ve stres kombinasyonunda patates bitkisinin sukroz metabolizmasında, protein ve dehidrin grubu proteinlerinde meydana getirdiği değişikliklerin ve konu ile ilgili içsel mekanizmanın anlaşılmasına katkı sağlamıştır. Ayrıca bir nişasta bitkisi olan patatesin, üretimini kısıtlayan, verim ve kalitesine doğrudan etkisi olan bu stres faktörlerini elimine edecek ıslah materyallerinin sağlanmasına yönelik çalışmalara yardımcı olacaktır. Bundan sonra yapılması gereken ise; belirlenen çeşitler ile karbonhidrat metabolizmasında yer alan diğer yolakların incelenmesi ve bu yolaklarda görev alan diğer enzim ve genlerle ilgili daha detaylı çalışmaların yapılarak içsel mekanizmanın daha iyi anlaşılmasıdır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abd El-Aziz, A. R., Mahmoud, M. A., Al-Othman, M. R., El-sherif, E. M., El-Marzouky, H., 2013, Differential interaction between isolates of *Rhizoctonia solani* AG-3 and potato cultivars, *African Journal of Microbiology Research*, 7(12), 1045-1054.
- AbdElgawad, H., Zint, G., Hegab, M.M., Pandey, R., Asard, H., Abuelsoud, W., 2016, High salinity induces different oxidative stress and antioxidant responses in maize seedlings organs, *Frontiers in Plant Science*, 7, 276.
- Abdelraouf, E.A., Elgarhy, A.M., 2017, Response of Different Soybean (*Glycine max* L.) Genotypes Grown in Sand Culture to Salinity Stress, *Alexandria Science Exchange Journal*, 38, 810-818.
- Abdoli Nejad, R., Shekafendeh, A., 2014, Salt stress-induced changes in leaf antioxidant activity, proline and protein content in Shah Anjir and Anjir Shiraz fig seedlings, *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 1 (2), 121–129.
- Abreu, I. A., Farinha, A. P., Negrão, S., Gonçalves, N., Fonseca, C., Rodrigues, M., Oliveira, M.M., 2013, Coping with abiotic stress: proteome changes for crop improvement, *Journal of Proteomics*, 93, 145-168.
- Acosta-Motos, J.R., Ortuño, M.F., Bernal-Vicente, A., Diaz-Vivancos, P., Sanchez-Blanco, M.J., Hernandez, J.A., 2017, Plant responses to salt stress: adaptive mechanisms, *Agronomy*, 7(1), 18.
- Agarwal, S., Grover, A., 2006, Molecular biology, biotechnology and genomics of flooding-associated low O₂ stress response in plants, *Critical Reviews in Plant Science*, 25, 1–21.
- Agastian, P., Kingsley, S. J., Vivekanandan, M., 2000, Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes, *Photosynthetica*, 38(2), 287-290.
- Aghaei, K., Ehsanpour, A.A., Komatsu, S., 2008, Proteome analysis of potato under salt stress, *J. Proteome Research*, 7, 4858–4868.
- Aghaei, K., Ehsanpour, A.A., Komatsu, S., 2009, Potato responds to salt stress by increased activity of antioxidant enzymes, *Journal of Integrative Plant Biology*, 51 (12), 1095–103.
- Ahmad, P., Jaleel, C.A., Sharma, S., 2010, Antioxidant defense system, lipid peroxidation, proline-metabolizing enzymes, and biochemical activities in two *Morus alba* genotypes subjected to NaCl Stress, *Russian Journal of Plant Physiology*, 2010, 57, 4, 509–517.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ahmed, I.M., Nadira, U.A., Bibi, N., Cao, F., He, X., Zhang, G., Wu, F., 2015, Secondary metabolism and antioxidants are involved in the tolerance to drought and salinity, separately and combined, in Tibetan wild barley, *Environmental and Experimental Botany*, 111, 1-12.
- Akrami, M., Arzani, A., 2018, Physiological alterations due to field salinity stress in melon (*Cucumis melo* L.), *Acta Physiologiae Plantarum*, 40(5), 91.
- Akrimi, R., Hajlaoui, H., Rizzo, V., Muratore, G., & Mhamdi, M., 2020, Agronomical traits, phenolic compounds and antioxidant activity in raw and cooked potato tubers growing under saline conditions, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100: 3719-3728
- Aksoy, E., Demirel, U., Öztürk, Z.N., Çalışkan, S., Çalışkan, M.E., 2015, Recent advances in potato genomics, transcriptomics, and transgenics under drought and heat stresses: A review, *Turkish Journal of Botany*, 39 (6), 920-940.
- Al-Hammouri, A.A., Ibbini, J., Bsoul, E., Sanogo, S., 2017, Effect of salinity on recovery of *Rhizoctonia solani* from infected tomato (*Solanum lycopersicon* mill), *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 23(5), 757-761.
- Al-Hussaini, Z.A., Yousif, S.H.A., Al-Ajeely, S.A., 2015, Effect of different medium on callus induction and regeneration in potato cultivars, *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4(5): 856-865.
- Aloni, B., Karni, L., Zaidman, Z., Schaffer, A.A., 1996, Changes of carbohydrates in pepper (*Capsicum annuum* L.) flowers in relation to their abscission under different shading regimes, *Annals of Botany*, 78 (2), 163-168.
- Aloni, B., Pashkar, T., Karni, L., 1991, Partitioning of [¹⁴C] sucrose and acid invertase activity in reproductive organs of pepper plants in relation to their abscission under heat stress, *Annals of Botany*, 67 (5), 371-377.
- Amini, F., Ehsanpour, A.A., 2005, Soluble proteins, proline, carbohydrates and Na⁺/K⁺ changes in two tomato (*Lycopersicon esculentim* Mill.) cultivars under *in vitro* salt stress, *Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 1, 212–216.
- Anderson, P.K., Cunningham, A.A., Patel, N.G., Morales, F.J., Epstein, P.R., Dasza, P., 2004, Emerging infectious diseases of plants: pathogen pollution, climate change and agrotechnology drivers, *Trends in Ecology & Evolution.*, 19, 535–544.
- Anees, M., Edel-Hermann, V., Steinberg, C., 2010, Build up of patches caused by *Rhizoctonia solani*, *Soil Biology and Biochemistry*, 42(10), 1661-1672.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Anonim, 2020a, <https://www.europotato.org/countries>, erişim tarihi: 29.04.2020
- Anonim, 2020b, <http://varieties.ahdb.org.uk/varieties>, erişim tarihi: 29.04.2020
- Anonim, 2020c, <http://www.inan-meijer.com/tr/cesitlerimiz>, erişim tarihi: 29.04.2020
- Aoki, A., Kanegami, A., Mihara, M., Kojima, T.T., Shiraiwa, M., Takahara, H., 2005, Molecular cloning and characterization of a novel soybean gene encoding a leucine-zipper-like protein induced to salt stress, *Gene*, 356, 135–45.
- Aoki, N., Hirose, T., Furbank, R.T., 2012, Sucrose transport in higher plants: from source to sink, J., Eaton-Rye, B., Tripathy, T., Sharkey (Eds.) *Advances in Photosynthesis and Respiration*, Springer, Dordrecht, p. 703-729.
- Apse, M. P., Blumwald, E., 2002, Engineering salt tolerance in plants, *Current Opinion in Biotechnology*, 13(2), 146-150.
- Arefian, M., Shafaroudi, S.M., 2015, Physiological and gene expression analysis of extreme chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in response to salinity stress, *Acta Physiologiae Plantarum*, 37, 193.
- Arefian, M., Vessal, S., Bagheri, A., 2014, Biochemical changes and SDS-PAGE analyses of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in response to salinity during the early stages of seedling growth, *Journal of Biological & Environmental Sciences*, 8 (23), 99-109.
- Arneeth, A., F. Denton, F. Agus, A. Elbehri, K. Erb, B. Osman Elasha, M. Rahimi, M. Rounsevell, A. Spence, R. Valentini, 2019, Framing and Context, P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley (Eds.) *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*, p. 77-129,
- Arora, R., Pitchay, D.S., Bearce, B.C., 1998, Water-stress-induced heat tolerance in geranium leaf tissues: A possible linkage through stress proteins?, *Physiologia Plantarum*, 103 (1), 24-34.
- Arora, R., Wisniewski, M.E., 1994, Cold acclimation in genetically related (sibling) deciduous and evergreen peach (*Prunus persica* [L.] Batsch) (II. A 60-kilodalton bark protein in cold-acclimated tissues of peach is heat stable and related to the dehydrin family of proteins), *Plant Physiology*, 105 (1), 95-101.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Arvin, M.J., Donnelly, D.J., 2008, Screening potato cultivars and wild species to abiotic stresses using an electrolyte leakage bioassay, *J. Agric. Sci. Technol.*, 10, 33-42.
- Ashraf, M., Harris, P.J.C., 2004, Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants, *Plant Science*, 166, 3–16.
- Ashraf, M., Harris, P. J.C, 2013, Photosynthesis under stressful environments: an overview, *Photosynthetica*, 51(2), 163-190.
- Ashraf, M.A., Ashraf, M., Ali, Q., 2010, Response of two genetically diverse wheat cultivars to salt stress at different growth stages: leaf lipid peroxidation and phenolic contents, *Pakistan Journal of Botany.*, 42 (1), 559-565.
- Atiq, M., Karamat, A., Sahi, S.T., Habib, A., Nawaz, A., Hussain, W., 2013, Screening of potato varieties/cultivars against black scurf disease of potato, *Pakistan Journal of Phytopathology*, 25(1), 48-51.
- Atkinson, M. M., Midland, S. L., Sims, J. J., Keen, N. T., 1996, Syringolide 1 triggers Ca^{2+} influx, K^+ efflux, and extracellular alkalization in soybean cells carrying the disease-resistance gene Rpg4, *Plant Physiology*, 112(1), 297-302.
- Atkinson, N.J., Urwin, P.E., 2012, The interaction of plant biotic and abiotic stresses: from genes to the field, *Journal of Experimental Botany*, 63 (10), 3523-3543.
- Ayala-Astorga, G.I., Alcaraz-Meléndez, L., 2010, Salinity effects on protein content, lipid peroxidation, pigments, and proline in *Paulownia imperialis* (Siebold & Zuccarini) and *Paulownia fortunei* (Seemann & Hemsley) grown *in vitro*, *Electronic Journal of Biotechnology*, 13 (5), 13-14.
- Azevedo Neto, A.D., Prisco, J.T., Enéas-Filho, J., de Abreu, C.E.B., Gomes-Filho, E., 2006, Effect of salt stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of salt-tolerant and salt-sensitive maize genotypes, *Environmental and Experimental Botany*, 56 (1), 87-94.
- Babakhani, B., Khavari-Nejad, R.A., Hassan sajadi, R., Fahimi, H., Saadatmand, S., 2011, Biochemical responses of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars subjected to NaCl salinity stress, *African Journal of Biotechnology*, 10 (55), 11433-11441.
- Backhausen, J.E., Klien, M., Klocke, .M, Jung, S., Scheibe, R., 2005, Salt tolerance of potato (*Solanum tuberosum* L. var. Desiree) plants depends on light intensity and air humidity, *Plant Science*, 169, 229–237.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Balibrea, M.E., Dell'Amico, J., Bolarin, M.C., Pérez-Alfocea, F., 2000, Carbon partitioning and sucrose metabolism in tomato plants growing under salinity, *Physiologia Plantarum*, 110 (4), 503–511.
- Ballicora, M.A., Iglesias, A., Preiss, J., 2004, ADP-glucose pyrophosphorylase: a regulatory enzyme for plant starch synthesis, *Photosynthesis Research*, 79, 1-24.
- Baltruschat, H., Fodor, J., Harrach, B.D., Niemczyk, E., Barna, B., Gullner, G., Janeczko, A., Kogel, K-H, Schäfer, P., Schwarczinger, I, Zuccaro, A., Skoczowski, A., 2008, Salt tolerance of barley induced by the root endophyte *Piriformospora indica* is associated with a strong increase in antioxidants, *New Phytologist*, 180 (2), 501-510.
- Bandehagh, A., Salekdeh, G.H., Toorchi, M., Mohammadi, A., Komatsu, S., 2011, Comparative proteomic analysis of canola leaves under salinity stress, *Proteomics*, 11 (10), 1965-1975.
- Bandoğlu, E., Eyidoğan, F., Yücel, M., Öktem, H.A., 2004, Antioxidant responses of shoots and roots of lentil to NaCl-salinity stress, *Plant Growth Regulation*, 42, 69–77.
- Banville, G. B., Carling, D. E., 2001, *Rhizoctonia* canker and black scurf, W.R., Stevenson, R. Loria, G. Franc, D.P. Weingartner (Eds.). *Compendium of potato diseases*, APS Press, St. Paul, MN, p. 36-37.
- Banville, G.J., Carling, D.E. Otrysko, B.E., 1996, *Rhizoctonia* disease on potato. B., Sneh, S., Jabaji-Hare, S., Neate, G., Dijst (Eds.) *Rhizoctonia* Species. Taxonomy, Molecular Biology, Ecology, Pathology and Disease Control. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic, p. 321–330.
- Baroja-Fernández, E., Muñoz, F.J., Montero, M., Etxeberria, E., Sesma, M.T., Ovecka, M., Bahaji, A., Ignacio, E., Li, J., Prat, S., Pozueta-Romero, J., 2009, Enhancing sucrose synthase activity in transgenic potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers results in increased levels of starch, ADPglucose and UDPglucose and Toplam yield, *Plant and Cell Physiology*, 50 (9), 1651-1662.
- Barratt, D.H.P., Derbyshire, P., Findlaya, K., Pikea, M., Wellnerb, N., Lunnc, J., Feilc, R., Simpsona, C., Maulea, A.J., Smitha, A.M., 2009, Normal growth of *Arabidopsis* requires cytosolic invertase but not sucrose synthase, *PNAS*, 106 (31), 13124–13129.
- Barrell, P. J., Meiyalaghan, S., Jacobs, J. M., Conner, A. J., 2013, Applications of biotechnology and genomics in potato improvement, *Plant Biotechnology Journal*, 11(8), 907-920.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Benhamou, N., Grenier, J., Chrispeels, M.J., 1991, Accumulation of beta-fructosidase in the cell walls of tomato roots following infection by a fungal wilt pathogen, *Plant Physiology*, 97, 739–750.
- Berger, S., Sinha, A. K., Roitsch, T., 2007, Plant physiology meets phytopathology: plant primary metabolism and plant–pathogen interactions, *Journal of Experimental Botany*, 58 (15-16), 4019-4026.
- Bertagnolli, B.L., Dal Soglio, F.K. Sinclair, J.B., 1996, Extracellular enzyme profiles of the fungal pathogen *Rhizoctonia solani* isolate 2B-12 and two antagonists, *Bacillus megaterium* strain B153-2-2 and *Trichoderma harzianum* isolate Th008. I. Possible correlations with inhibition of growth and biocontrol, *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 48, 145-160.
- Besri, M., 1980, Influence du potentiel osmotique de l'eau sur la croissance de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* et de *Verticillium dahliae*, *Phytopathologische Zeitschrift* 99, 1-8.
- Bethke, G., Thao, A., Xiong, G., Li, B., Soltis, N. E., Hatsugai, N., Hillmer, R.A., Katagiri, F., Kliebenstein, D.J., Pauly, M., Glazebrook, J., 2016, Pectin biosynthesis is critical for cell wall integrity and immunity in *Arabidopsis thaliana*, *The Plant Cell*, 28(2), 537-556.
- Bian, S., Jiang, Y., 2009, Reactive oxygen species, antioxidant enzyme activities and gene expression patterns in leaves and roots of Kentucky bluegrass in response to drought stress and recovery, *Scientia Horticulturae*, 120, 264-270.
- Blatt, M. R., Grabov, A., Brearley, J., Hammond-Kosack, K., Jones, J. D., 1999, K⁺ channels of Cf-9 transgenic tobacco guard cells as targets for *Cladosporium fulvum* Avr9 elicitor-dependent signal transduction, *The Plant Journal*, 19(4), 453-462.
- Bohnert, H.J., Nelson, D.E., Jensen, R.G., 1995, Adaptations to environmental stresses, *Plant Cell*, 7, 1099–1111.
- Bonfig, K.B., Schreiber, U., Gabler, A., Roitsch, T., Berger, S., 2006, Infection with virulent and avirulent *P. syringae* strains differentially affects photosynthesis and sink metabolism in *Arabidopsis* leaves, *Planta*, 225, 1–12.
- Bostock, R.M., Pye, M.F., Roubtsova, T. V., 2014, Predisposition in plant disease: exploiting the nexus in abiotic and biotic stress perception and response, *Annual Review of Phytopathology*, 52, 517-549.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Boyer, J., 1970, Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean, and sunflower at various leaf water potentials, *Plant Physiology*, 46 (2), 233-235.
- Bradford, M.M., 1976, A rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding, *Analytical Biochemistry*, 72, 248-254.
- Burlingame, B., Mouille, B., Charrondiere, R., 2009, Nutrients, bioactive non-nutrient and anti-nutrients in potatoes, *Journal of Food Composition and Analysis*, 22, 494–502.
- Burrieza, H. P., Koyro, H.W., Tosar, L.M., Kobayashi, K., Maldonado, S., 2012, High salinity induces dehydrin accumulation in *Chenopodium quinoa* Willd. cv. Hualhuas embryos, *Plant and Soil*, 354 (1-2), 69-79.
- Carling, D.E., Kuninga, S., Brainard, K.A., 2002, Hyphal anastomosis reactions, rDNA-ITS sequences and virulence levels among subsets of *Rhizoctonia solani* anastomosis group-2 (AG-2) and AG-BI, *Phytopathology*, 92, 43-50.
- Carling, D.E., Leiner, R.H., Westphale, P.C., 1989, Symptoms, signs and yield reduction associated with *Rhizoctonia* disease of potato induced by tuber-borne inoculum of *Rhizoctonia solani* AG-3, *American Potato Journal*, 66, 693-701.
- Carling, D.E., Leiner, R.H., 1990, Virulence of isolates of *Rhizoctonia solani* AG-3 collected from potato plant organs and soil, *Plant Disease*, 74 (11), 901-903.
- Carling, D.E., Sumner, D.R., 1992, *Rhizoctonia*, Larry L. Singleton, Jeanne D. Mihail, Charles Monroe Rush (Eds.) *Methods for research on soilborne phytopathogenic fungi*, APS Press, St. Paul, Minnesota, p. 157-165.
- Celebi-Toprak, F., Behnam, B., Serrano, G., Kasuga, M., Yamaguchi-Shinozaki, K., Naka, H., Watanabe, J.A., Yamanaka, S., Watanabe, K.N., 2005, Toleranceto salt stress of the transgenic tetrasomic tetraploid potato, *Solanum tuberosum* cv. Desiree appears to be induced by the DREB1A Gene and rd29A promoter of *Arabidopsis thaliana*, *Breeding Science*, 55 (3), 311-319.
- Charfeddine, S., Charfeddine, M., Saïdi, M.N., Jbir, R., Bouzid, R.G., 2017, Potato dehydrins present high intrinsic disorder and are differentially expressed under ABA and abiotic stresses, *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 128 (2), 423-435.
- Cha-Um, S., Takabe, T., Kirdmanee, C., 2010, Ion contents, relative electrolyte leakage, proline accumulation, photosynthetic abilities and growth characters of oil palm seedlings in response to salt stress, *Pakistan Journal Botany.*, 42 (3), 2191-2020.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Chen, C.C., Plant, A.L., 1999, Salt-induced protein synthesis in tomato roots: the role of ABA. *Journal of Experimental Botany*, 50, 677-687.
- Chen, H.J., Chen, J.Y., Wang, S.J., 2008, Molecular regulation of starch accumulation in rice seedling leaves in response to salt stress, *Acta Physiologiae Plantarum*, 30(2), 135-142.
- Chen, L.Q., Qu, X.Q., Hou, B.H., Sosso, D., Osorio, S., Fernie, A.R., Frommer, W.B., 2012, Sucrose efflux mediated by SWEET proteins as a key step for phloem transport, *Science*, 335 (6065), 207-211.
- Chinnusamy, V., Jagendorf, A., Zhu, J.K., 2005, Understanding and improving salt tolerance in plants, *Crop Science* 45: 437-448.
- Chookhampaeng, S., Pattanagul, W., Theerakulpisut, P., 2008, Effects of salinity on growth, activity of antioxidant enzymes and sucrose content in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) at the reproductive stage, *Science Asia*, 34, 69-75.
- Chunthaburee, S., Dongsansuk, A., Sanitchon, J., Pattanagul, W., Theerakulpisut, P., 2016, Physiological and biochemical parameters for evaluation and clustering of rice cultivars differing in salt tolerance at seedling stage, *Saudi Journal of Biological Sciences*, 23 (4), 467-477.
- Close, T.J., 1996, Dehydrins: emergence of a biochemical role of a family of plant dehydration proteins, *Physiologia Plantarum*, 97, 795-803.
- Close, T.J., 1997, Dehydrins: a commonalty in the response of plants to dehydration and low temperature, *Physiologia Plantarum*, 100, 291-296.
- Conner, A. J., Jacobs, J. M. E., Genet, R. A., 1997, Transgenic potatoes versus “traditional” potatoes: what’s the difference. *Commercialisation of Transgenic Crops: Risk, benefit and trade considerations*, Canberra: Cooperative Research Centre for Plant Science and Bureau of Resource Sciences, p 23-36.
- Cooper, J. I., Jones, R. A. C., Harrison, B. D., 1976, Field and glasshouse experiments on the control of potato mop-top virus, *Annals of Applied Biology*, 83(2), 215-230.
- Cram, W.J., 1976, Negative feedback regulation of transport in cells. The maintenance of turgor, volume and nutrient supply, U. Luttge, M.G. Pitman (Eds.), *Encyclopaedia of Plant Physiology*, New Series, vol. 2, Springer-Verlag, Berlin, p.284-316.
- Cuartero, J., Bolarin, M. C., Asins, M. J., Moreno, V., 2006, Increasing salt tolerance in the tomato, *Journal of Experimental Botany*, 57(5), 1045-1058.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Çalışkan, M. E., Çalışkan, S., Demirel, U., Aksoy, E., Arıoğlu, H. H., 2020, Nişasta ve şeker bitkileri üretiminde mevcut durum ve gelecek, Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi, Ankara, Türkiye, 439-461.
- Çolakoğlu, G., 1997, Fungal (Mantari) Büyüme İçin Kimyasal ve Fiziksel Çevre Koşulları, Basmat Matbaacılık, İstanbul, s. 272.
- Daami-Remadi, M., Souissi, A., Oun, H. B., Mansour, M., Nasraoui, B., 2009, Salinity effects on *fusarium* wilt severity and tomato growth, Dynamic Soil, Dynamic Plant, 3 (1), 61-69.
- Daami-Remadi, M., Zammouri, S., El Mahjoub, M., 2008, Relative susceptibility of nine potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars to artificial and natural infection by *Rhizoctonia solani* as measured by stem canker severity, black scurf and plant growth, The African Journal of Plant Science and Biotechnology, 2 (2), 57-66.
- Dajic, Z., 2006, Salt stress, K.V., Madhava Rao, A.S., Raghavendra, K., Janardhan Reddy (Eds.) Physiology and molecular biology of stress tolerance in plants, Springer, Dordrecht, p. 41-99.
- Daneshmand, F., Arvin, M.J., Kalantari, K.M., 2010, Physiological responses to NaCl stress in three wild species of potato *in vitro*, Acta Physiologiae Plantarum, 32 (1), 91-101.
- Das, T., Mandavia, M.K., Mandavia, C.K., 2015, Alterations in biochemical responses and antioxidant enzymes in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under NaCl salinity stress, Indian Journal of Agricultural Biochemistry, 28 (1), 57-60.
- Dehnavi, M., Zarei, T., Khajeeyan, R., Merajipoor, M., 2017. Drought and salinity impacts on bread wheat in a hydroponic culture: A physiological comparison, Journal of Plant Physiology and Breeding, 7(1), 61-74.
- Delgado, M., Garrido, J., Ligeró, F., Lluch, C., 1993, Nitrogen fixation and carbon metabolism by nodules and bacteroids of pea plants under sodium chloride stress, Physiologia Plantarum, 89, 824-829.
- Demidchik, V., Straltsova, D., Medvedev, S. S., Pozhvanov, G. A., Sokolik, A., Yurin, V., 2014, Stress-induced electrolyte leakage: the role of K⁺-permeable channels and involvement in programmed cell death and metabolic adjustment, Journal of Experimental Botany, 65(5), 1259-1270.
- Demirci, E., 1998, Rhizoctonia species and anastomosis groups isolated from barley and wheat in Erzurum, Turkey, Plant Pathology, 47, 10.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- De Souza Filho, G. A., Ferreira, B. S., Dias, J. M., Queiroz, K. S., Branco, A. T., Bressan-Smith, R. E., Oliveira, J.G., Garcia, A. B., 2003, Accumulation of SALT protein in rice plants as a response to environmental stresses, *Plant Science*, 164 (4), 623-628.
- Devos, S., Laukens, K., Deckers, P., Van Der Straeten, D., Beeckman, T., Inze, D., Van Onckelen, H., Witters, E., Prinsen, E., 2006, A hormone and proteome approach to picturing the initial metabolic events during *Plasmodiophora brassicae* infection on *Arabidopsis*, *Molecular Plant Microbe Interactions*, 19, 1431–1443.
- Dinar, M., Rudich, J., Zamski, E., 1983, Effect of heat stress on carbon transport from tomato leaves, *Annals of Botany*, 51, 97-103.
- Djébali, N., Belhassen, T., 2010, Field study of the relative susceptibility of eleven potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties and the efficacy of two fungicides against *Rhizoctonia solani* attack, *Crop Protection*, 29 (9), 998-1002.
- Dooki, A.D., Mayer-Posner, F.J., Askari, H., Zaiee, A.A., Salekdeh, G.H., 2006, Proteomic responses of rice young panicles to salinity, *Proteomics*, 6 (24), 6498-6507.
- Dubey, R.S., Rani, M., 1989, Influence of NaCl salinity on growth and metabolic status of protein amino acids in rice seedling, *Journal of Agronomy and Crop Science*, 162 (2), 97–106.
- Dubey, R.S., Singh, A.K., 1999, Salinity induces accumulation of soluble sugars and alters the activity of sugar metabolizing enzymes in rice plants, *Biologia Plantarum*, 42 (2), 233–239.
- Dzengeleski, S., da Rocha, A.B., Kirk, W.W., Hammerschmidt, R., 2003, Effect of soil salinity and *Fusarium sambucinum* infection on development of potatoes cultivar 'Atlantic', *Acta Horticulturae*, 619, 251-261.
- Ebel, J., Mithöfer, A., 1998, Early events in the elicitation of plant defence, *Planta*, 206 (3), 335-348.
- El-Abyad, M.S., Abu-Taleb, A.M., Khalil, M.S., 1992, Impact of salinity stress on soil-borne fungi of sugarbeet: III. Plant cell wall-degrading enzymes by *Rhizoctonia solani* Kühn and *Sclerotium rolfsii* Sacc. *in vivo* and *in vitro*, *Plant and Soil*, 143, 75-83.
- El-Abyad, M.S., Hindorf, H., Rizk, M.A., 1988a, Impact of salinity stress on soil-borne fungi of sugarbeet, *Plant and Soil*, 110 (1), 27-32.
- El-Abyad, M.S., Hindorf, H., Rizk, M.A., 1988b, Impact of salinity stress on soil-borne fungi of sugarbeet: II. Growth activities *in vitro*, *Plant and Soil*, 33-37.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Elkhatib, H.A., Elkhatib, E.A., Khalaf-Allah A.M.K., El-Sharkawy, A.M., 2005, Salt tolerance of four potato cultivars, *Journal of Plant Nutrition* 27:1575-1583.
- Elmer, W.H., 2002, Influence of formononetin and NaCl on mycorrhizal colonization and Fusarium crown and root rot of asparagus, *Plant Disease*, 86, 1318-1324
- Elmer, W.H., 2003, Local and systemic effects of NaCl on root composition, rhizobacteria, and Fusarium crown and root rot of asparagus, *Phytopathology*, 93, 186-192
- Elshintinawy, F., Elshourbagy, M.N., 2001, Alleviation of changes in protein metabolism in NaCl-stressed wheat seedlings by thiamine, *Biologia Plantarum*, 44, 541-545.
- Errampalli, D., Johnston, H. W., 2001, Control of tuber-borne black scurf [*Rhizoctonia solani*] and common scab [*Streptomyces scabies*] of potatoes with a combination of sodium hypochlorite and thiophanate-methyl preplanting seed tuber treatment, *Canadian Journal of Plant Pathology*, 23(1), 68-77.
- Evers, D., Overney, S., Simon, P., Greppin, H., Hausman, J.F., 1999, Salt tolerance of *Solanum tuberosum* L. overexpressing an heterologous osmotin-like protein, *Biologia Plantarum*, 42, 105-112.
- FAO, 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistics division, <http://www.fao.org/faostat/en/> , erişim tarihi: 19.04.2020
- Faramarzi, A., Shahrokhi, S., Mehrpouya, H., Hasanpanah, D., Farboodi, M., 2011, The effect of salinity levels and anti-stress material application on the number and weight of savalan potato cultivar mini-tubers and tolerance and susceptibility indexes to salinity stress, 2nd International Conference on Agricultural and Animal Science IPCBEE, 137-140.
- Fariied, H. N., Ayyub, C. M., Amjad, M., Ahmed, R., 2016, Salinity impairs ionic, physiological and biochemical attributes in potato, *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 53(1).
- Fernandes, F.M., Arrabaca, M.C., Carvalho, L.M.M., 2004, Sucrose metabolism in *Lupinus albus* L. under salt stress, *Biologia Plantarum*, 48: 317.
- Ferreira-Silva, S.L., Silveria, J.A.G., Voigt, E.L., Soares, L.S.P., Viegas, R.A., 2008, Changes in physiological indicators associated with salt tolerance in two contrasting cashew root stocks, *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 20 (1), 51-59.
- Fidalgo, F., Santos, A., Santos, I., Salema, R., 2004, Effects of long-term salt stress on antioxidant defense systems, leaf water relations and chloroplast ultrastructure of potato plants, *Annals of Applied Biology*, 145(2), 185-192.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Fiers, M., Edel-Hermann, V., Héraud, C., 2011, Genetic diversity of *Rhizoctonia solani* associated with potato tubers in France, *Mycologia*, 103, 1230–1244.
- Filek, M., Walas, S., Mrowiec, H., Rudolphy-Skórska, E., Sieprawska, A., Biesaga-Kościelniak, J., 2012, Membrane permeability and micro-and macroelement accumulation in spring wheat cultivars during the short-term effect of salinity-and PEG-induced water stress, *Acta Physiologiae Plantarum*, 34 (3), 985-995.
- Flowers, T.J., Munns, R., Colmer, T.D., 2015, Sodium chloride toxicity and the cellular basis of salt tolerance in halophytes, *Annals of Botany*, 115, 419–431.
- Flowers, T.J., Yeo, A.R., 1995, Breeding for salinity resistance in crop plants: where next?, *Functional Plant Biology*, 22(6), 875-884.
- Franco, J.A., Bañón, S., Vicente, M.J., Miralles, J., Martínez-Sánchez, J.J., 2011, Root development in horticultural plants grown under abiotic stress conditions-A review, *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 86, 543–556.
- Fricke, W., Peters, W.S., 2002, The biophysics of leaf growth in salt stressed barley. A study at the cell level, *Plant Physiology*, 129, 374-388.
- Fu, D.L., Tisserat, N.A., Xiao, Y.M., Settle, D., Muthukrishnan, S., Liang, G.H., 2005, Overexpression of rice TLPD34 enhances dollar-spot resistance in transgenic bent grass, *Plant Science*, 168, 671-680.
- Fu, H., Park, W.D., 1995, Sink-and vascular-associated sucrose synthase functions are encoded by different gene classes in potato, *The Plant Cell*, 7 (9), 1369-1385.
- Fu, J., Dernoeden, P.H., 2008, Carbohydrate metabolism in creeping bent grass as influenced by two summer irrigation practices, *Journal of American Society for Horticultural Science*, 133, 678–683.
- Fu, J., Huang, B., 2001, Involvement of antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation of two cool-season grasses to localized drought stress, *Environmental and Experimental Botany*, 45, 105-114.
- Furtana, G.B., Tıpırdamaz, R., 2010, Physiological and antioxidant response of three cultivars of cucumber (*Cucumis sativus* L.) to salinity, *Turkish Journal of Biology*, 34 (3), 287-296.
- Garcia-Brugger, A., Lamotte, O., Vandelle, E., Bourque, S., Lecourieux, D., Poinssot, B., Wendehenne, D., Pugin, A., 2006, Early signaling events induced by elicitors of plant defenses, *Molecular Plant–Microbe Interactions*, 19, 711–724.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Garrett, K.A., K.A., Dendy, S.P., Frank, E.E., Rouse, M.N., Travers, S.E., 2006, Climate change effects on plant disease: genomes to ecosystems, Annual Review of Phytopathology, 44, 489–509.
- Geigenberger, P., 2003, Regulation of sucrose to starch conversion in growing potato tubers, Journal of Experimental Botany, 54, 382, 457-465.
- Gerbens-Leenes, W., Hoekstra, A.Y., van der Meer, T.H., 2009, The water foot print of bioenergy. P. Nat. Acad. Sci. USA, 106, 10219–10223.
- Ghosh, S.C., Asanuma, K. I., Kusutani, A., Toyota, M., 2001, Effect of salt stress on some chemical components and yield of potato, Soil Science and Plant Nutrition, 47(3), 467-475.
- Ghoulam, C., Foursy, A., Fares, K., 2002, Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars, Environmental and Experimental Botany, 47 (1), 39-50.
- Gibson, G.J., Gilligan, C.A., Kleczkowski, A., 1999, Predicting variability in biological control of a plant-pathogen system using stochastic models, Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences, 266, 1743-1753.
- Giri, J., 2011, Glycinebetaine and abiotic stress tolerance in plants, Plant Signaling & Behaviour, 6, 1746–1751.
- Goel, A.K., Lundberg, D., Torres, M.A., Matthews, R., Akimoto-Tomiyama, C., Farmer, L., Dangl, J., Grant, S.R., 2008, The *Pseudomonas syringae* type III effector HopAM1 enhances virulence on water-stressed plants, Molecular Plant-Microbe Interactions, 21 (3), 361-370.
- Graether, S. P., Boddington, K.F., 2014, Disorder and function: a review of the dehydrin protein family, Frontiers in Plant Science, 5, 576, 1-12.
- Graham, I.A., Denby, K.J., Leaver, C.J. 1994, Carbon catabolite repression regulates glyoxylate cycle gene expression in cucumber, Plant Cell, 6, 761–772.
- Grieve, C.m., Grattan, S.R., Maas, E.V., 2012, Plant salt tolerance, Wallender, W.W., Tanji, K.K. (Eds.) ASCE Manual and Reports on engineering Practice No. 71 Agricultural salinity and Management, ASCE, Reston, VA, p. 405-459.
- Gu, H., Jia, Y., Wang, X., Chen, Q., Shi, S., Ma, L., Zhang, J., Zahng, H., Ma, H., 2012, Identification and characterization of a LEA family gene CarLEA4 from chickpea (*Cicer arietinum* L.), Molecular Biology Reports, 39 (4), 3565-3572.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gudmestad, N.G., Taylor, R.J., Pasche, J.S., 2007, Management of soilborne diseases of potato, *Australasian Plant Pathology*, 36, 109-115.
- Guerfel, M., Baccouri, O., Boujnah, D., Zarrouk, M., 2008, Changes in lipid composition, water relations and gas exchange in leaves of two young ‘Chemlali’ and ‘Chetoui’ olive trees in response to water stress, *Plant Soil*, 311, 121–129.
- Gupta, A. K., Kaur, N., 2005, Sugar signalling and gene expression in relation to carbohydrate metabolism under abiotic stresses in plants, *Journal of Biosciences*, 30(5), 761-776.
- Güçdemir, İ., Sönmez, B., 2008, Toprak analizi yapmanın önemi, *Tarım Türk Dergisi*, 12, 28-30.
- Hamdi, M.M., Bettaieb, T., Harbaoui, Y., Mougou, A.A., du Jardin, P., 2009, Insight into the role of catalases in salt stress in potato (*Solanum tuberosum* L.), *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 13, 373–379.
- Hannapel, D.J., 1990, Differential expression of potato tuber protein genes, *Plant Physiology*, 94(3), 919-925.
- Harishchandra, R.K., Wulff, S., Lentzen, G., Neuhaus, T., Galla, H.J., 2010, The effect of compatible solute ectoines on the structural organization of lipid monolayer and bilayer membranes, *Biophysical Chemistry*, 150 (1-3), 37-46.
- Hasegawa, P.M., Bressan, R.A., Zhu, J.K., Bohnert, H.J., 2000, Plant cellular and molecular responses to high salinity, *Annual Review of Plant Biology*, 51, 463–499.
- Hassanein, A. M., 1999, Alterations in protein and esterase patterns of peanut in response to salinity stress, *Biologia Plantarum*, 42(2), 241-248.
- Hatami, E., Shokouhian, A.A., Ghanbari, A.R., Naseri, L.A., 2018, Alleviating salt stress in almond rootstocks using of humic acid, *Scientia Horticulturae*, 237, 296-302.
- Hatsugai, N., Igarashi, D., Mase, K., Lu, Y., Tsuda, Y., Chakravarthy, S., Wei, H.-L., Foley, J.W., Collmer, A., Glazebrook, J., Katagiri, F., 2017, A plant effector-triggered immunity signaling sector is inhibited by pattern-triggered immunity, *The EMBO Journal*, 36(18), 2758-2769.
- Hattori, T., Nakagawa, S., Nakamura, K., 1990, High level expression of tuberous root storage protein genes of sweet potato in stems of plantlets grown *in vitro* on sucrose medium, *Plant Molecular Biology* 14, 595–604.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Hayes, M.A., Feechan, A., Dry, I.B., 2010, Involvement of abscisic acid in the coordinated regulation of a stress-inducible hexose transporter (VvHT5) and a cell wall invertase in grapevine in response to biotrophic fungal infection, *Plant Physiology*, 153 (1), 211-221.
- Heil, M., Bostock, R.M., 2002, Induced systemic resistance (ISR) against pathogens in the context of induced plant defences, *Annals of Botany*, 89, 503–512.
- Heuer, B., Nadler, A., Ph 1998, Physiological response of potato plants to soil salinity and water deficit, *Plant Science*, 1998, 137, 43–51.
- Hide, G.A., Frienger, J.P., 1989, Effects of soil temperature and moisture on stem canker (*Rhizoctonia solani*) disease of potatoes, *Potato Research*, 32, 75-86.
- Hide, G.A., Horrocks, J.K., 1994, Influence of stem canker (*Rhizoctonia solani* Kühn) on tuber yield, tuber size, reducing sugars and crisp colour in cv. Record, *Potato Research*, 37, 43–49.
- Hijmans, R.J., 2001, Global distribution of the potato crop, *American Journal of Potato Research*, 78, 403–412.
- Hincha, D. K., Thalhammer, A., 2012, LEA proteins: IDPs with versatile functions in cellular dehydration tolerance, *Biochemical Society Transactions*, 40, 1000–1003.
- Hmida-Sayari, A., Jaoura, S., Gargouri-Bouزيد, R., 2005, The use of molecular approaches in overcoming salinity stress in potato plants, *International Conference on Biotechnology for Salinity and Drought Tolerance in Plants*.
- Ho, S.L., Chao, Y.C., Tong, W.F., Yu, S.M., 2001, Sugar coordinately and differentially regulates growth-and stress-related gene expression via a complex signal transduction network and multiple control mechanisms, *Plant Physiology*, 125 (2), 877-890.
- Horie, T., Karahara, I., Katsuhara, M., 2012, Salinity tolerance mechanisms in glycophytes: An overview with the central focus on rice plants, *Rice*, 5 (1), 1-18.
- Hosseini-Boldaji, S.A., Babakhani, B., Hassan-Sajedi, R., 2017, The investigation of some biochemical and physiological responses of alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars from Iran to NaCl salinity stress, *Iranian Journal of Plant Physiology*, 8 (1), 2269 - 2276.
- Howell, A.B., Francois, L., Erwin, D.C., 1994, Interactive effects of salinity and *Verticillium albo-atrum* on *Verticillium* wilt disease severity and yield of two alfalfa cultivars, *Field Crop Research*, 37, 247-251.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Hu, L., Li, H., Pang, H., Fu, J., 2012, Responses of antioxidant gene, protein and enzymes to salinity stress in two genotypes of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) differing in salt tolerance, *Journal of Plant Physiology*, 169 (2), 146-156.
- Hu, L., Zhang, P., Jiang, Y., Fu, J., 2015, Metabolomic analysis revealed differential adaptation to salinity and alkalinity stress in Kentucky bluegrass (*Poa pratensis*), *Plant Molecular Biology Reporter*, 33 (1), 56-68.
- Hu, Y., Burucs, Z., Von Tucher, S., Schmidhalter, U., 2007, Short-term effects of drought and salinity on mineral nutrient distribution along growing leaves of maize seedlings, *Environmental and Experimental Botany*, 60, 268-275.
- Huber, S.C., Huber, J.L., 1996, Role and regulation of sucrose-phosphate synthase in higher plants, *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Molecular Biology*, 47, 431-444.
- Hundertmark, M., Hinch, D. K., 2008, LEA (late embryogenesis abundant) proteins and their encoding genes in *Arabidopsis thaliana*, *BMC genomics*, 9 (1), 118.
- Hurkman, W.J., Rao, H.P., Tanaka, C.K., 1991, Germin-like polypeptides increase in barley roots during salt stress, *Plant Physiology*, 97, 366-374.
- Inokuti, E. M., Reis, A., Ceresini, P. C., Câmara, M. P., Michereff, S. J., 2019, Diversity and pathogenicity of anastomosis groups of *Rhizoctonia* associated with potato stem canker and black scurf diseases in Brazil, *European Journal of Plant Pathology*, 153(4), 1333-1339.
- Iqbal, M., Ashraf, M., 2013, Gibberellic acid mediated induction of salt tolerance in wheat plants: Growth, ionic partitioning, photosynthesis, yield and hormonal homeostasis, *Environmental and Experimental Botany*, 86, 76-85.
- Jaarsma, R., de Vries, R. S. and de Boer, A. H., 2013. Effect of salt stress on growth, Na⁺ accumulation and proline metabolism in potato (*Solanum tuberosum*) cultivars, *PLOS ONE*, 8.3, e60183.
- Jacobs, M.M., Smulders, M.J., van den Berg, R.G., Vosman, B., 2011, What's in a name; genetic structure in *Solanum* section *Petota* studied using population-genetic tools, *BMC Evolutionary Biology*, 11:42
- Jain, M., Mathur, G., Koul, S., Sarin, N.B., 2001, Ameliorative effects of proline on salt stress-induced lipid peroxidation in cell lines of groundnut (*Arachis hypogea* L.), *Plant Cell Reports*, 20, 463-468.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Jamali, S.S., Borzouei, A., Aghamirzaei, M., Khosronejad, H.R., Fathi, M., 2015, Cell membrane stability and biochemical response of seven wheat cultivars under salinity stress, *Brazilian Journal of Botany*, 38 (1), 63-69.
- James, F., Brouquisse, R., Pradet, A., Raymond, P., 1993, Changes in proteolytic activities in glucose-starved maize root tips: regulation by sugars, *Plant Physiology and Biochemistry*, 31, 845–856.
- Jang, I.C., Oh, S.J., Seo, J.S., Choi, W.B., Song, S.I., Kim, C.H., Kim, Y.S., Seo, H.S., Choi, Y.D. ve Nahm, B.H., 2003, Expression of a bifunctional fusion of the *Escherichia coli* genes for trehalose-6-phosphate synthase and trehalose-6-phosphate phosphatase in transgenic riceplants increases trehalose accumulation and abiotic stress tolerance without stunting growth, *Plant Physiology*, 131, 516–524.
- Jbir-Koubaa, R., Charfeddine, S., Ellouz, W., Saidi, M.N., Drira, N., Gargouri-Bouزيد, R., Nouri-Ellouz, O., 2015, Investigation of the response to salinity and to oxidative stress of interspecific potato somatic hybrids grown in a greenhouse, *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 120 (3), 933-947.
- Jefferies, R.A., 1996, Evaluation of seedling selection for salinity tolerance in potato (*Solanum tuberosum* L.), *Euphytica*, 88, 207–213.
- Jefferson, R., Goldsbrough, A., Bevan, M., 1990, Transcriptional regulation of a patatin-1 gene in potato, *Plant Molecular Biology*, 14, 995–1006.
- Jeger, M.J., Hide, G.A., Van Den Boogert, P.H.J.F., Termorshuizen, A.J., VanBaarlen, P., 1996, Pathology and control of soil-borne fungal pathogens of potato, *Potato Research*, 39, 437-469.
- Jia, G., E. Shevliakova, P. Artaxo, N. De Noblet-Ducoudré, R. Houghton, J. House, K. Kitajima, C. Lennard, A. Popp, A. Sirin, R. Sukumar, L. Verchot, 2019, Land-climate interactions, P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley (Eds.) . *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*, p. 131-247,
- Jiang, Y., Yang, B., Harris, N.S., Deyholos, M.K., 2007, Comparative proteomic analysis of NaCl stress-responsive proteins in *Arabidopsis* roots, *Journal of Experimental Botany*, 58 (13), 3591-3607.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Jobic, C., Boisson, A.M., Gout, E., Rasclé, C., Fevre, M., Cotton, P., Bligny, R., 2007, Metabolic processes and carbon nutrient exchanges between host and pathogen sustain the disease development during sunflower infection by *Sclerotinia sclerotiorum*, *Planta* 226, 251–265.
- Kafi, M., Stewart, W.S., Borland, A.M., 2003, Carbohydrate and proline contents in leaves, roots and apices of salt-tolerant and salt-sensitive wheat cultivars, *Journal Plant Physiology*, 50, 174–182.
- Kaldenhoff, R., Ribas-Carbo, M., Sans, J. F., Lovisolo, C., Heckwolf, M., Uehlein, N., 2008, Aquaporins and plant water balance, *Plant, Cell & Environment*, 31 (5), 658–666.
- Kao, W.Y., Tsai, T.T., Tsai, H.C., Shih, C.N., 2006, Response of three glycine species to salt stress, *Environmental and Experimental Botany*, 56, 120–125.
- Karakuş, M., 2008, Farklı tuz (NaCl) stresi koşullarında prolin uygulamalarının patatesteki fizyolojik ve morfolojik özelliklere etkileri, Doktora Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 110 s. (yayımlanmamış).
- Katerji, N., Mastrorilli, M., Lahmer, F. Z., Maalouf, F., and Oweis, T. 2011. Faba bean productivity in saline–drought conditions. *European Journal of Agronomy*, 35(1): 2–12.
- Katerji, N., Van Hoorn, J.W., Hamdy, A., Mastrorilli, M., 1998, Response of tomatoes, a crop of indeterminate growth, to soil salinity, *Agricultural Water Management*, 38 (1), 59–68.
- Kaya, C., Higgs, D., Kirnak, H., 2001, Effects of supplementary phosphorus and potassium on physiological development and mineral nutrition of cucumber and pepper cultivars grown at high salinity (NaCl), *Journal of Plant Nutrition*, 24, 1457–1471.
- Kaya, C., Kirnak, H., Higgs, D., 2006, Enhancement of growth and normal growth parameters by foliar application of potassium and phosphorus in tomato cultivars grown at high (NaCl) salinity, *Journal of Plant Nutrition*, 24:2, 357–367.
- Keijer, J., 1996, The initial steps of the infection process in *Rhizoctonia solani*, B., Sneh, S., Jabaji-Hare, S.M., Neate, G. Dijst, (Eds.) *Rhizoctonia species: Taxonomy, molecular biology, ecology, pathology and disease control*, Springer, Dordrecht, p. 149–162.
- Keijer, J., Korsman, M.G., Dulleman, A.M., Houterman, P.M., De Bree, J., Van Silfhout, C.H., 1997, *In vitro* analysis of host plant specificity in *Rhizoctonia solani*, *Plant Pathology*, 46, 659–669.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kerepesi, I., Galiba, G., 2000, Osmotic and salt stress-induced alteration insoluble carbohydrate content in wheat seedlings, *Crop Science*, 40, 482–487.
- Khan, M.M., Al-Mas'oudi, R.S., Al-Said, F., Khan, I., 2013, Salinity effects on growth, electrolyte leakage, chlorophyll content and lipid peroxidation in cucumber (*Cucumis sativus* L.), In International Conference on Food and Agricultural Sciences Malaysia: IACSIT Press, p. 28-32.
- Khandaker, M.M., Khair, A., Bhuiyan, M.K.A., 2011, Disease reaction of potato germplasms and true potato seeds against *Rhizoctonia solani* Kuhn, *Bangladesh Journal of Botany*, 40 (2), 193-196.
- Khayyat, M., Tehranifar, A., Davarynejad, G.H., Sayyari-Zahan, M.H., 2014, Vegetative growth, compatible solute accumulation, ion partitioning and chlorophyll fluorescence of 'Malas-e-Saveh' and 'Shishe-Kab' pomegranates in response to salinity stress, *Photosynthetica*, 52 (2), 301-312.
- Khelil, A., Menu, T., Ricard, B., 2007, Adaptive response to salt involving carbohydrate metabolism in leaves of a salt-sensitive tomato cultivar, *Plant Physiology and Biochemistry*, 45(8), 551-559.
- Khrais, T., Leclerc, Y., Donnelly, D.J., 1998, Relative salinity tolerance of potato cultivars assessed by *in vitro* screening, *American Journal of Potato Research*, 75(5), 207-210.
- Kikuchi, A., Huynh, H. D., Endo, T., Watanabe, K., 2015, Review of recent transgenic studies on abiotic stress tolerance and future molecular breeding in potato, *Breeding Science*, 65 (1), 85-102.
- Kim, E.C., Lee, H.S., Choi, D.W., 2012, Sequence variability and expression pattern of the dehydrin gene family in *Populus alba* × *P. tremula* var. *Glandulosa*, *Plant Omics Journal*, 2, 122-127.
- Kim, S.R., Costa, M.A., An, G., 1991, Sugar response element enhances wound response of potato proteinase inhibitor II in transgenic tobacco, *Plant Molecular Biology*, 17, 973–983.
- Koag, M.C., Wilkens, S., Fenton, R.D., Resnik, J., Vo, E., Close, T.J., 2009, The K-segment of maize DHN1 mediates binding to anionic phospholipid vesicles and concomitant structural changes, *Plant Physiology*, 150, 1503–1514.
- Kocal, N., Sonnewald, U., Sonnewald, S., 2008, Cell wall-bound invertase limits sucrose export and is involved in symptom development and inhibition of photosynthesis during compatible interaction between tomato and *Xanthomonas campestris* pv *vesicatoria*, *Plant Physiology*, 148 (3), 1523-1536.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Koch, K., 2004, Sucrose metabolism: regulatory mechanisms and pivotal roles in sugar sensing and plant development, *Current Opinion in Plant Biology*, 7:235–246.
- Koch, K.E., 1996, Carbohydrate-modulated gene expression in plants, *Annual Review of Plant Biology*, 47 (1), 509-540.
- Konishi, T., Ohmiy, Y., Hayashi, T., 2004, Evidence that sucrose loaded into the phloem of a poplar leaf is used directly by sucrose synthase associated with various β -glucan synthases in the stem, *Plant Physiology*, 134 (3): 1146-1152.
- Kosová, K., Prášil, I. T., Vítámvás, P., 2010, 10 Role of Dehydrins in Plant Stress Response., M., Pessaraki (Ed.) *Handbook of Plant and Crop Stress*, CRC Press, Taylor and Francis: Boca Raton, FL, USA, p. 239–285.
- Krasensky, J., and Jonak, C., 2012, Drought, salt, and temperature stress-induced metabolic rearrangements and regulatory networks, *Journal of Experimental Botany*, Vol. 63, No. 4, 1593–1608.
- Kroeger, J. H., Zerzour, R., Geitmann, A., 2011, Regulator or driving force? The role of turgor pressure in oscillatory plant cell growth, *PLOS ONE*, 6(4).
- Kumar, M., Singh, J.K., Kumar, S., Kumar, A., 2017, A comprehensive overview on black scurf of potato. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6 (10), 4981-4994.
- Kuninaga, S., Carling, D.E., Takeuchi, T., Yokosawa, R., 2000, Comparison of rDNA-ITS sequences between potato and tobacco strains in *Rhizoctonia solani* AG-3, *Journal of General Plant Pathology*, 66, 2-11.
- Labhili, M., Joudrier, P., Gautier, M.F., 1995, Characterization of cDNAs encoding *Triticum durum* dehydrins and their expression patterns in cultivars that differ in drought tolerance, *Plant Science*, 112 (2), 219-230.
- Lapin, D., Van den Ackerveken, G., 2013, Susceptibility to plant disease: more than a failure of host immunity, *Trends in Plant Science*, 18 (10), 546-554.
- Lee, J. H., Hong, J. P., Oh, S. K., Lee, S., Choi, D., Kim, W., 2004, The ethylene-responsive factor like protein 1 (CaERFLP1) of hot pepper (*Capsicum annuum* L.) interacts *in vitro* with both GCC and DRE/CRT sequences with different binding affinities: possible biological roles of CaERFLP1 in response to pathogen infection and high salinity conditions in transgenic tobacco plants, *Plant Molecular Biology*, 55(1), 61-81.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Legay, S., Lamoureux, D., Hausman, J.F., Hoffmann, L., Evers, D., 2009, Monitoring gene expression of potato under salinity using cDNA microarrays, *Plant Cell Reports*, 28 (12), 1799-1816.
- Lehtonen, M.J., Somervuo, P., Valkonen, J.P.T., 2008, Infection with *Rhizoctonia solani* induces defense genes and systemic resistance in potato sprouts grown without light, *Phytopathology*, 98, 1190–1198.
- Levitt, J., 1980, Response of plants to environmental stresses, Vol 1.: Chilling, Freezing and High temperature Stresses, Academic Press, New York.
- Levy, D., 1992, The response of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) to salinity: Plant growth and tuber yields in the arid desert of Israel, *Annals of Applied Biology*, 120, 547-555.
- Levy, D., Tai, G. C. C., 2013, Differential response of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) to salinity in an arid environment and field performance of the seed tubers grown with fresh water in the following season, *Agricultural Water Management*, 116, 122-127.
- Levy, D., Veilleux, R. E., 2007, Adaptation of potato to high temperatures and salinity-a review, *American Journal of Potato Research*, 84(6), 487-506.
- Liang, W., Ma, X., Wan, P., Liu, L., 2018, Plant salt-tolerance mechanism: a review, *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 495(1): 286-291.
- Lichtenthaler, H. K., 1996, Vegetation stress: an introduction to the stress concept in plants, *Journal of Plant Physiology*, 148(1-2), 4-14.
- Liedl, B.E., Kosier, T., Desborough, S.L., 1987, HPLC isolation and nutritional value of a major tuber protein, *American Potato Journal*, 64, 545–557.
- Lim, C.C., Krebs, S.L., Arora, R., 1999, A 25-kDa dehydrin associated with genotype- and age-dependent leaf freezing-tolerance in *Rhododendron*: a genetic marker for cold hardiness? *Theoretical and Applied Genetics*, 99 (5), 912-920.
- Liu, Y., Song, Q., Li, D., Yang, X., Li, D., 2017a, Multifunctional roles of plant dehydrins in response to environmental stresses, *Frontiers in Plant Science*, 8, 1018.
- Liu, G., Gu, Z., Hong, Y., Cheng, L., Li, C., 2017b, Structure, functionality and applications of debranched starch: A review, *Trends in Food Science & Technology*, 63, 70-79.
- Livak, K. J., Schmittgen, T. D., 2001, Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the $2^{-\Delta\Delta CT}$ method, *Methods*, 25(4), 402-408.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Lopez, F., Vansuyt, G., Fourcroy, P., Casse-Delbart, F., 1994, Accumulation of a 22-kDa protein and its mRNA in the leaves of *Raphanus sativus* in response to salt stress or water deficit, *Physiologia Plantarum*, 91(4), 605-614.
- Lu, S., Li, T., Jiang, J., 2010, Effects of salinity on sucrose metabolism during tomato fruit development, *African Journal of Biotechnology*, 9 (6), 842-849.
- Luck, J., Spackman, M., Freeman, A., Trebicki, P., Griffiths, W., Finlay, K., Chakraborty, S., 2011, Climate change and diseases of food crops. *Plant Pathology*, 60(1), 113-121.
- Machado, R.M.A., Serralheiro, R.P., 2017, Soil salinity: effect on vegetable crop growth. Management practices to prevent and mitigate soil salinization, *Horticulturae*, 3(2), 30.
- MacNish, G.C., Neate, S.M., 1996, *Rhizoctonia* bare patch of cereals: an Australian perspective, *Plant Disease*, 80, 965-971.
- MacRae, E., 2017, *Methods in molecular biology*, vol. 353: Protocols for nucleic acid analysis by non radioactive probes, E., Hilario, J., Mackay (Eds), Humana Press Inc., Totowa, NJ.
- Mahajan, S., Tuteja, N., 2005, Cold, salinity and drought stresses: an overview, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 444 (2), 139-158.
- Maia, J.M., Voigt, E.L., Macedo, C.E.C., Ferreira-Silva, S.L., Silveria, J.A.G., 2010, Salt induced changes in anti-oxidative enzyme activities in root tissues do not account for the differential salt tolerance of two cowpea cultivars, *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 22 (2), 113-122
- Mansour, M.M.F., 2000, Nitrogen containing compounds and adaptation of plants to salinity stress, *Biologia Plantarum*, 43, 491-500.
- Mansour, M.M.F., Salama, K.H.A., 2004, Cellular basis of salinity tolerance in plants, *Environmental and Experimental Botany*, 52, 113-122.
- Mares, D.J., Sowokinos, J.R., Hawker, J.S., Li, P.H., 1985, Carbohydrate metabolism in developing potato tubers, Li, P.H. (Ed) *Potato Physiology*, Academic Press, New York, p. 280-330.
- Maršálová, L., Vítámvás, P., Hynek, R., Prášil, I.T., Kosová, K., 2016, Proteomic response of *Hordeum vulgare* cv. Tadmor and *Hordeum marinum* to salinity stress: similarities and differences between a glycophyte and a halophyte, *Frontiers in Plant Science*, 7, 1154.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Marschner, H., 1995, Mineral Nutrition of Higher Plants Academic Press London, 889 p.
- Martin, F.N., Hancock, J.G., 1981, Relationship between soil salinity and population density of *Pythium ultimum* in the San Joaquin Valley of California, *Phytopathology*, 71, 893.
- Mehta, A., Brasileiro, A.C., Souza, D.S., Romano, E., Campos, M.A., Grossi-de-Sá, M.F., Silva, M.S., Franco, O.L., Fragoso, R.R., Bevitori, R., Rocha, T.L., 2008, Plant-pathogen interactions: What is proteomics telling us? *The FEBS journal*, 275 (15), 3731-3746.
- Miller, G.L., 1959, Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar, *Analytical Chemistry*, 31 (3), 426-428.
- Misawa, T., Kuninaga, S., 2010, The first report of tomato foot rot caused by *Rhizoctonia solani* AG-3 PT and AG-2-Nt and its host range and molecular characterization, *Journal of General Plant Pathology*, 76, 310–319.
- Misic, D., Dragicevic, M., Siler, B., Živkovic, J. N., Maksimovic, V., Momcilovic, I., Nikolic, M., 2012, Sugars and acid invertase mediate the physiological response of *Schenkia spicata* root cultures to salt stress, *Journal of Plant Physiology*, 169(13), 1281-1289.
- Mittler, R., Blumwald, E., 2010, Genetic engineering for modern agriculture: challenges and perspectives, *Annual Review of Plant Biology*, 61, 443–462.
- Mittova, V., Guy, M., Tal, M., Volokita, M., 2004, Salinity up-regulates the antioxidative system in root mitochondria and peroxisomes of the wild salt-tolerant tomato species *Lycopersicon pennellii*, *Journal of Experimental Botany*, 399, 1105–1113.
- Mohsan, M., Niaz, M.Z., Bashir, M.R., 2016, Reactions of 18 potato cultivars against black scurf disease caused by *Rhizoctonia solani* Kühn, *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, 3 (8), 197-199.
- Mota, A.P.Z., Oliveira, T.N., Vinson, C.C., Williams, T.C.R., Costa, M.M.D.C., Araujo, A.C. G., Danchin, E.G.J., Grossi-de-Sa, M.F., Guimaraes, P.M., Brasileiro, A.C.M., 2019, Contrasting effects of wild *Arachis* dehydrin under abiotic and biotic stresses, *Frontiers in Plant Science*, 10, 497.
- Moussa, H.R., Abdel-Aziz, S.M., 2008, Comparative response of drought tolerant and drought sensitive maize genotypes to water stress, *Australian Journal of Crop Science*, 1, 31-36.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Muhinyuza, J. B., Shimelis, H., Melis, R., Sibiya, J., Gahakwa, D., Nzaramba, M.N., 2015, Yield response and late blight reaction of potato genotypes in Rwanda, *American Journal of Potato Research*, 92 (1), 10-22.
- Munira, S., Hossain, M. M., Zakaria, M., Ahmed, J. U., Islam, M. M., 2015, Evaluation of potato varieties against salinity stress in Bangladesh, *International Journal of Plant & Soil Science*, 6(2), 73-81.
- Munns, R., 1993, Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypothesis, *Plant, Cell and Environment*, 16:15-24
- Munns, R., 2002, Comparative physiology of salt and water stress, *Plant, Cell and Environment*, 25, 239–250.
- Munns, R., Day, D. A., Fricke, W., Watt, M., Arsova, B., Barkla, B. J., Bose, J., Byrt, C. S., Chen, Z-H, Foster, K.J., Gilliam, M., Henderson, S. W., Jenkins, C. L. D., Kronzucker, H. J., Miklavcic, S. J., Plett, D., Roy, S. J., Shabala, S., Shelden, M. C., Soole, K. L., Taylor, N. L., Tester, M., Wege, S., Wegner, L. H., Tyerman, S.D., 2020, Energy costs of salt tolerance in crop plants, *New Phytologist*, 225(3), 1072-1090.
- Munns, R., James, R. A., Gilliam, M., Flowers, T. J., Colmer, T. D., 2016, Tissue tolerance: an essential but elusive trait for salt-tolerant crops, *Functional Plant Biology*, 43(12), 1103-1113.
- Munns, R., Tester, M., 2008, Mechanisms of salinity tolerance, *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651-681.
- Muñoz, F. J., Baroja-Fernandez, E., Ovecka, M., Li, J., Mitsui, T., Sesma, M. T., Montero, M., Bahaji, A., Ezquer, I., Pozueta-Romero, J., 2008, Plastidial localization of a potato 'Nudix'hydrolase of ADP-glucose linked to starch biosynthesis, *Plant and Cell Physiology*, 49(11), 1734-1746.
- Muñoz, F.J., Teresa Morán Zorzano, M., Alonso-Casajús, N., Baroja-Fernández, E., Etxeberria, E., Pozueta-Romero, J., 2006, New enzymes, new pathways and an alternative view on starch biosynthesis in both photosynthetic and heterotrophic tissues of plants, *Biocatalysis and Biotransformation*, 24(1-2), 63-76.
- Murakeözy, É.P., Nagy, Z., Duhazé, C., Bouchereau, A., Tuba, Z., 2003, Seasonal changes in the levels of compatible osmolytes in three halophytic species of inland saline vegetation in Hungary, *Journal of Plant Physiology*, 160 (4), 395-401.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Muscolo, A., Panuccio, M.R., Sidari, M., 2003, Effects of salinity on growth, carbohydrate metabolism and nutritive properties of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum* Hochst), *Plant Science*, 164, 1103–1110.
- Mustard, J., Renault, S., 2004, Effects of NaCl on water relations and cell wall elasticity and composition of red-osier dogwood (*Cornus stolonifera*) seedlings, *Physiologia Plantarum*, 121(2), 265-271.
- Muthukumarasamy, M., Gupta, S.D., Pannerselvam, R., 2000, Enhancement of peroxidase, polyphenol oxidase and superoxidisedismutase activities by triadimefon in NaCl stressed *Raphanus sativus* L., *Biologia Plantarum*, 43, 317–320.
- Müller-Röber, B.T., Kossmann, J., Hannah, L.C., Willmitzer, L., Sonnewald, U., 1990, One of two different ADP-glucose pyrophosphorylase genes from potato responds strongly to elevated levels of sucrose, *Molecular and General Genetics*, 224, 136–146.
- Müller-Röber, B., Sonnewald, U., Willmitzer, L., 1992, Inhibition of the ADP-glucose pyrophosphorylase in transgenic potatoes leads to sugar-storing tubers and influences tuber formation and expression of tuber storage protein genes, *The EMBO journal*, 11(4), 1229-1238.
- Nachmias, A., Kaufman, Z., Livescu, L., Tsrör, L., Meiri, A., Caligari, P.D.S., 1993, Effects of salinity and its interactions with disease incidence on potatoes grown in hot climates, *Phytoparasitica*, 21 (3), 245.
- Nakashima, K., Yamaguchi-Shinozaki, K., 2006, Regulons involved in osmotic stress-responsive and cold stress-responsive gene expression in plants, *Physiologia Plantarum* 126, 62–71.
- Naz, F., Rauf, C. A., Abbasi, N. A., Haque, I., Ahmad, I., 2008, Influence of inoculum levels of *Rhizoctonia solani* and susceptibility on new potato germplasm, *Pakistan Journal of Botany*, 40 (5), 2199-2209.
- Negrão, S., Schmöckel, S. M., Tester, M., 2017, Evaluating physiological responses of plants to salinity stress, *Annals of Botany*, 119(1), 1-11.
- Newton, A. C., Johnson, S. N., and Gregory, P. J., 2011, Implications of climate change for diseases, crop yields and food security, *Euphytica*, 179(1): 3-18.
- Nicol, J. M., Turner, S. J., Coyne, D. L., Nijs, L. D., Hockland, S., Maafi, Z. T., 2011, Current Nematode Threats to World Agriculture, Jones, J., Gheysen, G., Fenoll, C. (Eds), *Genomics and Molecular Genetics of Plant-Nematode Interactions*, Heidelberg, Germany, p. 21–43.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Nxele, X., Klein, A., Ndimba, B.K., 2017, Drought and salinity stress alters ROS accumulation, water retention, and osmolyte content in sorghum plants, South African Journal of Botany, 108: 261-266.
- Nylander, M., Svensson, J., Palva, E.T., Welin, B.V., 2001, Stress-induced accumulation and tissue-specific localization of dehydrins in *Arabidopsis thaliana*, Plant Molecular Biology, 45 (3), 263-279.
- Oerke, E.C., 2006, Crop losses to pests, Journal of Agricultural Science, 144, 31–43.
- Ogoshi, A., 1996, Introduction- The genus *Rhizoctonia*, B., Sneh, S., Jabaji-Hare, S.M., Neate, G. Dijkstra (Eds.) *Rhizoctonia* species: Taxonomy, molecular biology, ecology, pathology and disease control, Springer, Dordrecht, p. 1-9.
- Okubo, M., Sakuratani, T., 2000, Effects of sodium chloride on survival and stem elongation of two asian pear rootstock seedlings, Scientia Horticulturae, 85, 85-90.
- Olanya, O.M., Lambert, D.H., Reeves, A.F., & Porter, G.A., 2009, Evaluation of potato clones for resistance to stem canker and tuber black scurf in field studies following artificial inoculation with *Rhizoctonia solani* AG-3 in Maine, Archives of Phytopathology and Plant Protection, 42(5), 409-418.
- Oliver, R.P., Ipcho, S.V.S., 2004, *Arabidopsis* pathology breathes new life into the necrotrophs-vs.-biotrophs classification of fungal pathogens, Molecular Plant Pathology, 5, 347–352.
- Ortiz, R., Watanabe, K., Pandalai, S., 2004, Genetic contribution to breeding polyploid crops. Recent Research Developments in Genetics & Breeding, 1, 269-286.
- Otten, W., Bailey, D.J., Gilligan, C.A., 2004, Empirical evidence of spatial thresholds to control invasion of fungal parasites and saprotrophs, New Phytologist, 163, 125-132.
- Ottow, E. A., Brinker, M., Teichmann, T., Fritz, E., Kaiser, W., Brosché, M., Kangasjärvi, J., Jiang, X., Polle, A., 2005, *Populus euphratica* displays apoplastic sodium accumulation, osmotic adjustment by decreases in calcium and soluble carbohydrates, and develops leaf succulence under salt stress, Plant Physiology, 139(4), 1762-1772.
- Öcal, M., 2009, Farklı bölgelerden alınan patates tohumluklarının turfanda üretim koşullarındaki büyüme ve verim özelliklerinin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 54 s. (yayımlanmamış).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Parida, A., Das, A. B., Das, P., 2002, NaCl stress causes changes in photosynthetic pigments, proteins, and other metabolic components in the leaves of a true mangrove, *Bruguiera parviflora*, in hydroponic cultures, *Journal of Plant Biology*, 45 (1), 28-36.
- Parida, A.K., Das, A.B., Mittra, B., Mohanty, P., 2004, Salt-stress induced alterations in protein profile and protease activity in the mangrove, *Bruguiera parviflora*, *Zeitschrift für Naturforschung C*, 59 (5-6), 408-414.
- Parida, A.K., Das, A.B., 2005, Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60, 324-49.
- Parker, R., Flowers, T.J., Moorem, A.L., Harpham, N.V.J., 2006, An accurate and reproducible method for proteome profiling of the effects of salt stress, in the rice leaf lamina, *Journal of Experimental Botany*, 57, 1109-18.
- Pascual, C.B., Hyakumachi, M., 2000, Distribution of vegetatively compatible populations of *Rhizoctonia solani* AG 1-IA in a field planted with different host species, *Journal of General Plant Pathology*, 66, 206-209.
- Passaia, G., Fonini, L.S., Caverzan, A., Jardim-Messeder, D., Christoff, A. P., Gaeta, M. L., de Araujo Mariath, J.E., Margis, R., Margis-Pinheiro, M., 2013, The mitochondrial glutathione peroxidase GPX3 is essential for H₂O₂ homeostasis and root and shoot development in rice, *Plant Science*, 208, 93-101.
- Passioura, J.B., 2010, Scaling up: The essence of effective agricultural research, *Functional Plant Biology*, 37, 585-591.
- Patel, R.M., Prasher, S.O., Donnelly, D., Bonnell, R.B., 2001, Effect of initial soil salinity and sub-irrigation water salinity on potato tuber yield and size, *Agricultural Water Management*, 46, 231-239.
- Pavan, S., Jacobsen, E., Visser, R. G., Bai, Y., 2010, Loss of susceptibility as a novel breeding strategy for durable and broad-spectrum resistance, *Molecular Breeding*, 25 (1), 1-12.
- Plaisted, R.L., Bonierbale, M.W., Yencho, G.C., Pineda, O., Tingey, W.M., Van Den Berg, J., Brodie, B.B., 1994, Potato improvement by traditional breeding and opportunities for new Technologies, Belknap, W.R., Vayda, M.E., Park, W.D. (Eds.) *The molecular and cellular biology of the potato*, Wallingford, UK, p. 1-20.
- Popova, L.P., Stoinova, Z.G., Maslenkova, L.T., 1995, Involvement of abscisic acid in photosynthetic process in *Hordeum vulgare* L. during salinity stress, *Plant Growth Regulation*, 14, 211-218.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Porter, J. R., Semenov, M. A., 2005, Crop responses to climatic variation, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360 (1463), 2021-2035.
- Potato Genome Sequencing Consortium, 2011, Genome sequence and analysis of the tuber crop potato, *Nature*, 475 (7355), 189.
- Pushpa, D., Yogendra, K.N., Gunnaiah, R., Kushalappa, A.C., Murphy, A., 2014, Identification of late blight resistance-related metabolites and genes in potato through nontargeted metabolomics, *Plant Molecular Biology Reporter*, 32, 584-595.
- Quartacci, M.F., Glišić, O., Stevanović, B., Navari-Izzo, F., 2002, Plasma membrane lipids in the resurrection plant *Ramonda serbica* following dehydration and rehydration, *Journal of Experimental Botany*, 53 (378), 2159-2166.
- Queirós, F., Rodrigues, J. A., Almeida, J. M., Almeida, D. P., Fidalgo, F., 2011, Differential responses of the antioxidant defence system and ultrastructure in a salt-adapted potato cell line, *Plant Physiology and Biochemistry*, 49(12), 1410-1419.
- Rahnama, H., Ebrahimzadeh, H., 2004, The effect of NaCl on proline accumulation in potato seedlings and calli, *Acta Physiologia Plantarum*, 26, 263–70.
- Rajinder, S.D., Dhindsa, R.S., Plumb-Dhindsa, P., Thorpe, T.A., 1981, Leaf senescence: correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase, *Journal of Experimental Botany*, 32(1), 93-101.
- Ramagopal, S., 1987, Salinity stress induced tissue-specific proteins in barley seedlings, *Plant Physiology*, 84(2), 324-331.
- Rampitsch, C., Bykova, N.V., McCallum, B., Beimcik, E., Ens, W., 2006, Analysis of the wheat and *Puccinia triticina* (leaf rust) proteomes during a susceptible hostpathogen interaction, *Proteomics*, 6, 1897–1907.
- Rao, N. S., Laxman, R. H., Shivashankara, K. S., 2016, Physiological and morphological responses of horticultural crops to abiotic stresses. *Abiotic stress physiology of horticultural crops*, Springer, New Delhi, p. 3-17.
- Rasmussen, S.L., Stanghellini, M.E., 1988, Effect of salinity stress on development of *Pythium* blight in *Agrostis palustris*, *Phytopatholog*, 78, 1495-1497.
- Rauf, C.A., Ashraf, M., Ahmad, I., 2007, Management of black scurf disease of potato, *Pakistan Journal of Botany*, 39(4), 1353-1357.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Receveur-Bréchet, V., Bourhis, J.M., Uversky, V.N., Canard, B., Longhi, S., 2005, Assessing protein disorder and induced folding, *Proteins: Structure, Function, and Bioinformatics*, 62 (1), 24-45.
- Rengasamy, P., 2016, Soil salinization. *Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science*.
- Rep, M., Dekker, H.L., Vossen, J.H., de Boer, A.D., Houterman, P.M., Speijer, D., Back, J.W., de Koster, C.G., Cornelissen, B.J., 2002, Mass spectrometric identification of isoforms of PR proteins in xylem sap of fungus-infected tomato, *Plant Physiology*, 130, 904–917.
- Riboldi, L. B., Oliveira, R. F., Angelocci, L. R., 2016, Leaf turgor pressure in maize plants under water stress, *Australian Journal of Crop Science*, 10(6), 878.
- Roitsch, T., Bittner, M., Godt, D.E., 1995, Induction of apoplastic invertase of *Chenopodium rubrum* by D-glucose and a glucose analog and tissue-specific expression suggest a role in sink-source regulation, *Plant Physiology*, 108, 285–294.
- Roitsch, T., Gonzalez, M.C., 2004, Function and regulation of plant invertases: sweet sensations, *Trends in Plant Science*, 9, 606–613.
- Romero-Aranda, R., Soria, T., Cuartero, J., 2001, Tomato plant-water uptake and plantwater relationships under saline growth conditions, *Plant Science*, 160, 2, 265-272.
- Rorat, T., 2006, Plant dehydrins tissue location, structure and function, *Cellular & Molecular Biology Letters*, 11, 536–556.
- Rosales, R., Romero, I., Escribano, M.I., Merodio, C., Sanchez-Ballesta, M.T., 2014, The crucial role of 8- and K-segments in the *in vitro* functionality of *Vitis vinifera* dehydrin DHN1a, *Phytochemistry*, 108, 17–25.
- Ruan, Y.L., Llewellyn, D.J., Furbank, R.T., 2003, Suppression of sucrose synthase gene expression represses cotton fiber cell initiation, elongation and seed development, *Plant Cell*, 15, 952-964.
- Ruppel, E.G., Schneider, C.L., Hecker, R.J., Hogaboam, G.J., 1979, Creating epiphytotics of *Rhizoctonia* root rot and evaluating for *Rhizoctonia solani* in sugarbeet field plots, *Plant Disease Reports*, 63, 518-522.
- Sabra, A., Daayf, F., Renault, S., 2012, Differential physiological and biochemical responses of three *Echinacea* species to salinity stress, *Scientia Horticulturae*, 135, 23-31.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Sadras, V.O., Denison, R.F., 2009, Do plant parts compete for resources? An evolutionary viewpoint, *New Phytologist*, 183(3), 565-574.
- Saleh, J., Maftoun, M., Safarzadeh, S., and Gholami, A., 2009, Growth, mineral composition, and biochemical changes of broad bean as affected by sodium chloride and zinc levels and sources, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 40(19-20): 3046-3060.
- Salekdeh, G. H., Siopongco, J., Wade, L. J., Ghareyazie, B., Bennett, J., 2002, A proteomic approach to analyzing drought-and salt-responsiveness in rice, *Field Crops Research*, 76(2-3), 199-219.
- Sánchez, B. E., Camacho, E. M., Rodriguez, L. A., Ortega, E. M., 2012, Characterization of soils affected by salts in irrigation district 110 “Río Verde”, Oaxaca, Mexico, *AJAR.*, 7(6), 943-957.
- Sanogo, S., 2004, Response of chile pepper to *Phytophthora capsici* in relation to soil salinity, *Plant Disease*, 88, 205-209.
- Sauer, N., 2007, Molecular physiology of higher plant sucrose transporters, *FEBS Letters*, 581, 2309–2317.
- Schafleitner, R., Gutierrez, R., Espino, R., Gaudin, A., Pérez, J., Martínez, M., Domínguez, A., Tincopa, L., Alvarado, C., Numberto, G., Bonierbale, M., 2007, Field screening for variation of drought tolerance in *Solanum tuberosum* L. by agronomical, physiological and genetic analysis. *Potato Research*, 50(1), 71-85.
- Scharte, J., Schön, H., Weis, E., 2005, Photosynthesis and carbohydrate metabolism in tobacco leaves during an incompatible interaction with *Phytophthora nicotianae*, *Plant, Cell and Environment*, 28, 1421–1435.
- Scholte, K., 1989, Effects of soil-borne *Rhizoctonia solani* Kühn on yield and quality of ten potato cultivars, *Potato Research*, 32, 367-376.
- Shahbaz, M., Ashraf, M., Al-Qurainy, F., Harris, P.J., 2012, Salt tolerance in selected vegetable crops, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 31(4), 303-320.
- Shehata, M.A., Davis, D.W., Anderson, N.A., 1984, Resistance to *Rhizoctonia* stem rot in peas as influenced by temperature, watering method, and period of disease development, *Plant Disease*, 68, 22-24.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Sheikh-Mohamadi, M.H., Etemadi, N., Nikbakht, A., Arab, M., Majidi, M.M., Pessarakli, M., 2017, Antioxidant defence system and physiological responses of Iranian crested wheatgrass (*Agropyron cristatum* L.) to drought and salinity stress, *Acta Physiologiae Plantarum*, 39 (11), 245.
- Shen, S., Jing, Y., Kuang, T., 2003, Proteomics approach to identify wound-response related proteins from rice leaf sheath, *Proteomics*, 3 (4), 527-535.
- Shrivastava, P., Kumar, R., 2015, Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteriaas one of the tools for its alleviation, *Saudi Journal of Biological Sciences*, 22, 123–131.
- Siemens, J., González, M.C., Wolf, S., Hofmann, C., Greiner, S., Du, Y., Rausch, T., Roitsch, T, Ludwig-Müller, J., 2011, Extracellular invertase is involved in the regulation of clubroot disease in *Arabidopsis thaliana*, *Molecular Plant Pathology*, 12 (3), 247-262.
- Siemens, J., Keller, I., Sarx, J., Kunz, S., Schuller, A., Nagel, W., Schmülling, T., Parniske, M., Ludwig-Müller, J., 2006, Transcriptome analysis of *Arabidopsis* clubroots indicate a key role for cytokinins in disease development, *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 19 (5), 480-494.
- Silva, J. A. B., Otoni, W. C., Martinez, C. A., Dias, L. M., Silva, M. A. P., 2001, Microtuberization of Andean potato species (*Solanum* spp.) as affected by salinity, *Scientia Horticulturae*, 89(2), 91-101.
- Silva, J.M., Arrabaça, M.C., 2004, Contributions of soluble carbohydrates to the osmotic adjustment in the C4 grass *Setarias phacelata*: a comparison between rapidly and slowly imposed water stress, *Journal of Plant Physiology*, 161, 551–555.
- Singh, G., Kaur, P., Sharma, R., 1985, Effect of CCC and kinetin on certain biochemical parameters in wheat under different salinity levels, *Plant Physiology & Biochemistry*, 12, 104–111.
- Singh, J., Singh, V., Sharma, P.C., 2018a, Elucidating the role of osmotic, ionic and major salt responsive transcript components towards salinity tolerance in contrasting chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes, *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 24(3), 441-453.
- Singh, N.K., Bracker, C.A., Hasegawa, P.M., Handa, A.K., Buckel, S., Hermodson, M.A., Pfankoch, E., Regnier, F. E., Bressan, R.A., 1987, Characterization of osmotin: a thaumatin-like protein associated with osmotic adaptation in plant cells, *Plant Physiology*, 85 (2), 529-536.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Singh, V., Singh, A. P., Bhadoria, J., Giri, J., Singh, J., Vineeth, T. V., Sharma, P. C., 2018b, Differential expression of salt-responsive genes to salinity stress in salt-tolerant and salt-sensitive rice (*Oryza sativa* L.) at seedling stage, *Protoplasma*, 255(6), 1667-1681.
- Sinha, R., Chattopadhyay, S., 2011, Changes in the leaf proteome profile of *Mentha arvensis* in response to *Alternaria alternata* infection, *Journal of Proteomics*, 74, 327- 336.
- Smith, A.M., Zeeman, S.C., Smith, S.M., 2004, The breakdown of starch in leaves, *New Phytologist*, 163, 247-261.
- Snapp, S. S., Shennan, C., 1994, Salinity effects on root growth and senescence in tomato and the consequences for severity of phytophthora root rot infection, *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(3), 458-463.
- Sneh, B., Burpee, L., Ogoshi, A., 1991, Identification of *Rhizoctonia Species*, St Paul, MN, APS Press.
- Sobhanian, H., Aghaei, K., Komatsu, S., 2011, Changes in the plant proteome resulting from salt stress: toward the creation of salt-tolerant crops, *Journal of Proteomics*, 74 (8), 1323-1337.
- Sofy, M.R., Sharaf, A.E.M., Osman, M.S., Sofy, A.R., 2017, Physiological changes, antioxidant activity, lipid peroxidation and yield characters of salt stressed barely plant in response to treatment with *Sargassum* extract, *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, 4, 90-109.
- Sonnewald, S., Priller, J.P., Schuster, J., Glickmann, E., Hajirezaei, M.R., Siebig, S., Mudgett, M.B., Sonnewald, U., 2012, Regulation of cell wall-bound invertase in pepper leaves by *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* type three effectors, *PLOS ONE*, 7(12).
- Soundararajan P., Manivannan A., Jeong B.R., 2019, Different Antioxidant Defense Systems in Halophytes and Glycophytes to Overcome Salinity Stress, B., Gul, B., Böer, M., M., Khan Clüsener-Godt, A., Hameed (Eds) *Sabkha Ecosystems. Tasks for Vegetation Science*, vol 49. Springer, Cham
- Sparks, A.H., Forbes, G.A., Hijmans, R.J., Garrett, K.A., 2014, Climate change may have limited effect on global risk of potato late blight, *Global Change Biology*, 20, 3621-3631.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Stevens, J., Senaratna, T., Sivasithamparam, K., 2006, Salicylic acid induces salinity tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Roma): associated changes in gas exchange, water relations and membrane stabilisation, *Plant Growth Regulation*, 49 (1), 77-83.
- Sturm, A., Tang, G.Q., 1999, The sucrose-cleaving enzymes of plants are crucial for development, growth and carbon partitioning, *Trends in Plant Science*, 4, 401-407.
- Suh, S.G., Peterson, J.E., Stiekema, W. J., Hannapel, D.J., 1990, Purification and characterization of the 22-kilodalton potato tuber proteins, *Plant Physiology*, 94(1), 40-45.
- Sumner, D.R., 1996, Sclerotia formation by *Rhizoctonia* species and their survival. B., Sneh, S., Jabaji-Hare, S., Neate, G. Dijkstra (Eds.), *Rhizoctonia* Species: Taxonomy, Molecular Biology, Ecology, Pathology and Disease Control. Kluwer Academic Publications, Dordrecht, NL, p. 207-215.
- Suzuki, N., Rivero, R. M., Shulaev, V., Blumwald, E., Mittler, R., 2014, Abiotic and biotic stress combinations, *New Phytologist*, 203(1), 32-43.
- Swarbrick, P.J., Schulze-Lefert, P., Scholes, J.D., 2006, Metabolic consequences of susceptibility and resistance (race-specific and broad-spectrum) in barley leaves challenged with powdery mildew, *Plant, Cell & Environment*, 29 (6), 1061-1076.
- Tabaei-Aghdai, S., Harrison, P., Pearee, R.S., 2000, Expression of dehydration-stress related genes in crown of wheat, grass species having contrasting acclimation to salt, cold and drought, *Plant, Cell & Environment*, 23, 561-571.
- Taïbi, K., Taïbi, F., Abderrahim, L A., Ennajah, A., Belkhodja, M., Mulet, J. M., 2016, Effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant defence systems in *Phaseolus vulgaris* L., *South African Journal of Botany*, 105, 306-312.
- Taiz, L., Zeiger, E., 2006, *Plant Physiology*, Sinauer Associates, Inc., Publishers Sunderland, Massachusetts, p. 792.
- Takumi, K., Udaka, J., Kimoto, M., Koga, T., Tsuji, H., 2000, Structural and immunochemical homologies between foxtail millet glutelin 60 kDa and starch granule-bound starch synthase proteins from rice, barley, corn and wheat grains, *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 46(2), 109-112.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Talaat, N.B., Ghoniem, A.E., Abdelhamid, M.T., Shawky, B.T., 2015, Effective microorganisms improve growth performance, alter nutrients acquisition and induce compatible solutes accumulation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants subjected to salinity stress, *Plant Growth Regulation*, 75, 281–295.
- Tamas, L., Huttova, J., Mistrik, I., 2001, Impact of aluminium, NaCl and growth retardant tetcyclacis on growth and protein composition of maize roots, *Biologia*, 56, 441-448.
- Tauberger, E., Hoffman-Benning, S., Fleischer-Notter, H., Willmitzer, L., Fisahn, J., 1999, Impact of invertase overexpression on cell size, starch granule formation and cell wall properties during tuber development in potatoes with modified carbon allocation patterns, *Journal of Experimental Botany*, 50, 477-486.
- Thiele, G., Theisen, K., Bonierbale, M., Walker, T., 2010, Targeting the poor and hungry with potato science, *Potato J.*, 37, 75–86.
- Tierno, R., Carrasco, A., Ritter, E., de Galarreta, 2014, Differential growth response and minituber production of three potato cultivars under aeroponics and greenhouse bed culture, *American Journal of Potato Research*, 91, 346–353.
- Townsend G.K., Heuberger J.W., 1943, Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments, *Plant Disease Report*, 27, 340-343.
- Triky-Dotan, S., Yermiyah, U., Katan, J., Gamliel, A., 2005, Development of crown and root rot disease of tomato under irrigation with saline water, *Phytopathology*, 95, 1438-1444.
- Tripepi, M., Pöhlschroder, M., Beatrice Bitonti, M., 2011, Diversity of dehydrins in *Oleae europaea* plants exposed to stress, *The Open Plant Science Journal*, 5 (1), 9-13.
- Tsrör, L., 2010, Biology, epidemiology and management of *Rhizoctonia solani* on potato, *Journal of Phytopathology*, 158, 649–658.
- Turco, E., Close, T. J., Fenton, R.D., Ragazzi, A., 2004, Synthesis of dehydrin-like proteins in *Quercus ilex* L. and *Quercus cerris* L. seedlings subjected to water stress and infection with *Phytophthora cinnamomi*, *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 65, 137–144.
- Turco, E., Naldini, D., Ragazzi, A., 2002, Disease incidence and vessel anatomy in cotton plants infected with *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* under salinity stress, *Zeitschrift fuer Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 109, 15-24.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Turhan, E., 2002, Farklı ortamlarda yetiştirilen çileklerin tuza dayanıklılık fizyolojileri üzerine araştırmalar, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 212 s. (yayımlanmamış).
- Turhan, E., Eris, A. 2005, Effects of sodium chloride applications and different growth media on ionic composition in strawberry plant, *Journal of Plant Nutrition*, 27(9): 1653-1665.
- Turhan, E., Gulen, H., Eris, A., 2008, The activity of antioxidative enzymes in three strawberry cultivars related to salt-stress tolerance, *Acta Physiologiae Plantarum*, 30(2), 201-208.
- Ulloa, R.M., Mac Intosh, G.C., Melchiorre, M., Mentaberry, A.N., Dallari, P., Moriconi, D.N., Tellez-Inon, M.T., 1997, Protein kinase activity in different stages of potato (*Solanum tuberosum* L.) microtuberization, *Plant Cell Reports*, 16(6), 426-429.
- Uma, S., Prasad, T.G., Kumar, M.U., 1995, Genetic variability in recovery growth and synthesis of stress proteins in responseto polyethylene glycol and saltstress in finger millet, *Annals of Botany*, 76, 43-49.
- Ünlükara, A., Kurunç, A., Kesmez, G.D., Yurtseven, E. 2008, Growth and evapotranspiration of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) as influenced by salinity of irrigation water, *Journal of Irrigationand Drainage Engineering-ASCE*, 134 (2), 160-166.
- Van Loon, L.C., Van Strien, E.A., 1999, The families of pathogenesis-related proteins, their activities, and comparative analysis of PR-1 type proteins, *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 55, 85-97.
- Van Handel, E., 1968, Direct microdetermination of sucrose, *Analytical Phytochemistry*, 22, 280-283.
- Van Zelm, E., Zhang, Y., Testerink, C., 2020, Salt tolerance mechanisms of plants. *Annual Review of Plant Biology*, 71.
- Vargas, W.A., Pontis, H.G., Salerno, G.L., 2007, Differential expression of alkaline and neutral invertases in response to environmental stresses: characterization of an alkaline isoform as a stress-response enzyme in wheat leaves, *Planta*, 226 (6): 1535-1545.
- Virgen-Calleros, G., Olalde-Portugal, V., Carling, D.E., 2000, Anastomosis groups of *Rhizoctonia solani* on potato in Central Mexico and potential for biological and chemical control, *American Journal of Potato Research*, 77, 219-224.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Voegele, R.T., Wirsal, S., Möll, U., Lechner, M., Mendgen, K., 2006, Cloning and characterization of a novel invertase from the obligate biotroph *Uromyces fabae* and analysis of expression patterns of host and pathogen invertases in the course of infection, *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 19 (6), 625-634.
- Wahome, P.K., Jesch, H.H., Pinker, I., 2001, Effect of sodium chloride stress on *Rosa* plants growing *in vitro*, *Scientia Horticulturae*, 90 (1-2), 187-191.
- Wang, M.C., Peng, Z.Y., Li, C.L., Li, F., Liu, C., Xia, G.M., 2008, Proteomic analysis on a high salt tolerance introgression strain of *Triticum aestivum*/*Thinopyrum ponticum*, *Proteomics*, 8 (7), 1470-1489.
- Wang, Y., Nil, N., 2000, Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase–oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress, *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 75, 623–627.
- Wang-Pruski, G., Schofield, A., 2012, Potato: improving crop productivity and abiotic stress tolerance, N. Tuteja, S. Singh Gill, A.F. Tiburcio, R. Tuteja (Ed.) *Improving crop resistance to abiotic stress*, p. 1121-1153.
- Weschke, W., Panitz, R., Gubatz, S., Wang, Q., Radchuk, R., Weber, H., Wobus, U., 2003, The role of invertases and hexose transporters in controlling sugar ratios in maternal and filial tissues of barley caryopses during early development, *The Plant Journal*, 33 (2), 395-411.
- Wimmer, M.A., Mühling, K.H., Läuchli, A., Brown, P.H., Goldbach, H.E., 2003, The interaction between salinity and boron toxicity affects the subcellular distribution of ions and proteins in wheat leaves, *Plant, Cell & Environment*, 26 (8), 1267-1274.
- Winter H., Huber S.C., 2000, Regulation of sucrose metabolism in higher plants: Localization and regulation of activity of key enzymes, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 35, 253–289.
- Woodhall, J.W., Lees, A.K., Edwards, S.G., Jenkinson, P., 2008, Infection of potato by *Rhizoctonia solani*: Effect of anastomosis group, *Plant Pathology*, 57, 897–905.
- Wright, F., Hughes, H.G., 1993, Hydroponic screening of strawberry for salt tolerance correlation with *in vitro* evaluations, *Acta Horticulturae*, 348, 384–388.
- Xu, Y., Hall, C., Wolf-Hall, C., Manthey, F., 2008, Fungistatic activity of flax seed in potato dextrose agar and a fresh noodle system, *International Journal of Food Microbiology*, 121 (3), 262-267.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Xu, Y.I., Chang, P.F.L., Liu, D., Narasimhan, M.L., Raghothama, K.G., Hasegawa, P.M., Bressan, R.A., 1994, Plant defense genes are synergistically induced by ethylene and methyl jasmonate, *The Plant Cell*, 6 (8), 1077-1085.
- Yanar, Y., Yılmaz, G., Cesmeli, I., Coskun, S., 2005a, Characterization of *Rhizoctonia solani* isolates from potatoes in turkey and screening potato cultivars for resistance to AG-3, *Phytoparasitica*, 33, 370–376.
- Yanar, Y., Yılmaz, G., Coşkun, Ş., Çeşmeli, İ., 2005b, Patates çeşitlerinin *Rhizoctonia solani* Kühn.'nin neden olduğu siyah kabukluk hastalığına karşı reaksiyonlarının belirlenmesi, *Gazi OsmanPaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22 (2), 19-22.
- Yang, Y., He, M., Zhu, Z., Li, S., Xu, Y., Zhang, C., Singer, S.D., Wang, Y., 2012, Identification of the dehydrin gene family from grapevine species and analysis of their responsiveness to various forms of abiotic and biotic stress, *BMC Plant Biology*, 12 (1), 140.
- Yeo, A.R., 1994, Physiological criteria in screening and breeding, In *Soil Mineral Stresses*, Springer, Berlin, Heidelberg p. 37-59.
- Yousfi, S., Serret, M.D., Voltas, J., Araus, J.L., 2010, Effect of salinity and water stress during the reproductive stage on growth, ion concentrations, $\Delta^{13}\text{C}$, and $\delta^{15}\text{N}$ of durum wheat and related amphiploids, *Journal of Experimental Botany*, 61 (13), 3529-3542.
- Yu, S. M., Lee, Y. C., Fang, S. C., Chan, M. T., Hwa, S. F., & Liu, L. F., 1996, Sugars act as signal molecules and osmotica to regulate the expression of α -amylase genes and metabolic activities in germinating cereal grains, *Plant Molecular Biology*, 30(6), 1277-1289.
- Yuan, M., Chu, Z., Li, X., Xu, C., Wang, S., 2010, The bacterial pathogen *Xanthomonas oryzae* overcomes rice defenses by regulating host copper redistribution, *The Plant Cell*, 22 (9), 3164-3176.
- Zhang, D., Wang, Y., 2002, Post-translational inhibitory regulation of acid invertase induced by fructose and glucose in developing apple fruit, *Science in China Series C: Life Sciences*, 45(3), 309.
- Zhang, X., Hu, L., He, M.X., 2009, Scattering by pure seawater: Effect of salinity, *Optics Express*, 17(7): 5698-5710.
- Zhang, Z., Mao, B., Li, H., Zhou, W., Takeuchi, Y., Yoneyama, K., 2005, Effect of salinity on physiological characteristics, yield and quality of microtubers *in vitro* in potato, *Acta Physiologiae Plantarum*, 27 (4), 481-489.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Zhu, B., Chen, T.H.H., Li, P.H., 1995, Expression of three osmotin likeprotein genes in response to osmotic stress and fungal infection in potato, *Plant Molecular Biology*, 28, 17–26.
- Zhu, J.K., 2001, Plant salt tolerance, *Trends Plant Science*, 6, 66–71.
- Zhu, T., Budworth, P., Han, B., Brown, D., Chang, H.S., Zou, G., Wang, X., 2001, Toward elucidating the global gene expression patterns of developing *Arabidopsis*: Parallel analysis of 8 300 genes by a high-density oligonucleotide probe array, *Plant Physiology and Biochemistry*, 39 (3-4), 221-242.
- Zrig, A., Mohamed, H. B., Tounekti, T., Ahmed, S. O., and Khemira, H., 2015, Differential responses of antioxidant enzymes in salt-stressed almond tree grown under sun and shade conditions, *Journal of Plant Sciences and Research*, 2:117-119.

EK AÇIKLAMALAR

Sayfa

Ek Açıklamalar-A: Tuza Toleranslı Çeşitlerin Belirlenmesi İçin Yapılan Analizlerin Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları	209
A.1: Farklı Örnekleme Zamanlarındaki Skala Değerlerinin Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları....	209
A.2: Farklı Örnekleme Zamanlarındaki Hücre Membran Zararı Değerlerinin Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları	210
A.3: Farklı Örnekleme Zamanlarındaki MDA Miktarlarının Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları....	211
A.4: Farklı Örnekleme Zamanlarındaki YOSK Değerlerinin Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları....	212
A.5: Farklı Örnekleme Zamanlarındaki TK Değerlerinin Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları....	213
A.6: Örneklenen Farklı Organlardaki TÇP Miktarlarının Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları....	214
A.7: Sap Sayısı, Saksı Başına Verim, Saksı Başına Yumru Sayısı, Tek Yumru Ağırlığı Değerlerinin Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları.....	215
A.8: I. Sınıf Yumru Oranı, II. Sınıf Yumru Oranı, Iskarta Yumru Oranı, Hektara Verim Değerlerinin Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları.....	216
Ek Açıklamalar-B: Bitki Hastalık Şiddetinin Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları	2167
Ek Açıklamalar-C: Tuz Stresi ve <i>Rhizoctonia solani</i> Kühn İnteraksiyonunun Etkilerinin Belirlenmesi için Yapılan Analizlerin İstatistiksel Sonuçları	218
C.1: Çeşitlerin Hücre Membran Zararı Değerlerinin Farklı Örnekleme Zamanlarına Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Friedman Testi Sonuçları.....	218

EK AÇIKLAMALAR (devam)

Sayfa

C.2: Yaprak (Farklı Örneklem Zamanlarında) ve Yumru Dokularındaki (Yumru Eti ve Yumru Kabuğu) Hücre Membran Zararı Değerlerinin Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları.....	219
C.3: Yumru Dokularının Hücre Membran Zararı Değerlerinin Arasındaki Farkın Anlamlılığını Test Etmek için Yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Mertebeler Testi Sonuçları	220
C.4: Çeşitlerin MDA Miktarlarının Farklı Örneklem Zamanlarına Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Friedman Testi Sonuçları.....	220
C.5: Yaprak (Farklı Örneklem Zamanlarında) ve Yumru Dokularındaki (Yumru Eti ve Yumru Kabuğu) MDA Değerlerinin Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları	221
C.6: Yumru Dokularının MDA Miktarlarının Arasındaki Farkın Anlamlılığını Test Etmek için Yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Mertebeler Testi Sonuçları.....	222
C.7: Çeşitlerin YOSK Miktarlarının Farklı Örneklem Zamanlarına Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Friedman Testi Sonuçları.....	222
C.8: Yaprak (Farklı Örneklem Zamanlarında) YOSK Değerlerinin Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları.....	223
C.9: Çeşitlerin TK Miktarlarının Farklı Örneklem Zamanlarına Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Friedman Testi Sonuçları.....	224
C.10: Yaprak (Farklı Örneklem Zamanlarında) TK Değerlerinin Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları.....	225
C.11: Çeşitlerin Toplam Şeker Miktarlarının Farklı Örneklem Zamanlarına Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Friedman Testi Sonuçları ...	226

EK AÇIKLAMALAR (devam)

Sayfa

- C.12: Yaprak (Farklı Örnekleme Zamanlarında) ve Yumru Dokularındaki (Yumru Eti ve Yumru Kabuğu) Toplam Şeker Miktarının Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları.... 227
- C.13: Yumru Dokularının Toplam Şeker Miktarlarının Arasındaki Farkın Anlamlılığını Test Etmek için Yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Mertebeler Testi Sonuçları 228
- C.14: Çeşitlerin İndirgen Şeker Miktarlarının Farklı Örnekleme Zamanlarına Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Friedman Testi Sonuçları ... 228
- C.15: Yaprak (Farklı Örnekleme Zamanlarında) ve Yumru Dokularındaki (Yumru Eti ve Yumru Kabuğu) İndirgen Şeker Miktarının Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları.... 229
- C.16: Yumru Dokularının İndirgen Şeker Miktarlarının Arasındaki Farkın Anlamlılığını Test Etmek için Yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Mertebeler Testi Sonuçları 230
- C.17: Çeşitlerin Sukroz Miktarlarının Farklı Örnekleme Zamanlarına Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Friedman Testi Sonuçları..... 230
- C.18: Yaprak (Farklı Örnekleme Zamanlarında) ve Yumru Dokularındaki (Yumru Eti ve Yumru Kabuğu) Sukroz Miktarının Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları.... 231
- C.19: Yumru Dokularının Sukroz Miktarlarının Arasındaki Farkın Anlamlılığını Test Etmek için Yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Mertebeler Testi Sonuçları..... 232
- C.20: Çeşitlerin Nişasta Miktarlarının Farklı Örnekleme Zamanlarına Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Friedman Testi Sonuçları..... 232
- C.21: Yaprak (Farklı Örnekleme Zamanlarında) ve Yumru Dokularındaki (Yumru Eti ve Yumru Kabuğu) Nişasta Miktarının Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları.... 233

EK AÇIKLAMALAR (devam)**Sayfa**

C.22: Yumru Dokularının Nişasta Miktarlarının Arasındaki Farkın Anlamlılığını Test Etmek için Yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Mertebeler Testi Sonuçları.....	234
C.23: Çeşitlerin Asit INV Aktivitelerinin Farklı Örnekleme Zamanlarına Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Friedman Testi Sonuçları ...	234
C.24: Yaprak (Farklı Örnekleme Zamanlarında) ve Yumru Dokularındaki (Yumru Eti ve Yumru Kabuğu) Asit INV Aktivitelerinin Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları....	235
C.25: Yumru Dokularının Asit INV Aktiviteleri Arasındaki Farkın Anlamlılığını Test Etmek için Yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Mertebeler Testi Sonuçları.....	236
C.26: Çeşitlerin Alkalın INV Aktivitelerinin Farklı Örnekleme Zamanlarına Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Friedman Testi Sonuçları ...	236
C.27: Yaprak (Farklı Örnekleme Zamanlarında) ve Yumru Dokularındaki (Yumru Eti ve Yumru Kabuğu) Alkalın INV Aktivitesinin Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları....	237
C.28: Yumru Dokularının Alkalın INV Aktiviteleri Arasındaki Farkın Anlamlılığını Test Etmek için Yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Mertebeler Testi Sonuçları.....	238
C.29: Çeşitlerin SuSy Aktivitelerinin Farklı Örnekleme Zamanlarına Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Friedman Testi Sonuçları.....	238
C.30: Yaprak (Farklı Örnekleme Zamanlarında) ve Yumru Dokularındaki (Yumru Eti ve Yumru Kabuğu) SuSy Aktivitesinin Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları....	239
C.31: Yumru Dokularının SuSy Aktiviteleri Arasındaki Farkın Anlamlılığını Test Etmek için Yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Mertebeler Testi Sonuçları.....	240

EK AÇIKLAMALAR (devam)**Sayfa**

C.32: Çeşitlerin InvGF Gen İfade Seviyelerinin Farklı Örnekleme Zamanlarına Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Friedman Testi Sonuçları ...	240
C.33: Yaprak (Farklı Örnekleme Zamanlarında) ve Yumru Dokularındaki (Yumru Eti ve Yumru Kabuğu) InvGF Gen İfade Seviyesinin Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları....	241
C.34: Yumru Dokularının InvGF Gen İfade Seviyeleri Arasındaki Farkın Anlamlılığını Test Etmek için Yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Mertebeler Testi Sonuçları	242
C.35: Çeşitlerin SuSy Gen İfade Seviyelerinin Farklı Örnekleme Zamanlarına Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Friedman Testi Sonuçları ...	242
C.36: Yaprak (Farklı Örnekleme Zamanlarında) ve Yumru Dokularındaki (Yumru Eti ve Yumru Kabuğu) SuSy Gen İfade Seviyesinin Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları....	243
C.37: Yumru Dokularının SuSy Gen İfade Seviyeleri Arasındaki Farkın Anlamlılığını Test Etmek için Yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Mertebeler Testi Sonuçları	244
C.38: Çeşitlerin TÇP Miktarlarının Farklı Örnekleme Zamanlarına Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Friedman Testi Sonuçları.....	244
C.39: Yaprak (Farklı Örnekleme Zamanlarında) ve Yumru Dokularındaki (Yumru Eti ve Yumru Kabuğu) TÇP Miktarının Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları	245
C.40: Yumru Dokularının TÇP Miktarlarının Arasındaki Farkın Anlamlılığını Test Etmek için Yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Mertebeler Testi Sonuçları.....	246

Ek Açıklamalar-A: Tuza Toleranslı Çeşitlerin Belirlenmesi İçin Yapılan Analizlerin Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları

Ek Açıklamalar-A.1: Farklı Örnekleme Zamanlarındaki Skala Değerlerinin Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları

Çeşitler	N	30 gün				45 gün				60 gün				75 gün				90 gün			
		Sıralama Ort.	X ²	sd	p	Sıralama Ort.	X ²	sd	p	Sıralama Ort.	X ²	sd	p	Sıralama Ort.	X ²	sd	p	Sıralama Ort.	X ²	sd	p
Agata	4	30,25				51,50				49,25				34,88				33,38			
Agria	4	49,38				59,25				49,25				48,88				40,00			
Banba	4	48,75				32,88				41,38				43,00				41,00			
Bettina	4	61,50				59,25				55,13				57,00				62,38			
Challenger	4	48,75				45,00				48,25				43,00				41,00			
Desiree	4	13,00				9,50				11,00				10,50				8,13			
Granola	4	61,50				61,88				62,00				57,00				55,25			
Hermes	4	13,00				15,13				16,88				18,63				25,75			
Innovator	4	24,50				15,13				16,88				18,63				25,75			
Lady Claire	4	55,13				45,00				48,25				43,00				41,00			
Lady Olympia	4	13,00	57,433	18	,000	32,00	51,211	18	,000	22,75	43,470	18	,001	26,75	41,980	18	,001	41,00	43,845	18	,001
Lady Rosetta	4	61,50				51,50				55,13				50,00				48,13			
Marfona	4	36,00				20,75				22,75				34,88				33,38			
Melody	4	30,25				38,50				41,38				43,00				18,13			
Musica	4	48,75				45,00				55,13				64,00				62,38			
Orchestra	4	61,50				61,88				48,25				50,00				62,38			
Russet Burbank	4	13,00				9,50				16,88				18,63				18,13			
Sultan Ecem	4	18,75				45,00				42,38				34,88				33,38			
Van Gogh	4	43,00				32,88				28,63				34,88				41,00			
Toplam	76																				

Ek Açıklamalar-A.2: Farklı Örnekleme Zamanlarındaki Hücre Membran Zararı Değerlerinin Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları

		30 gün				60 gün				90 gün				Yumru eti				Yumru Kabuğu			
Çeşitler	N	Sıralama Ort.	X ²	sd	p	Sıralama Ort.	X ²	sd	p	Sıralama Ort.	X ²	sd	p	Sıralama Ort.	X ²	sd	p	Sıralama Ort.	X ²	sd	p
Agata	4	53,63				58,75				43,50				28,25				26,13			
Agria	4	64,50				72,75				30,75				42,50				58,75			
Banba	4	35,75				33,00				49,25				29,25				11,25			
Bettina	4	44,50				57,25				69,75				18,00				42,75			
Challenger	4	41,25				50,50				66,75				51,50				16,13			
Desiree	4	2,50				3,50				5,00				2,33				2,00			
Granola	4	65,50				62,00				70,25				16,88				13,75			
Hermes	4	9,75				15,25				37,00				52,50				73,50			
Innovator	4	20,75				11,00				16,50				29,38				26,25			
Lady Claire	4	52,50				40,00				58,25				10,25				61,50			
Lady Olympia	4	8,50	70,629	18	,000	24,38	72,124	18	,000	41,00	71,478	18	,000	71,50	65,184	18	,000	41,50	69,585	18	,000
Lady Rosetta	4	66,75				47,00				26,25				64,63				35,00			
Marfona	4	29,25				18,00				24,00				67,00				53,13			
Melody	4	26,38				32,00				8,50				54,88				37,75			
Musica	4	44,00				72,00				42,25				45,25				69,50			
Orchestra	4	64,50				46,75				66,25				12,88				54,63			
Russet Burbank	4	16,75				5,50				9,75				62,75				10,50			
Sultan Ecem	4	18,38				58,00				53,25				27,63				21,00			
Van Gogh	4	66,38				23,88				13,25				25,75				58,00			
Toplam	76																				

Ek Açıklamalar-A.3: Farklı Örnekleme Zamanlarındaki MDA Miktarlarının Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları

Çeşitler	N	30 gün				60 gün				90 gün				Yumur eti				Yumur Kabuğu			
		Sıralama Ort.	X ²	sd	p	Sıralama Ort.	X ²	sd	p	Sıralama Ort.	X ²	sd	p	Sıralama Ort.	X ²	sd	p	Sıralama Ort.	X ²	sd	p
Agata	8	94,38				112,63				87,88				132,19				106,44			
Agria	8	71,50				61,63				76,50				70,69				70,13			
Banba	8	86,88				92,94				64,75				93,00				55,88			
Bettina	8	45,63				83,50				39,75				15,38				9,13			
Challenger	8	91,88				46,50				100,13				42,63				78,19			
Desiree	8	33,31				47,38				109,63				34,25				83,63			
Granola	8	69,25				68,75				71,75				109,44				95,00			
Hermes	8	94,44				94,63				59,63				28,25				51,50			
Innovator	8	59,25				99,81				77,75				84,44				107,00			
Lady Claire	8	29,25				56,50				64,63				107,06				101,75			
MDA Miktarı Lady Olympia	8	80,38	63,876	18	,000	38,75	54,727	18	,000	48,25	24,013	18	,155	85,56	104,307	18	,000	108,63	67,850	18	,000
Lady Rosetta	8	72,63				94,75				68,38				72,94				76,63			
Marfona	8	72,19				48,00				77,63				93,06				101,56			
Melody	8	46,06				61,13				92,13				118,44				108,13			
Musica	8	108,25				100,75				87,88				81,63				85,44			
Orchestra	8	132,00				125,75				98,00				27,75				11,13			
Russet Burbank	8	75,63				51,25				83,88				96,69				75,63			
Sultan Ecem	8	54,75				54,88				60,13				26,13				46,38			
Van Gogh	8	135,88				114,00				84,88				134,00				81,38			
Toplam	152																				

Ek Açıklamalar-A.4: Farklı Örnekleme Zamanlarındaki YOSK Değerlerinin Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları

		30 gün				60 gün				90 gün			
Çeşitler	N	Sıralama Ort.	X ²	sd	p	Sıralama Ort.	X ²	sd	p	Sıralama Ort.	X ²	sd	p
Agata	8	104,50				95,50				58,13			
Agria	8	129,25				103,00				101,38			
Banba	8	68,69				75,13				55,63			
Bettina	8	76,50				74,81				79,25			
Challenger	8	78,00				102,75				79,75			
Desiree	8	50,50				106,44				121,25			
Granola	8	82,63				91,50				62,25			
Hermes	8	52,75				57,69				83,94			
Innovator	8	98,50				78,38				98,31			
Lady Claire	8	70,75	32,003	18	,022	92,38	35,191	18	,009	44,81	39,299	18	,003
Lady Olympia	8	71,88				89,25				100,63			
Lady Rosetta	8	45,38				32,25				66,88			
Marfona	8	76,75				34,13				103,50			
Melody	8	69,69				61,69				46,25			
Musica	8	96,88				66,88				60,75			
Orchestra	8	74,81				83,50				41,25			
Russet Burbank	8	47,63				55,50				70,50			
Sultan Ecem	8	82,75				89,00				99,13			
Van Gogh	8	75,69				63,75				79,94			
Toplam	152												

Ek Açıklamalar-A.5: Farklı Örnekleme Zamanlarındaki TK Değerlerinin Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları

Çeşitler	N	30 gün				60 gün				90 gün			
		Sıralama Ort.	X ²	sd	p	Sıralama Ort.	X ²	sd	p	Sıralama Ort.	X ²	sd	p
Agata	8	58,50				51,25				92,75			
Agria	8	18,75				33,88				53,00			
Banba	8	79,56				83,00				97,50			
Bettina	8	76,88				78,63				74,38			
Challenger	8	91,56				47,75				74,63			
Desiree	8	104,38				35,50				32,00			
Granola	8	64,88				81,75				91,00			
Hermes	8	96,13				81,00				67,88			
Innovator	8	52,13				89,63				55,13			
Lady Claire	8	75,50	31,745	18	,024	71,25	44,411	18	,001	106,88	38,177	18	,004
Lady Olympia	8	81,88				58,38				51,88			
Lady Rosetta	8	104,50				116,75				85,38			
Marfona	8	81,56				117,88				49,50			
Melody	8	80,13				105,88				105,38			
Musica	8	53,88				96,88				91,75			
Orchestra	8	81,56				67,25				111,63			
Russet Burbank	8	98,63				82,38				85,13			
Sultan Ecem	8	80,00				62,38				53,13			
Van Gogh	8	73,13				92,13				74,63			
Toplam	152												

Ek Açıklamalar-A.6: Örneklenen Farklı Organlardaki TÇP Miktarlarının Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları

Çeşitler	N	Yaprak				Yumru Eti				Yumru Kabuğu			
		Sıralama Ort.	X ²	sd	p	Sıralama Ort.	X ²	sd	p	Sıralama Ort.	X ²	sd	p
Agata	6	103,58				28,08				30,92			
Agria	6	57,75				84,00				53,50			
Banba	6	56,00				99,50				107,67			
Bettina	6	84,67				58,17				39,25			
Challenger	6	68,25				46,33				51,58			
Desiree	6	17,92				104,17				93,00			
Granola	6	17,75				35,17				57,25			
Hermes	6	96,67				27,83				37,17			
Innovator	6	23,92				86,67				89,83			
Lady Claire	6	40,50	91,401	18	,000	12,75	74,173	18	,000	28,83	72,760	18	,000
Lady Olympia	6	14,50				83,58				81,75			
Lady Rosetta	6	55,17				68,92				7,33			
Marfona	6	32,92				57,67				74,50			
Melody	6	69,42				83,42				34,58			
Musica	6	28,00				33,58				81,83			
Orchestra	6	73,17				52,58				32,25			
Russet Burbank	6	110,67				67,75				55,50			
Sultan Ecem	6	52,58				25,33				87,00			
Van Gogh	6	89,08				37,00				48,75			
Toplam	114												

Ek Açıklamalar-A.7: Sap Sayısı, Saksı Başına Verim, Saksı Başına Yumru Sayısı, Tek Yumru Ağırlığı Değerlerinin Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları

Çeşitler	N	Sap sayısı				Saksı Başına Verim				Saksı Başına Yumru Sayısı				Tek Yumru Ağırlığı				
		Sıralama Ort.	X ²	sd	p	Sıralama Ort.	X ²	sd	p	Sıralama Ort.	X ²	sd	p	Sıralama Ort.	X ²	sd	p	
Agata	8	86,00				54,88				37,56				80,75				
Agria	8	51,06				56,38				40,38				87,25				
Banba	8	36,06				54,50				31,88				100,00				
Bettina	8	107,63				56,25				88,88				52,13				
Challenger	8	136,00				98,50				139,13				32,50				
Desiree	8	51,31				102,75				60,50				119,38				
Granola	8	128,50				27,75				92,81				24,13				
Hermes	8	39,94				45,63				56,94				62,00				
Innovator	8	23,75				104,00				45,94				113,25				
Bazı Verim ve Verim Öğeleri	Lady Claire	8	118,81	125,59	18	,000	75,13	47,541	18	,000	61,06	98,625	18	,000	87,13	81,214	18	,000
	Lady Olympia	8	67,44				65,00			71,75				71,50				
	Lady Rosetta	8	129,81				97,00			145,25				17,25				
	Marfona	8	22,44				75,13			69,69				78,75				
	Melody	8	86,44				100,25			101,44				88,25				
	Musica	8	103,75				93,88			130,56				47,00				
	Orchestra	8	107,19				83,63			114,38				53,88				
	Russet Burbank	8	51,06				124,25			86,63				120,88				
	Sultan Ecem	8	100,81				87,13			34,81				132,13				
	Van Gogh	8	5,50				51,50			43,94				85,38				
	Toplam	152																

Ek Açıklamalar-A.8: I. Sınıf Yumru Oranı, II. Sınıf Yumru Oranı, Iskarta Yumru Oranı, Hektara Verim Değerlerinin Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları

Çeşitler	N	I. Sınıf Yumru Oranı				II. Sınıf Yumru Oranı				Iskarta Yumru Oranı				Hektara Verim				
		Sıralama Ort.	X ²	sd	p	Sıralama Ort.	X ²	sd	p	Sıralama Ort.	X ²	sd	p	Sıralama Ort.	X ²	sd	p	
Agata	8	32,88				117,63				106,00				55,13				
Agria	8	63,25				99,50				6,00				56,63				
Banba	8	109,00				43,75				81,38				54,63				
Bettina	8	44,50				115,63				22,75				56,50				
Challenger	8	32,38				105,25				137,00				98,63				
Desiree	8	119,50				31,00				103,63				103,13				
Granola	8	64,63				78,00				128,13				27,75				
Hermes	8	35,00				122,38				45,50				45,63				
Innovator	8	115,88				16,88				125,13				104,25				
Bazı Verim ve Verim Öğeleri	Lady Claire	8	93,88	77,662	18	,000	53,13	90,029	18	,000	110,00	71,478	18	,000	75,63	47,549	18	,000
	Lady Olympia	8	78,63				78,13			40,63				65,38				
	Lady Rosetta	8	53,88				123,25			39,50				97,13				
	Marfona	8	71,63				78,25			73,75				75,38				
	Melody	8	60,00				97,00			38,63				100,50				
	Musica	8	64,50				92,25			48,75				94,25				
	Orchestra	8	56,50				89,00			119,50				83,63				
	Russet Burbank	8	105,38				51,38			31,13				124,75				
	Sultan Ecem	8	130,50				33,13			91,63				83,13				
	Van Gogh	8	121,63				28,00			104,50				51,50				
	Toplam	152																

Ek Açıklamalar-B: Bitki Hastalık Şiddetinin Çeşitlere Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Kruskal Wallis-H Testi Sonuçları

	Çeşitler	N	Sıralama Ort.	X ²	sd	p
Bitki Hastalık Şiddeti	Agata	3	42,67	50,514	18	,000
	Agria	3	20,17			
	Banba	3	56,67			
	Bettina	3	10,17			
	Challenger	3	24,50			
	Desiree	3	50,00			
	Granola	3	7,67			
	Hermes	3	18,33			
	Innovator	3	53,83			
	Lady Claire	3	51,00			
	Lady Olympia	3	31,50			
	Lady Rosetta	3	38,33			
	Marfona	3	31,50			
	Melody	3	24,67			
	Musica	3	22,33			
	Orchestra	3	40,00			
	Russet Burbank	3	4,50			
	Sultan Ecem	3	9,67			
	Van Gogh	3	48,00			
	Toplam		57			

Ek Açıklamalar-C: Tuz Stresi ve *Rhizoctonia solani* Kühn İnteraksiyonunun Etkilerinin Belirlenmesi için Yapılan Analizlerin İstatistiksel Sonuçları

Ek Açıklamalar-C.1: Çeşitlerin Hücre Membran Zararı Değerlerinin Farklı Örnekleme Zamanlarına Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Friedman Testi Sonuçları

Çeşitler	Örnekleme Zamanları	N	Sıralama Ort.	X ²	sd	p
Russet Burbank	30 gün	10	1,10	34,960	4	,000
	45 gün	10	2,10			
	60 gün	10	3,40			
	75 gün	10	3,40			
	90 gün	10	5,00			
Desiree	30 gün	10	1,10	33,520	4	,000
	45 gün	10	1,90			
	60 gün	10	3,60			
	75 gün	10	3,80			
	90 gün	10	4,60			
Granola	30 gün	10	1,40	35,440	4	,000
	45 gün	10	1,60			
	60 gün	10	3,10			
	75 gün	10	4,20			
	90 gün	10	4,70			
Lady Claire	30 gün	10	1,10	33,440	4	,000
	45 gün	10	1,90			
	60 gün	10	3,70			
	75 gün	10	3,70			
	90 gün	10	4,60			

Ek Açıklamalar-C.3: Yumru Dokularının Hücre Membran Zararı Değerlerinin Arasındaki Farkın Anlamlılığını Test Etmek için Yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Mertebeler Testi Sonuçları

Yumru Dokuları	Sıralar	N	Sıralama Ort.	z	p
Yumru Eti-Yumru Kabuğu	Negatif Sıralar	20	26,30	526,00	-2,864 ,004
	Pozitif Sıralar	40	32,60	1304,00	
	Eşit	0			
	Toplam	60			

Ek Açıklamalar-C.4: Çeşitlerin MDA Miktarlarının Farklı Örnekleme Zamanlarına Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Friedman Testi Sonuçları

Çeşitler	Örnekleme Zamanları	N	Sıralama Ort.	X ²	sd	p
Russet Burbank	30 gün	9	4,33	24,089	4	,000
	45 gün	9	2,78			
	60 gün	9	4,33			
	75 gün	9	1,56			
	90 gün	9	2,00			
Desiree	30 gün	9	2,44	26,311	4	,000
	45 gün	9	4,22			
	60 gün	9	4,56			
	75 gün	9	2,44			
	90 gün	9	1,33			
Granola	30 gün	9	1,44	17,422	4	,002
	45 gün	9	2,56			
	60 gün	9	3,67			
	75 gün	9	3,00			
	90 gün	9	4,33			
Lady Claire	30 gün	9	1,33	28,000	4	,000
	45 gün	9	1,67			
	60 gün	9	4,33			
	75 gün	9	3,67			
	90 gün	9	4,00			

Ek Açıklamalar-C.6: Yumru Dokularının MDA Miktarlarının Arasındaki Farkın Anlamlılığını Test Etmek için Yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Mertebeler Testi Sonuçları

Yumru Dokuları	Sıralar	N	Sıralama Ort.	z	p
Yumru Eti-Yumru Kabuğu	Negatif Sıralar	20	26,30	526,00	-2,864 ,004
	Pozitif Sıralar	40	32,60	1304,00	
	Eşit	0			
	Toplam	60			

Ek Açıklamalar-C.7: Çeşitlerin YOSK Miktarlarının Farklı Örnekleme Zamanlarına Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Friedman Testi Sonuçları

Çeşitler	Örnekleme Zamanları	N	Sıralama Ort.	X ²	sd	p
Russet Burbank	30 gün	9	1,22	26,578	4	,000
	45 gün	9	4,00			
	60 gün	9	3,11			
	75 gün	9	2,11			
	90 gün	9	4,56			
Desiree	30 gün	9	1,00	23,734	4	,000
	45 gün	9	4,33			
	60 gün	9	2,89			
	75 gün	9	2,89			
	90 gün	9	3,89			
Granola	30 gün	9	2,44	25,689	4	,000
	45 gün	9	4,33			
	60 gün	9	4,00			
	75 gün	9	1,00			
	90 gün	9	3,22			
Lady Claire	30 gün	9	1,56	15,554	4	,004
	45 gün	9	4,11			
	60 gün	9	3,33			
	75 gün	9	2,33			
	90 gün	9	3,67			

Ek Açıklamalar-C.9: Çeşitlerin TK Miktarlarının Farklı Örnekleme Zamanlarına Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Friedman Testi Sonuçları

Çeşitler	Örnekleme Zamanları	N	Sıralama Ort.	X ²	sd	p
Russet Burbank	30 gün	9	4,78	26,578	4	,000
	45 gün	9	2,00			
	60 gün	9	2,89			
	75 gün	9	3,89			
	90 gün	9	1,44			
Desiree	30 gün	9	5,00	24,800	4	,000
	45 gün	9	1,44			
	60 gün	9	3,11			
	75 gün	9	3,11			
	90 gün	9	2,33			
Granola	30 gün	9	3,67	26,222	4	,000
	45 gün	9	1,89			
	60 gün	9	1,78			
	75 gün	9	5,00			
	90 gün	9	2,67			
Lady Claire	30 gün	7	4,43	12,229	4	,016
	45 gün	7	2,00			
	60 gün	7	2,71			
	75 gün	7	3,71			
	90 gün	7	4,00			

Ek Açıklamalar-C.11: Çeşitlerin Toplam Şeker Miktarlarının Farklı Örnekleme Zamanlarına Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Friedman Testi Sonuçları

Çeşitler	Örnekleme Zamanları	N	Sıralama Ort.	X ²	sd	p
Russet Burbank	30 gün	15	1,87	32,907	4	,000
	45 gün	15	4,93			
	60 gün	15	2,60			
	75 gün	15	3,13			
	90 gün	15	2,47			
Desiree	30 gün	14	1,36	45,543	4	,000
	45 gün	14	4,93			
	60 gün	14	3,29			
	75 gün	14	3,57			
	90 gün	14	1,86			
Granola	30 gün	14	1,36	34,857	4	,000
	45 gün	14	3,64			
	60 gün	14	3,00			
	75 gün	14	4,64			
	90 gün	14	2,36			
Lady Claire	30 gün	13	1,31	33,046	4	,000
	45 gün	13	4,77			
	60 gün	13	3,38			
	75 gün	13	3,00			
	90 gün	13	2,54			

Ek Açıklamalar-C.13: Yumru Dokularının Toplam Şeker Miktarlarının Arasındaki Farkın Anlamlılığını Test Etmek için Yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Mertebeler Testi Sonuçları

Yumru Dokuları	Sıralar	N	Sıralama Ort.		z	p
Yumru Eti-Yumru Kabuğu	Negatif Sıralar	67	38,54	2582,00	-7,116	,000
	Pozitif Sıralar	5	9,20	46,00		
	Eşit	0				
	Toplam	72				

Ek Açıklamalar-C.14: Çeşitlerin İndirgen Şeker Miktarlarının Farklı Örnekleme Zamanlarına Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Friedman Testi Sonuçları

Çeşitler	Örnekleme Zamanları	N	Sıralama Ort.	X ²	sd	p
Russet Burbank	30 gün	13	1,15	28,492	4	,000
	45 gün	13	3,46			
	60 gün	13	2,77			
	75 gün	13	3,31			
	90 gün	13	4,31			
Desiree	30 gün	14	1,36	36,457	4	,000
	45 gün	14	2,64			
	60 gün	14	3,86			
	75 gün	14	2,50			
	90 gün	14	4,64			
Granola	30 gün	13	1,77	34,646	4	,000
	45 gün	13	1,85			
	60 gün	13	3,31			
	75 gün	13	3,15			
	90 gün	13	4,92			
Lady Claire	30 gün	13	3,15	18,892	4	,001
	45 gün	13	1,62			
	60 gün	13	2,62			
	75 gün	13	3,46			
	90 gün	13	4,15			

Ek Açıklamalar-C.16: Yumru Dokularının İndirgen Şeker Miktarlarının Arasındaki Farkın Anlamlılığını Test Etmek için Yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Mertebeler Testi Sonuçları

Yumru Dokuları	Sıralar	N	Sıralama Ort.	z	p
Yumru Eti-Yumru Kabuğu	Negatif Sıralar	8	32,50	260,00	-5,833 ,000
	Pozitif Sıralar	63	36,44	2296,00	
	Eşit	0			
	Toplam	71			

Ek Açıklamalar-C.17: Çeşitlerin Sukroz Miktarlarının Farklı Örnekleme Zamanlarına Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Friedman Testi Sonuçları

Çeşitler	Örnekleme Zamanları	N	Sıralama Ort.	X ²	sd	p
Russet Burbank	30 gün	13	3,85	47,938	4	,000
	45 gün	13	5,00			
	60 gün	13	2,85			
	75 gün	13	1,00			
	90 gün	13	2,31			
Desiree	30 gün	15	5,00	52,640	4	,000
	45 gün	15	1,80			
	60 gün	15	3,73			
	75 gün	15	1,33			
	90 gün	15	3,13			
Granola	30 gün	15	4,67	49,493	4	,000
	45 gün	15	1,00			
	60 gün	15	3,60			
	75 gün	15	2,13			
	90 gün	15	3,60			
Lady Claire	30 gün	15	4,60	35,573	4	,000
	45 gün	15	2,67			
	60 gün	15	3,73			
	75 gün	15	1,40			
	90 gün	15	2,60			

Ek Açıklamalar-C.19: Yumru Dokularının Sukroz Miktarlarının Arasındaki Farkın Anlamlılığını Test Etmek için Yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Mertebeler Testi Sonuçları

Yumru Dokuları	Sıralar	N	Sıralama Ort.		z	p
Yumru Eti-Yumru Kabuğu	Negatif Sıralar	9	14,00	126,00	-6,185	,000
	Pozitif Sıralar	56	36,05	2019,00		
	Eşit	0				
	Toplam	65				

Ek Açıklamalar-C.20: Çeşitlerin Nişasta Miktarlarının Farklı Örnekleme Zamanlarına Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Friedman Testi Sonuçları

Çeşitler	Örnekleme Zamanları	N	Sıralama Ort.	X ²	sd	p
Russet Burbank	30 gün	15	1,60	48,107	4	,000
	45 gün	15	2,53			
	60 gün	15	1,87			
	75 gün	15	4,67			
	90 gün	15	4,33			
Desiree	30 gün	15	1,07	55,840	4	,000
	45 gün	15	2,47			
	60 gün	15	2,47			
	75 gün	15	4,00			
	90 gün	15	5,00			
Granola	30 gün	15	1,47	57,013	4	,000
	45 gün	15	1,53			
	60 gün	15	3,00			
	75 gün	15	4,00			
	90 gün	15	5,00			
Lady Claire	30 gün	15	1,53	50,293	4	,000
	45 gün	15	2,40			
	60 gün	15	2,07			
	75 gün	15	4,00			
	90 gün	15	5,00			

Ek Açıklamalar-C.22: Yumru Dokularının Nişasta Miktarlarının Arasındaki Farkın Anlamlılığını Test Etmek için Yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Mertebeler Testi Sonuçları

Yumru Dokuları	Sıralar	N	Sıralama Ort.	z	p
Yumru Eti-Yumru Kabuğu	Negatif Sıralar	10	11,00	110,00	-7,184 ,000
	Pozitif Sıralar	69	44,20	3050,00	
	Eşit	0			
	Toplam	79			

Ek Açıklamalar-C.23: Çeşitlerin Asit INV Aktivitelerinin Farklı Örnekleme Zamanlarına Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Friedman Testi Sonuçları

Çeşitler	Örnekleme Zamanları	N	Sıralama Ort.	X ²	sd	p
Russet Burbank	30 gün	9	2,78	12,178	4	,016
	45 gün	9	1,89			
	60 gün	9	4,44			
	75 gün	9	2,89			
	90 gün	9	3,00			
Desiree	30 gün	9	3,33	29,600	4	,000
	45 gün	9	1,00			
	60 gün	9	5,00			
	75 gün	9	2,67			
	90 gün	9	3,00			
Granola	30 gün	9	3,00	20,000	4	,000
	45 gün	9	2,67			
	60 gün	9	5,00			
	75 gün	9	2,00			
	90 gün	9	2,33			
Lady Claire	30 gün	9	2,56	19,467	4	,001
	45 gün	9	2,00			
	60 gün	9	5,00			
	75 gün	9	2,56			
	90 gün	9	2,89			

Ek Açıklamalar-C.25: Yumru Dokularının Asit INV Aktiviteleri Arasındaki Farkın Anlamlılığını Test Etmek için Yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Mertebeler Testi Sonuçları

Yumru Dokuları	Sıralar	N	Sıralama Ort.		z	p
Yumru Eti-Yumru Kabuğu	Negatif Sıralar	9	12,89	116,00	-4,841	,000
	Pozitif Sıralar	39	27,18	1060,00		
	Eşit	0				
	Toplam	48				

Ek Açıklamalar-C.26: Çeşitlerin Alkalın INV Aktivitelerinin Farklı Örneklem Zamanlarına Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Friedman Testi Sonuçları

Çeşitler	Örneklem Zamanları	N	Sıralama Ort.	X ²	sd	p
Russet Burbank	30 gün	9	2,00	22,400	4	,000
	45 gün	9	2,33			
	60 gün	9	2,00			
	75 gün	9	4,00			
	90 gün	9	4,67			
Desiree	30 gün	9	1,89	27,822	4	,000
	45 gün	9	1,78			
	60 gün	9	2,33			
	75 gün	9	4,67			
	90 gün	9	4,33			
Granola	30 gün	9	1,78	29,867	4	,000
	45 gün	9	2,44			
	60 gün	9	1,78			
	75 gün	9	4,00			
	90 gün	9	5,00			
Lady Claire	30 gün	9	1,33	20,400	4	,000
	45 gün	9	1,67			
	60 gün	9	4,00			
	75 gün	9	3,33			
	90 gün	9	4,67			

Ek Açıklamalar-C.28: Yumru Dokularının Alkalın INV Aktiviteleri Arasındaki Farkın Anlamlılığını Test Etmek için Yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Mertebeler Testi Sonuçları

Yumru Dokuları	Sıralar	N	Sıralama Ort.	z	p
Yumru Eti-Yumru Kabuğu	Negatif Sıralar	45	26,00	1170,00	-5,969 ,000
	Pozitif Sıralar	3	2,00	6,00	
	Eşit	0			
	Toplam	48			

Ek Açıklamalar-C.29: Çeşitlerin SuSy Aktivitelerinin Farklı Örnekleme Zamanlarına Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Friedman Testi Sonuçları

Çeşitler	Örnekleme Zamanları	N	Sıralama Ort.	X ²	sd	p
Russet Burbank	30 gün	9	1,00	34,044	4	,000
	45 gün	9	4,89			
	60 gün	9	2,78			
	75 gün	9	4,11			
	90 gün	9	2,22			
Desiree	30 gün	9	1,00	34,400	4	,000
	45 gün	9	5,00			
	60 gün	9	2,33			
	75 gün	9	4,00			
	90 gün	9	2,67			
Granola	30 gün	9	1,00	34,044	4	,000
	45 gün	9	4,89			
	60 gün	9	2,78			
	75 gün	9	4,11			
	90 gün	9	2,22			
Lady Claire	30 gün	9	1,67	28,000	4	,000
	45 gün	9	4,67			
	60 gün	9	2,33			
	75 gün	9	4,33			
	90 gün	9	2,00			

Ek Açıklamalar-C.31: Yumru Dokularının SuSy Aktiviteleri Arasındaki Farkın Anlamlılığını Test Etmek için Yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Mertebeler Testi Sonuçları

Yumru Dokuları	Sıralar	N	Sıralama Ort.		z	p
Yumru Eti-Yumru Kabuğu	Negatif Sıralar	6	20,17	121,00	-4,790	,000
	Pozitif Sıralar	42	25,12	1055,00		
	Eşit	0				
	Toplam	48				

Ek Açıklamalar-C.32: Çeşitlerin InvGF Gen İfade Seviyelerinin Farklı Örneklem Zamanlarına Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Friedman Testi Sonuçları

Çeşitler	Örneklem Zamanları	N	Sıralama Ort.	X ²	sd	p
Russet Burbank	30 gün	6	3,00	14,000	4	,007
	45 gün	6	5,00			
	60 gün	6	2,83			
	75 gün	6	1,83			
	90 gün	6	2,33			
Desiree	30 gün	6	1,83	22,133	4	,000
	45 gün	6	1,17			
	60 gün	6	3,50			
	75 gün	6	3,50			
	90 gün	6	5,00			
Granola	30 gün	6	2,00	19,200	4	,001
	45 gün	6	1,50			
	60 gün	6	4,50			
	75 gün	6	2,50			
	90 gün	6	4,50			
Lady Claire	30 gün	6	2,50	20,400	4	,000
	45 gün	6	1,50			
	60 gün	6	2,00			
	75 gün	6	4,00			
	90 gün	6	5,00			

Ek Açıklamalar-C.34: Yumru Dokularının InvGF Gen İfade Seviyeleri Arasındaki Farkın Anlamlılığını Test Etmek için Yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Mertebeler Testi Sonuçları

Yumru Dokuları	Sıralar	N	Sıralama Ort.		z	p
Yumru Eti-Yumru Kabuğu	Negatif Sıralar	5	15,40	77,00	-4,022	,000
	Pozitif Sıralar	31	19,00	589,00		
	Eşit	0				
	Toplam	36				

Ek Açıklamalar-C.35: Çeşitlerin SuSy Gen İfade Seviyelerinin Farklı Örnekleme Zamanlarına Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Friedman Testi Sonuçları

Çeşitler	Örnekleme Zamanları	N	Sıralama Ort.	X ²	sd	p
Russet Burbank	30 gün	6	1,50	18,933	4	,001
	45 gün	6	1,83			
	60 gün	6	5,00			
	75 gün	6	3,17			
	90 gün	6	3,50			
Desiree	30 gün	6	5,00	20,400	4	,000
	45 gün	6	2,50			
	60 gün	6	1,50			
	75 gün	6	4,00			
	90 gün	6	2,00			
Granola	30 gün	6	1,67	12,933	4	,012
	45 gün	6	4,00			
	60 gün	6	3,50			
	75 gün	6	4,00			
	90 gün	6	1,83			
Lady Claire	30 gün	6	3,17	10,933	4	,027
	45 gün	6	2,17			
	60 gün	6	1,67			
	75 gün	6	4,17			
	90 gün	6	3,83			

Ek Açıklamalar-C.37: Yumru Dokularının SuSy Gen İfade Seviyeleri Arasındaki Farkın Anlamlılığını Test Etmek için Yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Mertebeler Testi Sonuçları

Yumru Dokuları	Sıralar	N	Sıralama Ort.	z	p
Yumru Eti-Yumru Kabuğu	Negatif Sıralar	5	15,40	77,00	-4,022 ,000
	Pozitif Sıralar	31	19,00	589,00	
	Eşit	0			
	Toplam	36			

Ek Açıklamalar-C.38: Çeşitlerin TÇP Miktarlarının Farklı Örnekleme Zamanlarına Göre Değişip Değişmediğini Belirlemek Üzere Yapılan Friedman Testi Sonuçları

Çeşitler	Örnekleme Zamanları	N	Sıralama Ort.	X ²	sd	p
Russet Burbank	30 gün	9	4,33	24,089	4	,000
	45 gün	9	2,78			
	60 gün	9	4,33			
	75 gün	9	1,56			
	90 gün	9	2,00			
Desiree	30 gün	9	2,44	26,311	4	,000
	45 gün	9	4,22			
	60 gün	9	4,56			
	75 gün	9	2,44			
	90 gün	9	1,33			
Granola	30 gün	9	1,44	17,422	4	,000
	45 gün	9	2,56			
	60 gün	9	3,67			
	75 gün	9	3,00			
	90 gün	9	4,33			
Lady Claire	30 gün	9	1,33	28,000	4	,003
	45 gün	9	1,67			
	60 gün	9	4,33			
	75 gün	9	3,67			
	90 gün	9	4,00			

Ek Açıklamalar-C.40: Yumru Dokularının TÇP Miktarlarının Arasındaki Farkın Anlamlılığını Test Etmek için Yapılan Non-Parametrik Wilcoxon İşaretlenmiş Mertebeler Testi Sonuçları

Yumru Dokuları	Sıralar	N	Sıralama Ort.	z	p
Yumru Eti-Yumru Kabuğu	Negatif Sıralar	3	6,33	19,00	-5,836 ,000
	Pozitif Sıralar	45	25,71	1157,00	
	Eşit	0			
	Toplam	48			

ÖZGEÇMİŞ

Çiğdem Aydoğan, 1987 Ankara doğumludur. 2009 yılında Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'nden mezun olduktan sonra 2010 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi'nde Bahçe Bitkileri Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak göreve başlamıştır. 2012 yılında "Bazı Taze Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinin Su Basmalı Stresine Toleransları ve Geri Kazanım Kapasiteleri" başlıklı yüksek lisans tezini, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalında tamamlamıştır. 2012 yılında aynı üniversitede Biyoloji Bölümü, Moleküler Biyoloji Anabilimdalında doktora öğrenimine başlamıştır. 2014 yılından bugüne Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görevine devam etmektedir.