



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**EKMEKLİK BUĞDAYDA ÇİFT MELEZ F1
DÖL KUŞAĞI KULLANILARAK ÇOKLU
GENLERİN (*Nax1*, *Nax2*, *Gpc-B1*) TEK
BİTKİYE AKTARILMASI VE GENETİK
İLİŞKİLERİNİN İNCELENMESİ**

İbrahim ÇAKIR

DOKTORA TEZİ

Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

**Ocak-2025
KONYA
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

İbrahim ÇAKIR

20.01.2025

ÖZET

DOKTORA TEZİ

EKMEKLİK BUĞDAYDA ÇİFT MELEZ F1 DÖL KUŞAĞI KULLANILARAK ÇOKLU GENLERİN (*Nax1*, *Nax2*, *Gpc-B1*) TEK BİTKİYE AKTARILMASI VE GENETİK İLİŞKİLERİNİN İNCELENMESİ

İbrahim ÇAKIR

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ali TOPAL
İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Anamika PANDEY
2025, 101 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Ali TOPAL
Prof. Dr. Bayram SADE
Prof. Dr. Sabri GÖKMEN
Prof. Dr. Mustafa YORGANCILAR
Doç. Dr. Aras TÜRKOĞLU

Artan dünya nüfusu, küresel gıda güvenliği üzerinde ciddi bir baskı oluşturan biyotik ve abiyotik stres koşullarıyla karşı karşıyadır. Abiyotik stres koşullarının başında tuzluluk problemi gelmektedir. Bunun yanı sıra, “gizli açlık” olarak adlandırılan, özellikle çinko (Zn) ve demir (Fe) gibi elementlerin yetersiz alımı dünya çapında milyarlarca insanı etkileyen önemli bir halk sağlığı sorunu olarak öne çıkmaktadır. Çalışmada, tuzluluğa toleranslı, mikro besin elementlerince zengin yeni buğday genotiplerinin geliştirilmesi amaçlanmış ve tuzluluğa toleranslılık genleri (*Nax1* ve *Nax2*) ile mikro besin elementi (Fe ve Zn) ve protein oranını artırma etkisine sahip *Gpc-B1* geni hedef gen olarak belirlenmiştir. Çalışmada materyal olarak Kınacı-97 çeşidine *Nax1* ve *Nax2* geni aktarılan hatlar ile *Gpc-B1* geni içeren Yecora Rojo çeşidi kullanılmıştır. Hedef genler melezleme yoluyla aktarılmış ve sonrasında SSR yöntemi ile taranıp pozitif genleri taşıyan genotiplerin seçilimi yapılmıştır. Çalışmanın ilk yılında *Nax1+Gpc-B1* ve *Nax2+Gpc-B1* gen kombinasyonları oluşturulmuştur. İkinci yıl bu genlerin bir araya getirilmesi amaçlanmış fakat üç gen bir araya gelmemiştir. Elde edilen gen kombinasyonu; *Nax1+Nax2*, *Nax1+Gpc-B1* ve *Nax2+Gpc-B1* olarak gerçekleşmiştir. Melez tohumlar kontrollü sera ortamında saksılara ekilerek Kontrol (0 mM), 50 mM, 100 mM ve 200 mM NaCl uygulaması gerçekleştirilmiştir. Genlerin etkileri incelenmek üzere çeşitli analizler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre *Nax1* ve *Nax2* geni içeren (Kın-5907) x (Kın-5924) genotipi düşük Na (0,145) ve B (4,92 mg kg⁻¹) içeriği yanında yüksek Ca (0,64), K/Na (18,07), Ca/Na (4,41) ve protein oranı (%19,42) ile ön plana çıkmış olup tuz stresine karşı üstün dayanıklılık sergilemiştir. *Nax2* ve *Gpc-B1* genlerini içeren (Kın-5924) x Yecora Rojo genotipi bitki P, Ca, Zn, Fe, S ve Mg içeriği bakımından en yüksek, K, Mg ve Zn içeriği bakımından ise ikinci sırada sonuç veren genotip olarak belirlenmiştir. Araştırmada *Nax1* ve *Gpc-B1* geni içeren (Kın-5907) x Yecora Rojo genotipi bitki K, Mg, Ca, Fe, Mn ve B içeriğinde en iyi sonucu vermiştir. Elde edilen sonuçlar, özellikle *Nax1*, *Nax2* ve *Gpc-B1* gen kombinasyonlarının tuz toleransı ve besin elementi birikimi üzerindeki olumlu etkisini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ekmeklik buğday, *Gpc-B1*, Moleküler marker, *Nax1*, *Nax2*, SSR

ABSTRACT

Ph.D THESIS

TRANSFER OF MULTIPLE GENES (*Nax1*, *Nax2*, *Gpc-B1*) INTO A SINGLE PLANT USING DOUBLE CROSS F1 GENERATION IN BREAD WHEAT AND INVESTIGATION OF THEIR GENETIC RELATIONSHIPS

İbrahim ÇAKIR

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY
IN FIELD CROPS

Advisor: Prof. Dr. Ali TOPAL
Second Advisor: Assist. Prof. Anamika PANDEY

2025, 101 Pages

Jury
Prof. Dr. Ali TOPAL
Prof. Dr. Bayram SADE
Prof. Dr. Sabri GÖKMEN
Prof. Dr. Mustafa YORGANCILAR
Doç. Dr. Aras TÜRKOĞLU

The increasing global population faces biotic and abiotic stress conditions that exert significant pressure on global food security. Among abiotic stress factors, salinity is one of the most critical challenges. Additionally, "hidden hunger," characterized by insufficient intake of elements such as zinc (Zn) and iron (Fe), represents a major public health issue affecting billions of people worldwide. This study aimed to develop new wheat genotypes that are tolerant to salinity and rich in micronutrients. The genes *Nax1* and *Nax2*, which confer salinity tolerance, and the *Gpc-B1* gene, which enhances Fe, Zn, and protein content, were selected as target genes. As plant materials, lines carrying *Nax1* and *Nax2* genes introgressed into the Kinacı-97 cultivar and the Yecora Rojo cultivar containing the *Gpc-B1* gene were used. The target genes were transferred via hybridization and subsequently screened using the SSR method to select genotypes carrying the desired genes. In the first year of the study, *Nax1+Gpc-B1* and *Nax2+Gpc-B1* gene combinations were established. In the second year, the goal was to combine all three genes; however, no genotype carrying all three genes simultaneously was obtained. The final gene combinations were *Nax1+Nax2*, *Nax1+Gpc-B1*, and *Nax2+Gpc-B1*. Hybrid seeds were sown in pots under controlled greenhouse conditions, and NaCl treatments of 0 mM (control), 50 mM, 100 mM, and 200 mM were applied. Various analyses were conducted to examine the effects of the genes. Various analyses were conducted to examine the effects of the genes. According to the results, the (Kin-

5907) × (K1n-5924) genotype, which carries the *Nax1* and *Nax2* genes, stood out with its low Na (0.145) and B (4.92 mg kg⁻¹) content, as well as high Ca (0.64), K/Na (18.07), Ca/Na (4.41) ratios, and protein content (19.42%). This genotype exhibited superior tolerance to salt stress. The (K1n-5924) × Yecora Rojo genotype, which contains the *Nax2* and *Gpc-B1* genes, was identified as the genotype with the highest levels of P, Ca, Zn, Fe, S, and Mg, while ranking second in terms of K, Mg, and Zn content. In addition, the (K1n-5907) × Yecora Rojo genotype, which harbors the *Nax1* and *Gpc-B1* genes, demonstrated the best results in terms of K, Mg, Ca, Fe, Mn, and B accumulation in the plant. The findings highlight the positive impact of *Nax1*, *Nax2*, and *Gpc-B1* gene combinations on salinity tolerance and nutrient accumulation in wheat.

Keywords: Bread wheat, *Gpc-B1*, molecular marker, *Nax1*, *Nax2*, SSR



ÖNSÖZ

Sürdürülebilir tarım, hızla artan dünya nüfusunun ihtiyacı olan yeterli ve kaliteli miktarlarda gıda maddesinin uygun maliyetlerde üretimi, çiftçilerin sosyo-ekonomik yeterliliğinin sağlanması, dünya tarımının ekonomik canlılığı, çevrenin ve doğal tarım kaynaklarının korunması bakımından oldukça önemli bir yere sahiptir. İnsan ve hayvan beslenmesinde sürdürülebilirliğin sağlanması, sürdürülebilir tarım uygulamalarından geçmektedir. Tarımsal üretimde sürdürülebilirliği sağlayabilmek için öncelikle üretimi kısıtlayan sorunların tespit edilmesi ve bu sorunlara karşı çözüm yolu bulunması hayati derecede öneme sahiptir. Bu noktada tez konumun belirlenmesinde ve çalışmanın tüm aşamalarında bilgi, tecrübe ve desteğini her zaman arkamda hissettiğim çok değerli danışman hocam Prof. Dr. Ali TOPAL'a teşekkürü borç bilirim.

Çalışmanın bitki ıslahı aşamalarında bilgi ve tecrübelerini eksik etmeyen Sayın Prof. Dr. Bayram SADE ve Prof. Dr. Süleyman SOYLU hocalarıma teşekkür ederim.

Araştırmanın moleküler çalışmalarında her türlü bilgi ve imkân sağlayan ikinci tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Anamika PANDEY hocama ve laboratuvar çalışmalarında desteklerini esirgemeyen Prof. Dr. Erdoğan Eşref HAKKI hocama teşekkür ederim.

Çalışmanın her aşamasında üzerimde çok emeği olan Dr. Öğr. Üyesi Nur KOÇ KOYUN hocama, Zir. Yük. Müh. Ramazan KOYUN'a, Zir. Yük. Müh. Ali DOĞANER'e, Zir. Müh. Mehmet KAYMAKCI'ya, Zir. Müh. Fatih TANKİŞİ'ye ve ismini saymadığım arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Yükseköğretim Kurulu tarafından ülkemizin öncelikli alanlarında doktoralı insan kaynağına olan ihtiyacını karşılamak üzere başlatmış olduğu 'YÖK 100/2000 doktora projesi'nin Sürdürülebilir Tarım tematik alanında yer almaktan duyduğum mutluluğu dile getirmek isterim. Ayrıca bu proje kapsamında burs desteği veren Yüksek Öğretim Kurumu'na teşekkür ederim.

Eğitim hayatımın her aşamasında desteğini hep arkamda hissettiğim başta babam Recep ÇAKIR'a, annem Gülcan ÇAKIR'a kardeşlerim Pakize TATKÖY ve Ayşegül ORHAN'a teşekkür ederim.

Eğitim hayatımın en önemli aşamalarından birisi olan doktora çok emek, sabır ve fedakarlık isteyen bir süreçtir. Bu zorlu sürecin her anında yanımda olan, birçok konuda fedakarlık gösteren kıymetli eşim Zir. Yük. Müh. Cansu ÇAKIR'a ve varlığıyla çalışma azmimi artıran canım kızım Duru ÇAKIR'a teşekkür ederim.

İbrahim ÇAKIR
KONYA-2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
EKLER DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
Tuz ve Besin Elementi	4
Melezleme ve Genetik İlişkiler	12
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	22
3.1. Materyal	22
3.1.1. Melezlemede kullanılan bitkisel materyal	22
3.1.2. Sera denemesinde kullanılan bitkisel materyal	22
3.1.3. Sera denemesinde kullanılan toprak materyali	23
3.2. Yöntem.....	23
3.2.1. Melez bahçesinin hazırlanması ve melezleme işlemleri	25
3.2.2. Moleküler analiz yöntemleri	30
3.2.3. Sera tuz denemesi	36
3.2.4. Bitki besin elementi analizi.....	37
3.2.5. Klor Analizi	38
3.2.6. Bitkide hücre zarı geçirgenliği (EC) analizi	38
3.2.7. Protein analizi	39
3.2.8. Verilerin İstatistik analizi.....	40
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	41
4.1. Birinci Yıl Kapillar Elektforez Sonuçları	41
4.1.1. (Kınacı x 5907) x Yecora Rojo Melezine ait <i>Nax1</i> ve <i>Gpc-B1</i> geni bulguları	41
4.1.2. (Kınacı x 5924) x Yecora Rojo Melezine ait <i>Nax2</i> ve <i>Gpc-B1</i> geni bulguları	45
4.2. İkinci Yıl Kapillar Elektforez Sonuçları.....	49
4.3. Bitki Besin Elementi Konsantrasyonları.....	54

4.3.1. Bitkide P konsantrasyonu	54
4.3.2. Bitkide K konsantrasyonu	56
4.3.3. Bitkide Na konsantrasyonu	58
4.3.4. Bitkide Mg konsantrasyonu	60
4.3.5. Bitkide S konsantrasyonu	61
4.3.6. Bitkide Ca konsantrasyonu	62
4.3.7. Bitkide Fe konsantrasyonu	65
4.3.8. Bitkide Zn konsantrasyonu	67
4.3.9. Bitkide Mn konsantrasyonu	70
4.3.10. Bitkide Cu konsantrasyonu	71
4.3.11. Bitkide B konsantrasyonu	73
4.3.12. Bitkide K/Na Oranı	75
4.3.13. Bitkide Ca/Na Oranı	76
4.4. Tanede Protein Analizi	77
4.5. Klor Analizi	79
4.6. Bitkide Hücre Zarı Geçirgenliği (EC) Analizi	81
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	84
5.1 Sonuçlar	84
5.2 Öneriler	89
KAYNAKLAR	91
EKLER	97
ÖZGEÇMİŞ	101

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzde
°C	: Santigrat derece
∞	: Sonsuz
AgNO ₃	: Gümüş nitrat
B	: Bor
C/N	: Karbon/azot
Ca	: Kalsiyum
Cu	: Bakır
ddH ₂ O	: Ultra saf su
dH ₂ O	: Saf su
Fe	: Demir
H ₂ O	: Su
HCl	: Hidroklorik asit
HNO ₃	: Nitrik asit
K	: Potasyum
KH ₂ PO ₄	: Potasyum dihidrojen fosfat
Mg	: Magnezyum
MgCl ₂	: Magnezyum klorür
Mn	: Mangan
N	: Azot
Na	: Sodyum
Na ₂ SO ₄	: Sodyum Sülfat
NaCl	: Sodyum klorür
P	: Fosfor
P ₂ O ₅	: Fosfor Pentoksit
S	: Kükürt
Zn	: Çinko
ZnSO ₄	: Çinko Sülfat
>.	: Büyüktür
<.	: Küçüktür

Kısaltmalar

μL	: Mikrolitre
1BL	: Buğdayın birinci uzun kolu
A	: Adenin
bp	: Baz çifti (base pair)
BYKS	: Bayrak yaprak yeşil kalma süresi
C	: Sitozin
Cl	: Klor
da	: Dekar
DEEM	: Denemeden Elde Edilen Materyal
dk	: Dakika
DNA	: Deoksiriboz nükleik asit
dS cm ⁻¹	: Santimetredeki desiSiemens
EC	: Elektriksel kondaktivite

F	: İleri
G	: Genotip
g	: Gram
G	: Guanin
g/L	: 1 litre içerisindeki gram
GM	: Geri Melez
ICP-OES	: İndüktif Eşleşmiş Plazma Atomik Emisyon Spektroskopisi
kcal	: Kilo kalori
kg	: Kilogram
Kg/da	: Dekarda kilogram
kV	: Kilo Volt
L	: Litre
m	: Metre
MAP	: Mono amonyum fosfat
MAS	: Markör destekli seleksiyon (seçim)
MDA	: Malondialdehit
mg kg ⁻¹	: Milyonda bir kısım
mm	: Milimetre
mM	: MiliMolar
NBS	: Nükleotid bağlanma bölgesi
NDVI	: Düzeltilmiş Bitki Örtü Katsayısı
ng	: Nano gram
PCR	: Polimeraz zincir reaksiyonu
pH	: Hidrojen potansiyeli
ppm	: Milyonda bir kısım
PSI	: İnç kare başına ağırlık
QTL	: Kantitatif özellik lokusu
R	: Geri
rpm	: Dakikadaki dönüş sayısı
sn	: Saniye
SOD	: Süperoksit dismutaz
SPAD	: Klorofil metre
SSR	: Basit dizi tekrarları
SÜZF	: Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi
T	: Timin
TTAE	: Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü
µS/cm	: Santimetredeki mikroSiemens

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Melezlemede kullanılan buğday genotipleri ve menşeleri	22
Çizelge 3.2. Sera denemesi bitki materyali ve menşei	22
Çizelge 3.3. Yetiştirme ortamı olarak kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal bazı özellikleri	23
Çizelge 3.4. Çalışmanın iş akış tablosu	24
Çizelge 3.5. SSR çalışması için kullanılan PCR master mix bileşimi	32
Çizelge 3.6. SSR çalışması için kullanılan PCR Protokolü	33
Çizelge 3.7. Primerlere ait nükleotid dizilimi	33
Çizelge 4.1. Tuz uygulamalarının bitkilerin P içeriği üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları	54
Çizelge 4.2. Tuz uygulamalarında ekmeklik buğday genotiplerinin bitki P içeriklerine ilişkin ortalama değerler (%)	54
Çizelge 4.3. Tuz uygulamalarının bitkilerin K içeriği üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları	56
Çizelge 4.4. Tuz uygulamalarında ekmeklik buğday genotiplerinin bitki K içeriklerine ilişkin ortalama değerler (%)	57
Çizelge 4.5. Tuz uygulamalarının bitkilerin Na içeriği üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları	59
Çizelge 4.6. Tuz uygulamalarında ekmeklik buğday genotiplerinin bitki Na içeriklerine ilişkin ortalama değerler (%)	58
Çizelge 4.7. Tuz uygulamalarının bitkilerin Mg içeriği üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları	61
Çizelge 4.8. Tuz uygulamalarında ekmeklik buğday genotiplerinin bitki Mg içeriklerine ilişkin ortalama değerler (%)	60
Çizelge 4.9. Tuz uygulamalarının bitkilerin S içeriği üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları	61
Çizelge 4.10. Tuz uygulamalarında ekmeklik buğday genotiplerinin bitki S içeriklerine ilişkin ortalama değerler (%)	62
Çizelge 4.11. Tuz uygulamalarının bitkilerin Ca içeriği üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları	63

Çizelge 4.12. Tuz uygulamalarında ekmeklik buğday genotiplerinin bitki Ca içeriklerine ilişkin ortalama değerler (%)	63
Çizelge 4.13. Tuz uygulamalarının bitkilerin Fe içeriği üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları	65
Çizelge 4.14. Tuz uygulamalarında ekmeklik buğday genotiplerinin bitki Fe içeriklerine ilişkin ortalama değerler (mg kg^{-1})	66
Çizelge 4.15. Tuz uygulamalarının bitkilerin Zn içeriği üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları	68
Çizelge 4.16. Tuz uygulamalarında ekmeklik buğday genotiplerinin bitki Zn içeriklerine ilişkin ortalama değerler (mg kg^{-1})	68
Çizelge 4.17. Tuz uygulamalarının bitkilerin Mn içeriği üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları	70
Çizelge 4.18. Tuz uygulamalarında ekmeklik buğday genotiplerinin bitki Mn içeriklerine ilişkin ortalama değerler (mg kg^{-1})	70
Çizelge 4.19. Tuz uygulamalarının bitkilerin Cu içeriği üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları	71
Çizelge 4.20. Tuz uygulamalarında ekmeklik buğday genotiplerinin bitki Cu içeriklerine ilişkin ortalama değerler (mg kg^{-1})	72
Çizelge 4.21. Tuz uygulamalarının bitkilerin B içeriği üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları	73
Çizelge 4.22. Tuz uygulamalarında ekmeklik buğday genotiplerinin bitki B içeriklerine ilişkin ortalama değerler (mg kg^{-1})	74
Çizelge 4.23. Bitkide ortalama K (%) ve Na (%) içerik değerine ait K/Na oranı	76
Çizelge 4.24. Bitkide ortalama Ca (%) ve Na (%) içerik değerine ait Ca/Na oranı	76
Çizelge 4.25. Tuz uygulamalarının bitkilerin tanede protein içeriği üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları	77
Çizelge 4.26. Tuz uygulamalarında ekmeklik buğday genotiplerinin tane protein içeriğine ilişkin ortalama değerler (%)	77
Çizelge 4.27. Tuz uygulamalarının bitkilerin Cl içeriği üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları	79
Çizelge 4.28. Tuz uygulamalarında ekmeklik buğday genotiplerinin bitki Cl içeriklerine ilişkin ortalama değerler (%)	80

Çizelge 4.29. Tuz uygulamalarının bitkilerin EC içeriği üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları 82

Çizelge 4.30. Tuz uygulamalarında ekmeklik buğday genotiplerinin bitki EC içeriklerine ilişkin ortalama değerler (%) 82



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Melezleme şeması	25
Şekil 3.2. Melez bahçesinden bir görünüm	27
Şekil 3.3. Başak seçimi ve emaskülasyon işlemlerinden bir görünüm	27
Şekil 3.4. Emaskülasyon işlemi uygulanmış ve izolasyon kağıdı ile kapatılmış başak görünümü	28
Şekil 3.5. Melezlenmiş bitkilerden bir görünüm	28
Şekil 3.6. İkinci melezleme yılındaki numaralandırılmış bitkilerden bir görünüm	29
Şekil 3.7. Melezlenmiş başakların kontrol ve harmanlamasından bir görünüm	29
Şekil 3.8. Agaroz jelde yürütülen DNA'ların görüntüsü	31
Şekil 3.9. DNA izolasyonu için bitki örneği alımından bir görünüm	34
Şekil 3.10. TissueLyser (a) ve Minispın (b) cihazları	34
Şekil 3.11. Analiz için örnek hazırlığı (a) ve tüplerin içerisine örneklerin alınması (b)	35
Şekil 3.12. Analizlerde kullanılan Thermosheaker cihazı (a) ve PCR cihazı (b)	35
Şekil 3.13. Çalışmada kullanılan QIAcube HT (a) , Qiaxcel advanced (b) ve Thermo Fisher Scientific jel elektroforez (c) cihazından bir görünüm	36
Şekil 3.14. Genotiplerin 200 mM tuz dozu altındaki görüntüleri	39
Şekil 3.15. Yecora Rojo, (K1n-5907) x Yecora Rojo ve (K1n-5924) x Yecora Rojo genotiplerinin 200 mM NaCl	39
Şekil 4.1. (K1nac1 x 5907) x Yecora Rojo melezlerindeki <i>Nax1</i> genine ait pozitif allel görüntüsü	42
Şekil 4.2. (K1nac1 x 5907) x Yecora Rojo melezlerindeki <i>Gpc-B1</i> genine ait pozitif allel görüntüsü	43
Şekil 4.3. (K1nac1 x 5907) x Yecora Rojo melezlerindeki <i>Gpc-B1</i> genine ait pozitif allel görüntüsü (2. Ekim)	44
Şekil 4.4. (K1nac1 x 5924) x Yecora Rojo melezlerindeki <i>Nax2</i> genine ait pozitif allel görüntüsü	46
Şekil 4.5. (K1nac1 x 5924) x Yecora Rojo melezlerindeki <i>Gpc-B1</i> genine ait pozitif allel görüntüsü	47

Şekil 4.6. (Kınacı x 5924) x Yecora Rojo melezlerindeki <i>Gpc-B1</i> genine ait pozitif allel görüntüsü (2. Ekim)	48
Şekil 4.7. ((Kınacı x 5907) x Yecora Rojo) x ((Kınacı x 5924) x Yecora Rojo) melezlerindeki <i>Nax1</i> geninin pozitif allel görüntüsü	50
Şekil 4.8. ((Kınacı x 5907) x Yecora Rojo) x ((Kınacı x 5924) x Yecora Rojo) melezlerindeki <i>Nax2</i> geninin pozitif allel görüntüsü	51
Şekil 4.9. ((Kınacı x 5907) x Yecora Rojo) x ((Kınacı x 5924) x Yecora Rojo) melezlerindeki <i>Gpc-B1</i> geninin pozitif allel görüntüsü	52
Şekil 4.10. Tuz uygulamalarının bitkide P konsantrasyonuna etkileri (%)	56
Şekil 4.11. Tuz uygulamalarının bitkide Ca konsantrasyonuna etkileri (%)	65
Şekil 4.12. Tuz uygulamalarının bitkide Fe konsantrasyonuna etkileri (mg kg ⁻¹)	67
Şekil 4.13. Tuz uygulamalarının bitkide Zn konsantrasyonuna etkileri (mg kg ⁻¹)	69
Şekil 4.14. Tuz uygulamalarının bitkide Cu konsantrasyonuna etkileri (mg kg ⁻¹)	73
Şekil 4.15. Tuz uygulamalarının bitkide B konsantrasyonuna etkileri (mg kg ⁻¹)	75
Şekil 4.16. Tuz uygulamalarının tanede protein değeri üzerine etkileri (%).....	79
Şekil 4.17. Tuz uygulamalarının bitkide Cl konsantrasyonuna etkileri (%).....	81
Şekil 4.18. Tuz uygulamalarının bitkide EC içeriğine etkileri (%).....	83
Şekil 5.1. Genotiplerin tüm tuz dozlarının ortalaması üzerinden performans tablosu....	87
Şekil 5.2. Genotiplerin 200 mM NaCl uygulamasındaki performans tablosu... ..	88

EKLER DİZİNİ

Ek 1. (K1nac1 x 5907) x Yecora Rojo melezlerindeki <i>Nax1</i> geni taramasına ait örnek bp tablosu	97
Ek 2. (K1nac1 x 5907) x Yecora Rojo melezlerindeki <i>Gpc-B1</i> geni taramasına ait örnek bp tablosu	97
Ek 3. (K1nac1 x 5924) x Yecora Rojo melezlerindeki <i>Nax2</i> geni taramasına ait örnek bp tablosu	98
Ek 4. (K1nac1 x 5924) x Yecora Rojo melezlerindeki <i>Gpc-B1</i> geni taramasına ait örnek bp tablosu	98
Ek 5. ((K1nac1 x 5907) x Yecora Rojo) x ((K1nac1 x 5924) x Yecora Rojo) melezlerindeki <i>Nax1</i> geni taramasına ait örnek bp tablosu	99
Ek 6. ((K1nac1 x 5907) x Yecora Rojo) x ((K1nac1 x 5924) x Yecora Rojo) melezlerindeki <i>Nax2</i> geni taramasına ait örnek bp tablosu	99
Ek 7. ((K1nac1 x 5907) x Yecora Rojo) x ((K1nac1 x 5924) x Yecora Rojo) melezlerindeki <i>Gpc-B1</i> geni taramasına ait örnek bp tablosu	100

1. GİRİŞ

Tahıl ürünleri, tarih boyunca insan beslenmesinin temel unsurlarından biri olmuş ve küresel gıda güvenliğinde hayati bir rol oynamıştır. Buğday, hem insan tüketimi için doğrudan kullanımı hem de hayvan yemi olarak işlev görmesi nedeniyle, bitkisel ve hayvansal gıda tedarikinde kritik bir öneme sahiptir. Buğday, dünya genelinde yetiştirilen bitkiler arasında ekiliş alanı ve üretim miktarı açısından en önde gelen serin iklim tahılıdır (Olgun ve ark., 2017). Nüfus artışı, özellikle gelişmekte olan ülkeler başta olmak üzere, dünyanın birçok bölgesinde dengesiz beslenme ve açlık gibi sorunlarla kendini göstermektedir. Bu bağlamda, insanoğlunun beslenme kaynakları arasında genel olarak tahıllar, özelde ise buğdayın tartışılmaz bir öneme sahip olduğu açıktır (Özdemir ve ark., 2012).

Dünya buğday üretimi 1961 yılında 222,35 milyon ton iken zamanla üretim artmış 2023-2024 üretim sezonunda 759,27 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye'nin buğday üretimi 2023-2024 üretim sezonunda 22,0 milyon tondur. Dünya üretiminin %2,90'ını karşılamıştır. Türkiye en çok buğday üreten ülkeler arasında 10. sırada yer almakta olup üretimin en yüksek yapıldığı bölgesi Orta Anadolu bölgesidir (Anonim, 2024a; 2024b).

Bitkiler, yaşam döngüleri boyunca yetiştirildikleri toprak ve çevresel koşullarda, büyüme ve gelişimlerini olumsuz etkileyen çeşitli zorluklarla karşılaşır, bu zorluklar genel olarak "stres" olarak adlandırılır (Gürel ve Avcıoğlu, 2001). Bressan (2008), stres faktörlerini abiyotik (kuraklık, tuzluluk, rüzgâr ve sıcaklık) ve biyotik (böcekler ve hastalık etmenleri) olmak üzere iki ana kategoriye ayırmıştır. Kuraklığın ardından tuzluluk, dünya genelinde bitkilerin büyümesini ve ürün verimliliğini en fazla sınırlayan abiyotik stres faktörlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Shabala ve Munns, 2017). Tuzlu topraklarla mücadelenin oldukça güç olması ve uzun vadeli olmamasından dolayı, tuzlu topraklardan yararlanabilmek ve yeterli verim ve kalitede üretim yapabilmek için yeni çeşitlerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Kanber ve ark. (2005), Türkiye'de yaklaşık 1,5 milyon hektar alanda tuzluluk ve alkalilik sorunu özellikle Amik, Harran, Aşağı Seyhan ve Konya Ovaları gibi bölgelerde daha yoğun olarak görülmektedir. Türkiye'de yapılan arazi incelemelerine göre, sulanabilir özellikteki 12,5 milyon hektarlık arazinin yaklaşık 2,8 milyon hektarı yaş topraklardan, 1,5 milyon hektarı ise tuzlu ve sodyumlu topraklardan oluşmaktadır (Taş ve Öztürk, 2011; Öztürk, 2015).

James ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada, *Nax1* geni, Na^+ iyonlarının kökten gövdeye taşınmasını yavaşlatırken yaprak kınında birikimini artırdığı, *Nax2* geni ise Na^+ taşınımını kısıtlayıp K^+ taşınımını hızlandırarak yaprakta K^+/Na^+ oranını yükselttiği ifade edilmiştir.

Son yıllarda, genetik çalışmalarda da birçok alanda olduğu gibi oldukça hızlı ilerlemeler kaydedilmiştir. Hem dünyada hem de ülkemizde birçok araştırmacı, en son geliştirilen teknikleri kullanarak buğdayın tane verimi, kalite, hastalık ve zararlılara dayanıklılık, kuraklık, soğuk ve toksik maddelere karşı tolerans gibi pek çok özelliğini iyileştirmeye yönelik çalışmalar yapmaktadır (Akçura ve Topal, 2006). Özellikle ekmeklik buğdayın besin değerini artırmaya yönelik çalışmaların odak noktalarından biri, protein ve mikro besin elementleri miktarını artıran *Gpc-B1* lokusudur (Gündüz, 2016). *Gpc-B1* (Grain protein content; dane protein içeriği) geni, ekmek ve makarna kalitesi üzerinde güçlü bir etkiye sahip olup, buğdayın besin değerini artırmaktadır (Uauy ve ark., 2006). *Gpc-B1* geninin, nihai ürünün kalitesini olumlu yönde etkileyebilme potansiyeli, yetiştiriciler tarafından büyük ilgi görmesini sağlamıştır (Vishwakarma ve ark., 2014). Bu gen, bayrak yaprağında çiçeklenme döneminde çözünebilir protein ve amino asit oranını artırarak, azot mobilizasyon verimini yükseltmesi nedeniyle buğday ıslah programlarında sıkça tercih edilmeye başlanmıştır.

Klasik bitki ıslahı, melezleme sonucu elde edilen farklı genetik özellikler gösteren dölleri arasından en üstün genotiplerin seçilmesi esasına dayanır. Ancak genotip ile çevre arasındaki etkileşim, doğru sonuçlar elde etmeyi zorlaştırır. Bunun yanı sıra, fenotipik seleksiyon süreci pahalıdır ve abiyotik stres koşullarına tolerans gibi özelliklerle bağlantılı karakterler için her zaman uygulanabilir değildir. Bu sorunların üstesinden gelmek amacıyla geliştirilen markör destekli seleksiyon (MAS), klasik bitki ıslahında karşılaşılan zorluklara yenilikçi bir çözüm sunmaktadır (Francia ve ark., 2004).

Moleküler markörler, istenen genotipteki belirli bir geni izlemek veya farklı bir geni ya da özelliği tespit etmek amacıyla kullanılan araçlardır (Yıldırım, 2007). Bu markörler, gözle görülebilir özelliklere dayanan morfolojik markörler ve protein temelli biyokimyasal markörlere kıyasla çok daha güvenilirlerdir. Sayıca fazladır, çevresel faktörlerden etkilenmezler ve bitkinin gelişiminin herhangi bir aşamasında kolaylıkla gözlemlenebilirler. Ayrıca, lokuslar arası etkileşim oluşturmazlar. Bu avantajlar sayesinde, Deoksiriboz nükleik asit (DNA) markörleri bitki ıslah çalışmalarında

genotiplerin seçimi için en etkili araç olarak kabul edilmektedir (Ovesna ve ark., 2002; Güleç, 2010).

Bu çalışmada, buğdayda tuzluluğa tolerans sağlayan *Nax1* ve *Nax2* genleri ile tanede protein, demir ve çinko içeriğini artıran *Gpc-B1* geninin melezleme yoluyla tek bir bitkiye aktarılması ve ardından Simple Sequence Repeats (SSR) yöntemiyle taranarak bu genlerin etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.



2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Tuz ve Besin Elementi

Özgül (1974), tuzluluğun bitki gelişimini ve verimliliğini kısıtlayan önemli çevresel faktörlerden biri olduğunu bildirmiştir. Tuzluluk probleminin görüldüğü alanlar incelendiğinde, çoğunun kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde yer aldığı dikkat çekmektedir. Tuzluluk sorununa neden olan temel faktörler arasında sulama sularındaki tuzlar, toprak özellikleri ve iklim koşulları sayılabilir. Bu bağlamda, tuzluluk sorunu özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde, bitkilerin kök bölgesindeki çözünebilir tuzların uzaklaştırılamamasıyla ortaya çıkmaktadır. Özellikle sıcak ve yağışın az olduğu dönemlerde, tuzlu taban suları toprak yüzeyine kılcal yükselme yoluyla ulaşmakta ve bu süreçte yüksek evaporasyon nedeniyle suyun buharlaşması sonucu tuzun toprak yüzeyinde birikmesi durumu gözlenmektedir (Richards, 1954; Kanber ve Ünlü, 2008).

Toprak tuzluluğu bitki fizyolojisi üzerinde çok yönlü olumsuz etkiler yaratan önemli bir abiyotik stres faktörüdür. Tuzlu ortamlarda bitkiler, tuz birikimi nedeniyle su alımı ve taşınımı, besin elementi alımı ve kullanımı gibi temel fizyolojik süreçlerde ciddi kısıtlamalarla karşılaşmaktadırlar. Bu durum yaprak alanı, kök büyümesi ve biyokütle üretimi gibi vejetatif büyüme parametrelerinde azalmalara neden olmaktadır. Tuz stresinin fotosentez, solunum ve protein sentezi gibi metabolik süreçleri inhibe ettiği, hormonal dengenin bozulmasına yol açtığı ve oksidatif stresi tetiklediği bilinmektedir. Sonuç olarak, tuz stresine maruz kalan bitkilerde verimde azalma, ürün kalitesinde düşüş ve hatta bitki ölümüne kadar varan ciddi sorunların gözlemlendiği ifade edilmiştir (Çakırlar ve Topçuoğlu, 1985).

Yakıt ve Tuna (2006), tuzun bitkiler için önemli bir abiyotik stres faktörü olduğunu ifade etmişlerdir. Topraktaki tuz konsantrasyonunun artması, bitkilerin su alımını zorlaştırmak suretiyle fizyolojik kuraklığa neden olmaktadır. Bu durum, hücre membranlarının zarar görmesi, fotosentez hızının düşmesi ve oksidatif stres gibi bir dizi olumsuz etkiyle sonuçlanmaktadır. Bitkiler, bu stres koşullarına karşı çeşitli adaptasyon mekanizmaları geliştirmişlerdir. Bu mekanizmalar arasında, osmotik ayarlama, iyon homeostazı ve antioksidan sistemin güçlendirilmesi gibi süreçler yer almaktadır. Araştırmacılar mısır bitkisinin (*Zea mays*) tuz stresine karşı gösterdiği tepkiler ve bu stres koşullarında Ca, K ve Mg besin elementlerinin koruyucu etkilerini inceledikleri

çalışmada, bu besin elementlerinin tuz stresinin olumsuz etkilerini azaltarak bitkinin hayatta kalma şansını artırdığını Kalsiyumun, hücre zarının yapısını güçlendirerek, tuz stresinin neden olduğu zararlı etkileri azaltırken, potasyumun hücre içindeki osmotik basıncı düzenleyerek su kaybını önlediğini ifade etmişlerdir. Magnezyum ise, birçok enzimin aktif merkezi için gerekli olan bir kofaktör olarak, metabolik faaliyetlerin devamlılığını sağladığı belirtilmiştir. Ayrıca, bu besin elementlerinin bitki içinde oluşan zararlı serbest radikalleri temizleyerek oksidatif stresi azaltmada da önemli bir rol oynadığı bildirilmiştir.

Dünyada tuzdan etkilenmiş olan toprakların büyük bir kısmında Na_2SO_4 ve NaCl 'un etkili olduğu bildirilmiş olup, tuzluluğun oluşma sebeplerinden birisi olan sekonder tuzluluğun nedenleri olarak tarım yapılan alanlarda yoğun sulama ile çeşitli tuzlar yönünden zengin yer altı suyu seviyesinin toprağın yüzeyine kadar yükselmesi, aşırı otlatma ve bir bölgenin doğal vejetasyonunu yok ederek üzerinde tarım yapılan arazilerinin açılması ve toprakların tuzluluğa neden olan kimyasallarla kontaminasyonu olarak sıralanabileceği rapor edilmiştir (Pessarakli ve Szabolcs, 2019).

Munns ve Tester (2008), tuzluluğun oluşum nedenlerine göre primer ve sekonder tuzluluk olmak üzere iki gruba ayrılabilceğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar primer tuzluluğun oluşumunda ana kayaların ayrışması, tuz içeren okyanuslar ve iklimsel faktörlerin etkili olduğu ifade etmişlerdir.

Van Hoorn ve ark. (2001), topraktaki tuz birikiminin bitki gelişimini farklı seviyelerde etkilediğini ve bitki türlerine göre tepkilerin değişiklik gösterebildiğini belirtmişlerdir. Tuzluluk üzerine yapılan araştırmalarda, bitkilerin gelişme dönemleri arasında özellikle çimlenme ve fide gelişim dönemleri üzerinde daha yoğun durulmakta; bu dönemler, türlerin tuza karşı tepkilerinin belirlenmesinde öncelikli olarak dikkate alınmaktadır. Tuzlu topraklarda yetiştirilen bitkilerde görülen verim kaybının nedenleri arasında; fazla miktarda bulunan Na ve Cl gibi iyonların toksik etkileri, bitki iyon dengesindeki bozulmalar (Flowers ve Yeo, 1981), bitkinin farklı bölgelerine besin alımı ve taşınmasındaki problemler ile fotosentez ve solunum gibi fizyolojik işlevlerin zarar görmesi yer almaktadır (Leopold ve Willing, 1984). Ayrıca, tuz stresinde bitkilerde biriken aşırı miktardaki sodyumun, potasyum alımını engellerken (Siegel ve ark., 1980)

klor ise özellikle nitrat alımını sınırlandırarak (İnal ve ark., 1995) bitkilerin iyon dengesini bozabilmektedir.

Essa (2002), toprağın tuz içeriğinin artmasının kök bölgesindeki osmotik basıncı yükselttiğini, bunun da tohumun çimlenme döneminde ve bitkinin büyüme aşamalarında su alımını azalttığını veya tamamen engellediğini belirtmiştir.

Abdel-Aleem ve ark. (1992) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, 26 ekmeklik buğday genotipi farklı tuz konsantrasyonlarına (0, 7, 14, 21 dS m⁻¹) maruz bırakılarak çimlenme ve erken fide büyümesi üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışmada, 21 dS m⁻¹ tuz konsantrasyonunda çimlenme oranı %50'nin altına düşen yedi genotipin analiz dışı bırakılmıştır. Kalan genotiplerde ise, tuz konsantrasyonundaki artışla birlikte çimlenme yüzdesi, sürgün ve kök uzunluğu ile yaprak alanı değerlerinde anlamlı düşüşler gözlemlenmiştir. Araştırmacılar, genotipler ve tuz konsantrasyonları arasındaki etkileşimin önemli olduğunu vurgulayarak, buğday genotiplerinin tuz stresine karşı farklı tepkiler gösterdiğini ve tuz toleransının genetik bir özellik olduğunu belirtmişlerdir.

Alpaslan ve ark. (1998) yaptıkları çalışmada, Türkiye'de yaygın olarak üretilen altı buğday (Gerek-79, Bolal-2973, Kırış-66, Çakmak-79, Bezostaya-1, Kızıltan-91) ve altı çeltik (Ribe, Tri-445, Serhat 92, Kros 424, Baldo, Rocca) çeşidinin tuz stresine karşı Ca, P, Fe, Cu, Zn ve Mn içeriklerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda tuz stresinin Kızıltan-91 buğdayında P içeriğini, Gerek-79, Bolal-2973 ve Kırış-66 buğday çeşitlerinde ise Fe içeriğini azalttığını belirlemişlerdir. Çakmak-79 ve Bezostaya-1 çeşitlerinde ise tuz stresinin bitki Fe içeriğini arttırdığı bildirilmiştir.

Öncel ve Keleş (2002) yaptıkları çalışmada, iki buğday türüne ait 6 genotipin (Bezostaya-1, Seri-82, Kırış-66, Kızıltan-91, Kunduru 414-44, Çeşit-1252) 200 mM NaCl ile uygulanan tuz stresine tepkilerini incelemişlerdir. Tuz stresi, bitki büyümesini ve oransal su içeriğini (OSİ) önemli ölçüde azaltmış, klorofil miktarlarında düşüşe yol açmıştır. Araştırmada prolin miktarı belirgin şekilde artarken, çözünür protein ve fenolikler hafif artış göstermiş, çözünür karbonhidrat miktarı genotiplere göre değişiklik göstermiş ve genotipler tuzluluğa farklı tepki göstermiştir.

Chen ve ark. (2003), buğday çeşitlerinin tuz stresine karşı gösterdiği farklılıklara genetik düzeyde yaklaşarak, tuz stresine toleranslı ve duyarlı genotipler arasında önemli gen bölgeleri tespit etmişlerdir. Bu çalışmada özellikle glikojen sentaz kinaz-şagi kinaz (TaGSK1) geninin tuz stresine tolerans ile doğrudan ilişkili olduğu belirlenmiştir. Tuz stresine maruz kalan bitkilerde TaGSK1 geninin etkisinin arttığı gözlemlenmiştir. Bu durum genin stres koşullarında önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

Tayyar (2005), bitki ıslahçılarının genetik çeşitliliği artırmak ve istenen özelliklere sahip yeni bitki çeşitleri geliştirmek için geleneksel ıslah yöntemleri ile moleküler biyoloji tekniklerini birlikte kullandıkları çalışmalar sayesinde, birim alandan daha yüksek verim elde etmenin, ürün kalitesini artırmanın ve bitkileri hastalık, zararlı ve çevresel stresler gibi olumsuz koşullara karşı daha dayanıklı hale getirmenin mümkün olduğunu ifade etmiştir.

El-Hendawy ve ark. (2005) tarafından farklı tuzluluk seviyelerine (0, 50, 100 ve 150 mM NaCl) maruz bırakılan buğday bitkilerinin büyüme parametreleri incelenmiştir. Sonuçlar, artan tuzluluk seviyesine paralel olarak bitkilerin yaprak sayısı ve yaprak ayası genişliğinde belirgin bir azalma olduğunu göstermiştir. Bu bulgular tuz stresinin buğday bitkilerinin vejetatif büyümesini olumsuz etkileyerek verimi düşürdüğüne işaret etmektedir.

Hu ve ark. (2006) tarafından yapılan çalışmada, buğday bitkisinin kuraklık ve tuzluluk koşullarındaki etkileri incelenmiştir. Araştırmacılar, denemelerini serada yürütmüş ve tuz uygulanan bitkileri ekimden 26 gün sonra hasat etmiştir. Elde edilen bitkilerde, kök biyokütlesi, kök uzunluğu, bitki yaş ve kuru ağırlığı gibi fizyolojik parametrelerin yanında K, Ca, Mg, P, N, Na, S, Fe, Zn ve Mn gibi element içerikleri yaprak ve yaprak kınında analiz edilmiştir. İncelenen parametrelerden bitki boyu, gövde biyokütlesi ve transpirasyon değerleri, tuz ve kuraklık stresi altında azalma eğilimi göstermiştir. Kuraklık stresi genç yapraklardaki iyon seviyelerini düşürürken, tuz stresi ya değişiklik yapmamış ya da artış göstermiştir. Daha yaşlı yapraklarda yapılan incelemeler, kontrol, kuraklık ve tuz stresi koşullarında yaprak kını ve ayasındaki iyonik içeriklerin farklılıklar gösterdiğini ve kın ayağında değişik iyonların alımı arasında rekabetin oluştuğunu bildirmişlerdir.

Dumlupınar ve ark. (2007) tarafından yapılan araştırmada, farklı seviyelerde elektrik akımı ve tuz stresi (NaCl) uygulanan 14 farklı makarnalık buğday çeşidinin (Aydın-93, Bağacak, Beyaziye, Ceylan-95, Diyarbakır-8, Ege-88, Fırat-93, Harran-95, Havrani, İskenderi, Menleki, Sarıçanak-98, Sorgül ve Zenith) çimlenme özellikleri incelenmiştir. Tohumlar öncelikle 4 farklı elektriksel akıma (0, 5, 10 ve 20 kV) maruz bırakılmış ve sonrasında beş ayrı tuz dozunda (0, 25, 50, 100 ve 125 mM NaCl) çimlendirilmeye çalışılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, buğday çeşitleri arasında çimlenme oranı ve çimlenme gücü bakımından önemli farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Özellikle Zenith ve Bağacak çeşitleri, diğer çeşitlere göre daha iyi çimlenme performansı göstermiştir. Tuz stresi, tüm çimlenme parametrelerini olumsuz etkilemiş ve tuz konsantrasyonu arttıkça çimlenme oranı ve diğer parametrelerde azalma gözlemlenmiştir. Elektrik akımı uygulamasının da çimlenme oranı üzerinde pozitif bir etkisinin olduğu ve en yüksek çimlenme oranının 10 kV elektrik akımı uygulamasında elde edildiği tespit edilmiştir.

Maqsood ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada, tuza toleranslı S-2002 ve tuza hassas Akbar mısır genotiplerini doğal tuzlu tarla koşullarında ($9,95-10,60 \text{ dS m}^{-1}$) yetiştirerek, tuzluluğun ve potasyum gübrelemesinin biyokimyasal özellikler ve verim üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Potasyum uygulaması, S-2002 genotipinde toplam çözünür şeker, protein, yağ içeriği, 1000 tane ağırlığı ve ham lif değerlerini artırırken, Akbar genotipinde tuzluluğun tüm parametreler üzerinde olumsuz etkileri gözlenmiştir. Ancak, prolin içeriğinin potasyum uygulamasından etkilenmediğini bildirmişlerdir.

Sarı (2009) tarafından kontrol edilebilir sera şartlarında buğdayın farklı seviyelerde bor ve tuz uygulamaları karşısında verim parametreleri, fırın kuru madde miktarı, B içeriği ve konsantrasyonu ile Ca, Mg, K, Na konsantrasyonu ve K/Na oranlarının incelendiği bir çalışmada; toprağa beş bor (0, 1.0, 2.5, 5.0, 10.0 mg kg^{-1}) ve dört tuz (0-200, 200-400, 400-600, $>600 \mu\text{S/cm}$) dozu uygulanmıştır. Buğdayın verim değeri, fırın kuru madde miktarı, B içeriği ile Mg, Na, Ca, K konsantrasyonu ve K/Na oranları üzerine B ve tuz uygulamaları ile interaksiyonlarının etkisi istatistiksel düzeyde önemli ($p<0.01$) bulunduğu belirtilmiştir. Bitkide, toprağa uygulanan B dozu arttıkça B içeriği ile K konsantrasyonunun ve K/Na oranlarının arttığı, Na, Mg ve Ca, konsantrasyonlarının ise azalma gösterdiği, toprakta tuz seviyesinin artışı ile bitkide B

ile K konsantrasyonu ve K/Na oranları azalırken, Na ve Ca konsantrasyonlarının artış gösterdiği bildirilmiştir.

Çulha ve Çakırlar (2011), yüksek NaCl konsantrasyonunun neden olduğu ozmotik stresin ardından iyon stresinin ortaya çıktığını ve bu durumun ortamda bulunan Na ve Cl iyonlarının, Ca, K ve NO₃ gibi önemli elementlerin alımını engellediğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılara göre ozmotik ve iyon stresleri, tuzluluğun doğrudan etkileri arasında yer alırken, sekonder (dolaylı) etkiler de gözlenmektedir. Başlıca sekonder etkiler arasında; protein, DNA, klorofil ve zar fonksiyonlarına zarar veren aktif oksijen türlerinin sentezi, kloroplastlarda Na ve/veya Cl iyonlarının yüksek yoğunluklarda birikimi sonucu oluşan fotosentez inhibisyonu, K alımının engellenmesi, metabolik toksisite ve hücre ölümü bulunmaktadır. Tuzun organ düzeyindeki etkileri ise yapraklarda küçülme, incelme ve sayılarında azalma ile gövde ve kök uzunluğu ve ağırlığında azalma olarak ortaya çıkmaktadır. Kök sistemi doğrudan tuzluluğa maruz kalmasına rağmen, yaprak büyümesi tuz stresine kök büyümesinden daha duyarlı olup, bu durum tuz stresine bağlı olarak kök/sürgün oranının artmasına neden olduğu bildirilmiştir.

Ahmad ve ark. (2014) tarafından tuz stresi altında dokuz farklı buğday genotipinin hem elemental hem de fizyolojik açıdan incelendiği bir çalışmada; Pasban-90 ve Sehr-2006 genotiplerinin tuz stresine karşı dayanıklılıkta öne çıktığı, 200 mM tuz stresi altında yapılan tüm ölçümlerde, incelenen parametreler açısından Pasban-90 genotipinin, diğer genotiplerden belirgin bir şekilde ayrıldığı ifade edilmiştir. Bu bağlamda, Pasban-90 genotipinin tuzlu toprak koşullarında ekiminin daha faydalı olacağı önerilmektedir. Ayrıca, 200 mM tuz stresi altında değerlendirilen tüm kriterlerde Pasban-90 genotipinden, Sehr-2006 genotipine kıyasla daha iyi sonuçlar elde edildiği ifade edilmiştir.

Baran ve Doğan (2014) yaptıkları çalışmada, soya bitkisinde tuz stresinin (50, 75, 100, 125, 150 mM) ve salisilik asidin (0.1, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0 mM) farklı konsantrasyonlarının etkileri araştırılmıştır. Tuz uygulaması, klorofil, potasyum ve magnezyumda azalma, MDA, prolin, sodyum ve kalsiyumda artışa neden olmuştur. Salisilik asit ise klorofil, potasyum ve magnezyum seviyelerini artırırken, MDA, prolin, sodyum ve kalsiyumu azaltmıştır. Sonuçlar, salisilik asidin tuz stresine karşı koruyucu

etkisi olduğunu ve 1.0 mM konsantrasyonunun en etkin tolerans artırıcı etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Izadi ve ark. (2014) tarafından arpa ve buğday genotiplerinin tuz stresine verdikleri tepkileri belirlemeye yönelik yapılan çalışmada, sera ortamında uygulanan tuz stresi deneyleri ile Na, K, K/Na oranı, prolin ve belirli antioksidan enzimlerini değerlendirme parametreleri olarak kullanmışlardır. Araştırmacılar, denemelerini sera koşullarında üç tekrarlı olarak gerçekleştirmiş ve saksılara 7 ve 13 dSm-1 oranında, 1:1 karışım halinde NaCl ve Na₂SO₄ tuz bileşiği uygulamışlardır. Tuz uygulamasından dört hafta sonra yaprak örnekleri alınarak analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, prolin, protein içeriği ve bazı antioksidan enzimlerin tüm buğday ve arpa genotiplerinde artış gösterdiğini ortaya koymuştur. En yüksek prolin içeriği, buğday genotiplerinden 'Bam' ve arpa genotiplerinden 'Nimrooz'da tespit edilmiştir. Çalışmada prolin, protein ve süperoksit dismutaz (SOD) içeriklerinin yanı sıra Na⁺, K⁺ ve K⁺⁺ oranının incelenen genotiplerin genetik özelliklerine göre değişiklikler gösterdiğini ve bu parametrelerin tuz stresi altında önemli bir rol oynadığı belirtilmiştir.

Aydın (2015) tarafından farklı bitki cins ve türleri (Buğday, domates, fasulye ve mısır) ile yapılan bir çalışmada, tuz konsantrasyonlarının (0, 75, 150 ve 250 mM NaCl) çimlenme ve erken fide gelişimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmada, farklı bitki türlerinin tuz stresine karşı gösterdikleri toleransın türlere özgü olduğunu ve tuz konsantrasyonunun artmasıyla birlikte tüm türlerde çimlenme ve fide gelişimi üzerinde olumsuz etkilerin belirginleştiği saptanmıştır.

Çelik ve Eraslan (2015) yaptıkları çalışmada, tuz stresi altındaki mısır bitkisine uygulanan nitrik oksidin (NO) etkisini araştırmışlardır. Bitkilere 40 mM NaCl uygulanmış, nitrik oksit vericisi olarak sodyum nitroprussid (SNP) ve NO yakalayıcısı olarak metilen mavisi (MM) 0.5 ve 1 mM dozlarında kullanılmıştır. Sonuçlar, SNP'nin ve NaCl'nin bitkinin yaş ve kuru ağırlığını önemli ölçüde azalttığını ancak membran geçirgenliği, su içeriği, antioksidan aktivitesi ve diğer fizyolojik özelliklerde büyük değişikliklere yol açmadığını göstermiştir. Ayrıca, K ve Ca içeriği etkilenmezken, diğer minerallerde değişiklikler gözlenmiştir. Yüksek dozda SNP'nin tuz stresine karşı tolerans gelişimine olumlu bir etkisi olmadığı bulunmuştur.

Bilgili ve ark. (2018) tarafından Karatopak ve Sagittoria ekmeklik buğday çeşitleri ile Uluslararası Kurak Alanlar Araştırma Merkezi'nden temin edilen üç ıslah hattı materyali kullanıldığı bir çalışmada buğday tohumlarına çimlenme ve çıkış dönemlerinde kontrol grubu olarak saf su ile iki farklı NaCl dozu (80 mM ve 160 mM) tuz stresi uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Çimlenme denemeleri sonucunda, genotip (G) ve NaCl etkileşiminin ortalama çimlenme süresi, çimlenme indeksi, sürgün uzunluğu, kökçük uzunluğu, sürgün yaş ağırlığı ve çimlenme güç indeksi gibi parametreler açısından önemli olduğu, ancak çimlenme yüzdesi üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı görülmüştür. NaCl toleransları açısından farklı yanıtlar sergilediği ifade edilmiştir.

Yossif ve ark. (2018), dört farklı ekmeklik buğday çeşidi üzerinde gerçekleştirilen çalışmalarında, tuz ve K-humat uygulamalarının bitki besin elementleri ve oksidatif stres üzerine etkilerini incelemişlerdir. Sadece tuz uygulamasının, tüm buğday çeşitlerinde Ca alımını anlamlı derecede artırdığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, Na ve Cl birikimi ile malondialdehit (MDA) içeriğinde de artış gözlenirken, K içeriğinde ise düşüşler tespit edilmiştir. Bu sonuçların, tuz stresinin buğday bitkilerinde besin elementleri dengesini bozduğunu ve oksidatif hasara neden olduğunu bildirmişlerdir.

Torun ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada; çinko eksikliği bulunan bir toprakta, Zn ve tuz uygulamalarının makarnalık buğday çeşidi Kunduru-1149 üzerinde yeşil aksam büyümesi ve çeşitli element konsantrasyonları üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada üç farklı Zn dozu (0, 5 ve 10 mg Zn kg⁻¹) ile bitkilerin sapa kalkma döneminde farklı dört tuz dozu (%0, 0.5, 1.0 ve 1.5) kullanılmıştır. Araştırmada, yeşil aksam klorofil içeriği (SPAD değeri), kuru madde miktarı ve yeşil aksamın potasyum (K), sodyum (Na), çinko (Zn), mangan (Mn), bakır (Cu), demir (Fe) konsantrasyonları ile K/Na oranları değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, SPAD değerlerinin 5 mg Zn kg⁻¹ dozunda artış gösterdiğini, ancak tuz uygulaması ile azaldığını ortaya koymuştur. Tuzun kuru madde veriminde neden olduğu azalma, kontrol grubu ve 5 mg Zn kg⁻¹ uygulamalarında, 10 mg Zn kg⁻¹ uygulamasına kıyasla daha belirgin olmuştur. Yeşil aksamın K konsantrasyonu, tuz uygulamalarında azalma eğilimi gösterirken, Zn uygulamaları ile artış göstermiştir. Na konsantrasyonunun ise tüm tuz uygulamaları ile arttığı, ancak Zn uygulamalarının bu artışı azalttığı; Zn ve Mn

konsantrasyonlarının ise yükseldiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak yapılacak Zn uygulamalarının tuzun bitki gelişimine olumsuz etkilerini azalttığı belirtilmiştir.

Can ve ark. (2021) yaptıkları araştırmada, Avustralya kökenli HKT1;4 ve HKT1;5 lokuslarına sahip olan AU5924 ve AU5907 hatları ile Bayraktar 2000 çeşidini genetik materyal olarak kullanmışlardır. Bu çalışmada, stres toleransını desteklediği bilinen potasyum (K) düzeylerinin HKT (High-Affinity Potassium Transporter) genlerini içeren hatlarda Bayraktar 2000'e kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. HKT genlerinin Anadolu buğday çeşitlerinin üretim verimliliğini artırma potansiyeli olduğu saptanmıştır. Bayraktar 2000'in kuru ağırlığının bu hatlardan daha yüksek olmasına rağmen, 5907 hattının prolin içeriğinin daha düşük, potasyum ve K/Na oranının ise düştüğü ifade edilmiştir. Çalışmada bu parametrelerin tuz stresi koşullarında kuru ağırlığı olumlu etkilediği görülmüştür. Sonuç olarak, 5907 hattının analiz edilen genotipler arasında en yüksek toleransı gösterdiği belirtilmiştir.

Melezleme ve Genetik İlişkiler

Brown ve ark. (1966) tarafından yapılan çalışmada, yedi kışlık buğday çeşidinin (*Triticum aestivum* L.) diallel melezlemeleri sonucunda elde edilen 16 mezezin agronomik özellikleri değerlendirilmiştir. Çalışmada tane protein içeriği, tane verimi, bin tane ağırlığı ve bitki boyu gibi önemli özelliklerdeki varyasyonların, melezlerin genetik çeşitliliğini yansıttığı belirtilmiştir. Araştırma sonuçları, bazı melezlerin anaçlara kıyasla belirgin üstünlükler sergilediğini ortaya koymuş, özellikle tane veriminde elde edilen %26'ya varan artışlar, buğday ıslahı programları açısından önemli bir potansiyel sunmuştur. Ayrıca, melezler arasındaki fenotipik varyasyonun geniş bir dağılım göstermesi, buğday ıslahında hedeflenen özelliklerin birleştirilmesi için önemli fırsatlar sunduğu vurgulanmıştır. Bu bulguların buğdayın genetik yapısının daha iyi anlaşılmasına ve yüksek verimli yeni çeşitlerin geliştirilmesine katkı sağlayacak nitelikte olduğu ifade edilmiştir.

Plaschke ve ark. (1995) tarafından Avrupa'da yetiştirilen 40 buğday çeşidi üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada, mikrosatellit markörleri kullanılarak genetik çeşitlilik analizi yapılmıştır. Çalışmada, mikrosatellitlerin buğday çeşitlerinin genetik

parmak izini oluşturmada ve bu çeşitleri birbirinden ayırt etmede oldukça etkili olduğu ifade edilmiştir.

Rongwen ve ark. (1995) yaptıkları çalışmada, genomların önemli bir kısmını oluşturan, belirli nükleotit sıralamalarının ardışık tekrarlarından oluşan DNA segmentlerinin, türler arasında ve aynı tür içindeki bireyler arasında farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu genetik çeşitlilik temel alınarak, bireyler arasındaki genetik farklılıkları belirlemek için SSR (Simple Sequence Repeat) tekniği geliştirilmiştir. Bu teknikte, tekrar bölgelerine özgü kısa DNA parçaları (primerler) tasarlanmış ve polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) yöntemi ile hedef bölgeler çoğaltılmıştır. Elde edilen PCR ürünleri, jel elektroforezi ile ayrıştırılmış ve uygun boyar maddelerle görüntülenerek bireyler arasındaki genetik farklılıklar (polimorfizmler) incelenmiştir. SSR tekniği, her bir allel için ayrı bir bant oluşturmada ve sonuçların tekrarlanabilir olması gibi avantajlara sahip olmasına rağmen, hedef bölgelerin önceden bilinmesi ve dizilenmesi gerekliliği gibi bazı sınırlamalara sahip olduğu bildirilmiştir.

Yıldırım (2005) 6 farklı kışlık buğday çeşidinin (Sultan-95, Bezostaya-1, Süzen-97, Altay-2000, Harmankaya-99 ve Gerek-79) çaprazlanmasıyla elde edilen melezlerin kalite kriterleri açısından genetik yapıları ve fizyolojileri gözlenerek en uygun melez kombinasyonlarını belirlenmesinin hedeflendiği bir çalışmada; elde edilen bulgulara göre, bazı özellikler için başarılı seleksiyon yapılabilecek potansiyel bulunduğunu ifade etmiştir. Ancak, tane protein oranı gibi bazı özelliklerdeki genetik varyasyonun düşük olduğu tespit edilmiştir. Ebeveynlerin farklı karakterler için gösterdiği performanslar da değişkenlik göstermiştir. Bazı genotiplerin belirli özelliklerde diğerlerine göre daha iyi performans gösterdiği görülmüştür. Çalışmada incelenen tüm özellikler bakımından, buğday çeşitlerinin birbiriyle olan uyumları farklılık göstermiştir. Fizyolojik açıdan Altay-2000, Bezostaya-1 ve Harmankaya-99 çeşitleri, yeni çeşit geliştirme çalışmalarında kullanılmaya uygun özelliklere sahip olduğu görülmüştür. Tane kalitesi açısından ise Bezostaya-1 çeşidi, oluşturduğu melezlerde üstün performans göstererek, bu alanda önemli bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymuştur. Tarımsal özellikler bakımından Gerek-79 çeşidi hariç tüm çeşitler, yeni çeşit geliştirme çalışmalarında kullanılabilir olduğu belirlenmiştir. Gerek-79 çeşidinin taşıdığı *Ne₁* geni ve Harmankaya-99 ile Süzen-97 çeşitlerinin taşıdığı *Ne₂* geni nedeniyle, bu çeşitlerin

oluşturduğu melezlerde uyumsuzluklar gözlemlenmiş ve bu durum melez uyumsuzluğu sonucunu doğurmuştur. Gözlemlenen melez uyumsuzluğu, ıslah çalışmalarında dikkat edilmesi gereken bir durum olarak ifade edilmiştir.

Huang ve ark. (2006) çalışmalarında makarnalık buğdayda tuza karşı tolerans mekanizması olan *Nax1* geninin, kantitatif karakter temelli olup, bitkinin düşük Na konsantrasyonunu korumasına katkı sağladığını ifade etmişlerdir. *Triticum monococcum* L. C68-101 kökenine sahip bu bölge, melezleme yoluyla makarnalık buğdaya aktarılmıştır. Bu bölgenin buğdayda tanımlanmasında, çeltikteki (4. kromozom) benzer dizi bilgilerinin yanı sıra buğday genomu dizi bilgileri kullanılmıştır. Bu bölge, buğdayın 2A kromozomunun uzun kolunda yer almakta olup, *Nax1* bölgesi olarak adlandırılmıştır. Araştırmacılar, bu bölgedeki iki genin, düşük Na seviyelerinin korunmasında rol oynadığını belirtmişlerdir. Bu genlerden ilki, TmHKT7 ailesinin bir üyesi olan ve tuza dayanıklı ile hassas hatlar arasında polimorfizm gösteren TmHKT7-A1 genidir. Diğer gen ise yine aynı aileye ait olan TmHKT7-A2 olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, iki genin aminoasit dizilerinin %83 oranında benzer olduğu ve TmHKT7-A2 geninin kök ve yaprak dokularında ifade edilerek, yaprakta Na^+ alımını azaltıp, kökte Na^+ 'un ksileme yüklenmesini engelleyerek bitkinin tuz içeriğini düşürdüğü ifade edilmiştir.

Distelfeld ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada, yabani buğdaydan (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides*) elde edilen *Gpc-B1* lokusunun, buğday tanelerindeki mikrobesein (çinko, demir, manganez) ve protein içeriğini artırdığı bulunmuştur. *Gpc-B1* allelini taşıyan RSL'ler, kontrol grubuna kıyasla tanelerinde %12 daha fazla çinko, %18 daha fazla demir, %29 daha fazla manganez ve %38 daha fazla protein biriktirmiştir. Bu etkiler, farklı çevrelerde de tutarlı bir şekilde gözlenmiştir. Ayrıca, *Gpc-B1* lokusunun, yaprakların erken yaşlanmasına neden olduğu ve mikrobeseinlerin yapraklardan tanelere daha hızlı bir şekilde taşınmasına yardımcı olduğu belirlenmiştir.

Kanlıtepe ve ark. (2010) bitki ıslahının temel amacının bitkisel üretimin sürdürülebilirliğini sağlamak ve insan sağlığına katkıyı maksimize etmek olduğu vurgulamışlardır. Bu kapsamda, modern ıslah çalışmalarının, bitkilerin besin değeri, stres toleransı ve kalite özellikleri gibi birden fazla özelliğin iyileştirilmesine odaklandığı belirtilmiştir. Araştırmada, besin içeriği zenginleştirilmiş, biyotik (haşere ve

hastalık) ve abiyotik (kuraklık ve tuzluluk) streslere karşı daha dayanıklı, alerjen içeriği düşük ve antioksidan gibi faydalı bileşikler bakımından zengin yeni bitki çeşitlerinin geliştirilmesinin, gıda güvenliği ve insan sağlığı açısından büyük önem taşıdığı ifade edilmiştir. Bu hedeflere ulaşmak için moleküler genetik, biyoteknoloji ve genom düzenleme gibi modern ıslah araçlarının etkin bir şekilde kullanılması gerektiği vurgulanmıştır.

Filiz ve Koç (2011) mikrosatellit markörlerin moleküler genetik araştırmalarda sıklıkla tercih edilen güçlü bir araç olduğunu ifade etmişlerdir. Bu markörlerin az miktarda DNA ile çalışmaya olanak sağlaması, kodominant kalıtım göstermeleri ve sonuçların yüksek tekrarlanabilirliği gibi özellikleri, onları genetik çeşitlilik analizleri için ideal kılmaktadır. Ayrıca, genomun birçok bölgesinde yüksek frekansta bulunmaları ve polimorfizm düzeylerinin yüksek olması, mikrosatellit markörleri genetik haritalama, popülasyon genetiği ve filogenetik çalışmalar için değerli bir kaynak haline getirmektedir. Çalışmada, bu markörlerin otomasyona uygunluğu sayesinde yüksek hacimli analizlerin gerçekleştirilmesinin mümkün olduğu belirtilmiş ve bunun genetik araştırmalardaki verimlilik artışına önemli katkılar sağladığı ifade edilmiştir.

James ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada, makarnalık buğdayda sodyum (Na^+) dışlanması için kritik rol oynayan *Nax1* ve *Nax2* genlerinin, ekmeklik buğdayda tuz toleransını artırmak amacıyla transfer edildiğini bildirmişlerdir. Tetraploid makarnalık buğday (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) ile hekzaploid ekmeklik buğday (*Triticum aestivum*) arasında gerçekleştirilen türler arası çaprazlama ve moleküler işaretleyici destekli seçilim ile her iki geni veya tek bir geni içeren yeni genotipler elde edilmiştir. Fizyolojik analizler, *Nax1* geninin yaprak ayasında Na^+ konsantrasyonunu yaklaşık %50, *Nax2* geninin ise %30 oranında azalttığını göstermiştir. Her iki genin birlikte eksprese edildiği bitkilerde bu oran %60'a ulaşmıştır. İlginç bir şekilde, *Nax1* geninin eksprese edildiği bitkilerde yaprak kılıflarında Na^+ birikimi gözlemlenmiştir. Bu durum, su baskını ve tuzluluk stresinin bir arada olduğu koşullarda bitkilere ek bir avantaj sağlamıştır. *Nax2* geninin ekmeklik buğdayda zaten bulunan *TaHKT1;5-D* genine yüksek oranda benzerlik göstermesine rağmen, Na^+ konsantrasyonunu düşürme etkisinin beklenenden daha yüksek olduğu saptanmıştır. Çalışma bulgularına göre *Nax1* ve *Nax2* genlerinin ekmeklik buğdayın tuz toleransını artırmada önemli bir potansiyele

sahip olduğu ve bu sayede kuraklık ve tuzluluğun yaygın olduğu bölgelerde daha verimli buğday üretimine olanak tanıyabileceği ortaya çıkmıştır.

Munns ve ark. (2012) tarafından *Nax2* bölgesi üzerine yapılan araştırmada, bu bölgenin özelliklerini ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada, *Nax2* bölgesinde yer alan *TmHKT1;5-A* geninin varlığı belirlenmiş ve bu genin kök hücre zarlarında bulunarak seçici bir Na^+ taşıyıcı işlevi gördüğü ifade edilmiştir. Bu genin, ksilemde taşınan Na^+ iyonlarını geri alarak bitkinin diğer kısımlarına ulaşan Na^+ seviyesini azalttığı belirtilmiştir. Ayrıca, *Nax2* lokusunu taşıyan hatların, tuzlu topraklarda yapılan testlerinde bu özelliği taşımayan hatlara kıyasla makarnalık buğdayda dane verimini %25'e kadar artırabildiğini ifade etmişlerdir. Byrt ve ark. (2007) ise bu bölgenin fiziksel haritalamasını gerçekleştirmiş ve bölgeyi HKT8 (*HKT1;5*) olarak tanımlamışlardır. Çalışmada bitkilerin tuzlu ortamlarda gelişim ve büyümesinin düşük Na^+ iyonu konsantrasyonunu sürdürebilme yeteneğine bağlı olduğu, bu nedenle Na^+ dışlama mekanizmasının kritik bir rol oynamadığı vurgulanmıştır. Araştırmacılar önceki çalışmalarında, makarnalık buğdaya melezleme yoluyla aktarılan *Nax2* lokusunu içeren hatların düşük yaprak Na^+ konsantrasyonuna sahip olduğunu bildirmişlerdir (James ve ark., 2006).

Kamal ve ark. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada, buğdayın tuz stresine karşı kloroplastlarındaki protein yanıtları incelenmiştir. 12 günlük fideler, 150 mM NaCl ile 1, 2 veya 3 gün süreyle tuz stresine tutulmuştur. Tuz uygulaması, kök, gövde ve yapraklarda Na^+ iyonlarının hızla artmasına, fotosentez ve terleme hızlarının azalmasına neden olmuştur. Ayrıca, prolin seviyesi artmış ve hidrojen peroksit, katalaz ve süperoksit dismutaz aktiviteleri arasında pozitif korelasyonlar bulunmuştur. Protein bolluğu iki boyutlu elektroforezle incelenmiş ve tuz uygulaması 21 farklı protein ekspresyonu gözlemlenmiştir. LTQ-FTICR kütle spektrometresiyle 65 benzersiz protein tanımlanmıştır.

Yorgancılar ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada, klasik bitki ıslahı yöntemlerinin uzun ve öngörülemeyen süreçlerinin, modern tarımın ihtiyaç duyduğu hızlı ve etkin çeşit geliştirme hedefleriyle örtüşmediğini belirtmişlerdir. Bu nedenle, moleküler markör teknolojisinin, bitki ıslah çalışmalarında devrim niteliğinde bir gelişme olarak ortaya çıktığı ifade edilmiştir. Moleküler markörler, istenen özelliklere sahip genlerin

doğrudan tespit edilmesini sağlayarak, geleneksel ıslah yöntemlerine kıyasla daha hızlı ve kesin sonuçlar elde edilmesine olanak tanımaktadır. Ancak, moleküler markörlerin tek başına yeterli olmadığı, klasik ıslahı hızlandırıcı ve destekleyici araçlar olarak kullanıldıkları vurgulanmıştır.

Ekinci ve Genç (2015) *Gossypium hirsutum* L. (Fantom, Paum-15, Stoneville-468, Nazilli-84S ve Delcerro genotipleri) ve *Gossypium barbadense* L. türlerine ait (Giza-75 genotipi) altı farklı genotip kullanılarak, pamuk bitkisinde verim ve kalite özelliklerinin genetik yapısını incelemeyi amaçladıkları bir çalışmada; seçilen genotiplerle iki aşamalı bir melezleme programı uygulanarak toplam 45 adet çift melez elde edilmiştir. İlk aşamada 15 adet F1 tek melezleri Poehlman (1959) ve Griffing (1956) tekniği ile ikinci aşamada da Singh ve Chaudhary (1981)'nin önerdiği yöntemle uygun şekilde 45 adet çift melez elde edildiğini bildirmişlerdir. Bu çift melezler, genetik çeşitliliği yüksek bir popülasyon oluşturmak amacıyla deneme alanına ekilmiştir. Elde edilen veriler, nicel genetik analizler kullanılarak incelenmiş ve incelenen özellikler üzerinde farklı gen etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Koza sayısı ve kütlü pamuk verimi özellikleri, ağırlıklı olarak eklemeli ve epistatik gen etkileri ile kontrol edilirken, çırçır randımanı ve lif verimi özellikleri hem eklemeli hem de dominant ve epistatik gen etkileri tarafından belirlenmiştir. Genotip performansları değerlendirildiğinde, Paum-15 ve Stoneville-468 genotiplerinin koza sayısı ve kütlü pamuk verimi özellikleri için, Nazilli-84S, Fantom, Delcerro ve Giza-75 genotiplerinin tek koza kütlü pamuk ağırlığı için, Stoneville-468 ve Nazilli-84S genotiplerinin çırçır randımanı için ve Paum-15, Stoneville-468 ve Nazilli-84S genotiplerinin lif verimi için ıslah çalışmalarında potansiyel anaç olarak kullanılabileceği sonucunu bildirmişlerdir.

Gündüz (2016), TMB1, TMB2 ve TMB3 olarak adlandırılan üç farklı buğday ıslah hattına, protein içeriği ve bazı mikro besin elementi (Fe, Mn, Zn) düzeylerini artırmak amacıyla *Gpc-B1* geni aktarmayı hedeflemiştir. *Gpc-B1* genine sahip olan UC1113-*Gpc-B1* hattını, bu transfer için gen kaynağı olarak kullandığını bildirmiştir. Elde edilen melezlerin birinci neslinde (F1), hedef genlerin varlığı moleküler markörler yardımıyla belirlenmiştir. Çalışmada *Gpc-B1* geni için pozitif bant 122 bp olarak ifade edilmiştir. Ayrıca, *Gpc-B1* geni ile bağlı olan sarı pas direnci genini de (*Yr-36*) bu hatlara aktarmayı başardığını bildirmiştir.

Tamkoç ve ark. (2018) ikisi bor toleransı özelliğine de sahip olan 10 ekmeklik, 6 makarnalık olmak üzere toplam 16 farklı buğday melezleme kombinasyonu oluşturulan çalışmada, melezleme aşamalarında tuz toleransı genleri taşıyan bireylerin seçilmesinde yüksek kapasiteli genomik seleksiyon araçları kullanılmıştır. Yaptıkları melezlemelerin her kademesinde melez kombinasyonlara ait minimum 150 bireyde *Nax1*, *Nax2* ve bor toleranslılığı ile ilişkili alleller taranmıştır. Çalışmada ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerine tuzluluğa toleranslılık sağladığı bilinen *Nax1* ve *Nax2* genlerinin markör destekli seleksiyon yöntemiyle aktarılması amaçlamışlardır. Çalışmada gen kaynağı olarak AUS-5907 (*Nax1*) ve AUS-5924 (*Nax2*) genotiplerinin kullanıldığı ifade edilmiştir. *Nax1* ve *Nax2* geni ayrı bitkilerde olmak üzere buğday çeşitlerine hedef genlerin aktarıldığı bildirilmiştir.

Hussain (2018) iklim değişikliğinin doğrudan bir sonucu olarak artan toprak tuzluluğunun küresel buğday üretimini ciddi şekilde tehdit ettiğini bildirmektedir. Bu kapsamda, tuz toleransı özellikli buğday çeşitlerinin geliştirilmesi amacıyla kapsamlı bir genomik araştırma gerçekleştirilmiştir. Aksiyom buğday yetiştiricisinin genotipleme mikroçipi kullanılarak, farklı tuz toleransı özelliklerine sahip 154 adet F2 buğday hattı genotiplenmiştir. Elde edilen yüksek yoğunluklu genetik bağlantı haritası üzerinden, tuz toleransı ile ilişkili 49 adet kantitatif özellik lokusu (QTL) belirlenmiştir. Bu QTL'lerin birçoğu, bitkinin tuzlu ortamlarda hayatta kalmasını sağlayan önemli iyonların (Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2}) hücre içi taşınımını düzenleyen genlere karşılık gelmektedir. Ayrıca, tuz stresine yanıt olarak bitkide meydana gelen biyokimyasal değişikliklerle ilişkili yeni QTL'ler de tanımlanmıştır. Bu çalışmada tanımlanan genetik varyasyonlar, tuz toleransı mekanizmalarının daha iyi anlaşılmasına önemli katkı sağlayacağı vurgulanmıştır. Özellikle, farklı iyon kanalları, transkripsiyon faktörleri ve sinyal yolları ile ilişkili genlerin belirlenmesi, buğdayda tuz toleransının genetik temellerinin daha net bir şekilde ortaya konmasına olanak sağlamıştır. Ayrıca, *in silico* transkriptom analizi ile tuz stresine maruz kalan buğday bitkilerinde ifade düzeyleri değişen binlerce genin belirlenmesi, tuz toleransı ile ilişkili moleküler mekanizmaların daha detaylı olarak incelenmesine zemin hazırlamıştır. Elde edilen bulgular, gelecekte daha verimli ve tuz stresine dayanıklı buğday çeşitlerinin geliştirilmesi için önemli bir kaynak teşkil edeceği ifade edilmiştir. Özellikle, belirlenen QTL'ler ve genler, markör destekli seleksiyon (MAS) yöntemleri kullanılarak ıslah çalışmalarında hedef olarak alınabileceği vurgulanmıştır. Bu sayede, geleneksel ıslah yöntemlerine göre daha kısa sürede ve daha

yüksek doğrulukta tuz toleranslı buğday çeşitleri elde etmenin mümkün olacağı bildirilmiştir.

Aycan (2018), Türkiye’de ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinin tuz stresi altında gen ifade profilleri ile tuza tolerans/dayanıklılık çalışmalarında evrensel SSR markörlerinin kullanılabilirliğini incelemiştir. İç Anadolu Bölgesi’nde yaygın olarak yetiştirilen 19 ekmeklik buğday çeşidinin tuz (NaCl) stresine karşı tepkilerinin belirlenmesi amacıyla morfolojik (fide boyu, kök uzunluğu, yaş ağırlık, kuru ağırlık ve yaprak turgor ağırlığı) ve fizyolojik (klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil kapsamı, prolin içeriği, lipid peroksidaz, süperoksit dismutaz, katalaz ve glutatyon redüktaz aktivitesi) analizler gerçekleştirmiş, 'Kınacı 97' ve 'Doğu 88' çeşitleri tuz stresine toleranslı, 'Sönmez 01' ve 'Esperia' çeşitleride hassas olarak belirlenmiştir. Belirlenen toleranslı ve hassas çeşitler aralarında melezlemeler yapmıştır. Melez genotipler ve ebeveynlerinde yapılan analizler sonucu, tuz stresine toleransı belirleyen üç SSR primeri tespit etmiştir. Yapılan sekans analizleri sonucunda tuza toleranslı ve hassas çeşitlerin nükleotid dizilimlerinde anlamlı farklılıklar tespit etmiştir. Farklı tuz (NaCl) dozu (0-kontrol, 50, 150 ve 250 mM) ve ölçüm zamanlarında (0-kontrol, 12, 24 ve 48 saat) toleranslı ve hassas çeşitler ile melez genotiplerde tuz stresi altında aktif olan 10 genin (TaPTF1, TaDHN, TaSRG, TaSC, TaPIMP, TaMIP, TaHKT, TaGSK, TaP5CS, TaMYB) etkileri incelenmiştir. Morfolojik ve fizyolojik analizler sonucu belirlenen çeşitlerin (Kınacı-97 ve Doğu 88) tuz stresine toleranslılığı yapılan moleküler analizlerle de doğrulamıştır.

Süslü (2019) tarafından, tuz stresine karşı dayanıklılık özelliği taşıyan Avustralya kökenli makarnalık buğday hatları (AUS-5004 ve AUS-5020-7) ile Türk makarnalık buğday çeşidi Mirzabey-2000 arasında gerçekleştirilen melezleme ve Avustralya hatlarında bulunan *Nax* adı verilen tuza karşı toleranslılık genini Türk çeşidine aktarmak ve elde edilen yeni melezlerin tuz stresine karşı tepkilerinin incelendiği bir çalışmada; deneysel materyal olarak, anaç çeşitler ve geri melez (GM3) melez popülasyonları kullanılmıştır. Bitkiler, sera koşullarında tuzlu suya maruz bırakılarak yetiştirilmiş ve çeşitli bitkisel ve fizyolojik özellikler açısından değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, *Nax* genine sahip olduğu bilinen Avustralya hatlarında beklendiği gibi tuz toleransı ile ilişkili olumlu özellikler gözlemlenmiştir. Özellikle AUS-5004 hattında tuz uygulaması sonrasında bitki kuru

ağırlığında artış kaydedilmiştir. Benzer şekilde, GM3 Mirzabey x 5004 melezi de yüksek bitki kuru ağırlığına sahip bulunmuştur. *Nax* geninin melez hattına başarılı bir şekilde aktarıldığını ve tuz toleransını artırıcı etki gösterdiği ifade edilmiştir.

Omay (2019) yaptığı çalışmada, tuzluluk ve bor toksisitesine toleranslı ekmeklik buğday çeşitleri geliştirmeyi hedeflemiştir. Beş farklı buğday genotipi, sera koşullarında bor ve tuz uygulamalarına tabi tutulmuş, *Nax1* ve *Nax2* genleri aktarılan GM3 popülasyonu, AUS-5907, AUS-5924 ve Bolal 2973 hatlarıyla karşılaştırılmıştır. Melez hatların (Bolal x 5907, Bolal x 5924) tuza ve bora toleranslılık gösterdiği, özellikle Bolal x 5924 hattının üstün performans sergilediği belirlenmiştir. Tuz stresinde tüm genotiplerde MDA seviyeleri artmış, K konsantrasyonları azalmıştır. En az MDA artışı AUS-5924 ve Bolal x 5907 hatlarında, en az K düşüşü ise AUS-5924 ve Bolal x 5924 hatlarında gözlenmiştir. Bolal x 5924 hattının genel olarak en iyi sonuçları verdiği bildirilmiştir.

Kurt ve Yağdı (2021) yürüttükleri bir SSR tabanlı gen belirleme çalışmasında Türkiye’de yaygın olarak yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitleri, CIMMYT-Meksika’dan alınan Thatcher hatları ve bu genotipler arasında yapılan melezlerden elde edilen F1 melezleri, kahverengi pas hastalığına dayanıklılıkta önemli bir rol oynayan *Lr10* geninin varlığını tespit etmeyi amaçlamışlardır. Araştırmada kullanılan genotipler, 2013-2017 yılları arasındaki yetiştirme dönemlerinde Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanında yetiştirilmiş ve bu süreçte genotiplerin çoğaltılması, melezlemelerin gerçekleştirilmesi ve kahverengi pas hastalığına yönelik saha gözlemleri yapılmıştır. Melezlemeler sonucunda 13 F1 hattı, 22 ekmeklik buğday çeşidi (*Triticum aestivum* L.) ve 2 Thatcher hattında (*Lr10*, *TcHassas*) SSR primer yöntemiyle DNA analizi yapılmıştır. Analiz sonuçları, Kaşifbey, Gün-91 ve Karatopak çeşitlerinde *Lr10* geninin var olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada, SSR tekniğinin ekmeklik buğdayda kahverengi pas dayanıklılık genlerinin belirlenmesinde etkili bir yöntem olduğunu ve çalışmada kullanılan Thatcher hatlarının dar genetik yapılarının, hastalıklara karşı dayanıklılık genlerini belirlemede iyi bir referans olduğunu ifade etmişlerdir.

Demirel ve ark. (2024) son yıllarda moleküler biyoloji ve genetik alanındaki çığır açan gelişmelerin, bitki ıslahı gibi geleneksel tarım uygulamalarında devrim yarattığını ifade etmektedirler. Moleküler markörlerin genomdaki belirli bölgeleri

işaretleyerek genetik çeşitliliği değerlendirmek, genleri tanımlamak ve genetik ilişkileri ortaya koymak için kullanılan güçlü bir araç olduğu bildirilmiştir. Bu sayede, bitki ıslahı çalışmalarında istenen özelliklere sahip genlerin hızlı ve doğru bir şekilde belirlenmesi mümkün hale gelmiştir. Markör destekli seleksiyon (MAS) olarak bilinen bu yaklaşım, geleneksel ıslah yöntemlerine göre daha kısa sürede ve daha yüksek doğrulukta yeni çeşitlerin geliştirilmesine olanak tanıyarak, tarımsal üretimde önemli kazanımlar sağlayacağı ifade edilmiştir. Moleküler markörlerin ayrıca, genetik karakterizasyon, filogenetik analizler ve parmak izi oluşturma gibi çeşitli genetik çalışmalarda da yaygın olarak kullanıldığı ifade edilmiştir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Melezlemede kullanılan bitkisel materyal

Çalışmada materyal olarak ekmeklik buğday genotiplerinden Kınacı-97 çeşidi, *Nax1* geni ihtiva eden AUS-5907 hattı, *Nax2* geni için AU-5924 hattı ve *Gpc-B1* geni taşıyan Yecora Rojo çeşidi ile Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesinde TÜBİTAK-1003 projesi kapsamında geliştirilen tuzluluğa tolerans geni içeren Kınacı x 5907 ve Kınacı x 5924 hatları kullanılmıştır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Melezlemede kullanılan buğday genotipleri ve menşeleri

Genotipler	Tescil Ettiren Kuruluş	Temin Şekli
Kınacı-97	*Bahri Dağdaş UTAE	Kurumdan Temin Edilmiştir.
AUS 5907 (<i>Nax1</i>)	Avustralya	İntrodüksiyon
AUS 5924 (<i>Nax2</i>)	Avustralya	İntrodüksiyon
Yecora Rojo (<i>Gpc-B1</i>)	Çukurova Üniversitesi	İntrodüksiyon
Kınacı x 5907	TÜBİTAK 1003	Melezleme
Kınacı x 5924	TÜBİTAK 1003	Melezleme

* Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü

3.1.2. Sera denemesinde kullanılan bitkisel materyal

Çizelge 3.2. Sera denemesi bitki materyali ve menşei

Serada Kullanılan Bitki Materyalleri			
Genotip	Kaynak	Temin Şekli	Gen Kaynağı
Kınacı-97	Bahri Dağdaş UTAE*	Kurumdan	*
AUS 5907 (<i>Nax1</i>)	Avustralya	İntrodüksiyon	<i>Nax1</i>
AUS 5924 (<i>Nax2</i>)	Avustralya	İntrodüksiyon	<i>Nax2</i>
Kınacı x 5907	TÜBİTAK 1003	Melezleme	<i>Nax1</i>
Kınacı x 5924	TÜBİTAK 1003	Melezleme	<i>Nax2</i>
Yecora Rojo (<i>Gpc-B1</i>)	Çukurova Üniversitesi	İntrodüksiyon	<i>Gpc-B1</i>
(Kınacı 5907) x (Kınacı 5924)	DEEM**	Melezleme	<i>Nax1</i> ve <i>Nax2</i>
Kınacı 5907 x Yecora Rojo	DEEM**	Melezleme	<i>Nax1</i> ve <i>Gpc-B1</i>
Kınacı 5924 x Yecora Rojo	DEEM**	Melezleme	<i>Nax2</i> ve <i>Gpc-B1</i>

* Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü

** Denemeden Elde Edilen Materyal

Çalışmada materyal olarak Kınacı-97 ve Yecora Rojo çeşidi, AUS-5907, AUS-5924, Kınacı x 5924 ve Kınacı x 5907 hatları ile tez çalışması kapsamından elde edilen Kınacı 5907 x Yecora Rojo, Kınacı 5924 x Yecora Rojo ve Kınacı 5907 x Kınacı 5924

genotipleri kullanılmıştır. Melezleme programlarının ilk aşamasında tuz toleransının yüksek olması nedeniyle Kınacı-97 çeşidi seçilmiştir. Kullanılan materyallere ilişkin bilgiler Çizelge 3.2’de verilmiştir.

3.1.3. Sera denemesinde kullanılan toprak materyali

Selçuk Üniversitesi kampüs alanından alınan (Bor ve tuz oranı çok düşük) toprak materyal olarak kullanılmıştır. Toprak analizi Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü laboratuvarında yapılmıştır. Toprağın pH değeri 7,69 ile hafif alkali, tuzluluk seviyesi (E.C. 156,30 $\mu\text{S cm}^{-1}$) ise düşük düzeydedir. Organik madde oranının düşük olduğu tespit edilmiştir (%1,22). Kalsiyum ve magnezyum seviyeleri yeterli, ancak potasyum orta seviyededir. Fosfor düşük, çinko ve bor eksiklikleri bulunmamaktadır. Toprağın tekstürü tın sınıfındadır.

Çizelge 3.3. Yetiştirme ortamı olarak kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal bazı özellikleri

Parametreler	Sonuç
pH (1:2,5 toprak:su)	7,69
E.C. (1:5 toprak:su) ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	156,30
CaCO ₃	37,80
Organik madde (%)	1,22
Tekstür Sınıfı	(49.6) Tın
mg kg ⁻¹	
Ca	6304,00
Mg	193,00
K	176,00
Na	69,00
S	8,21
P	6,00
mg kg ⁻¹	
Fe	2,14
Zn	0,86
Mn	7,93
Cu	0,92
B	0,67

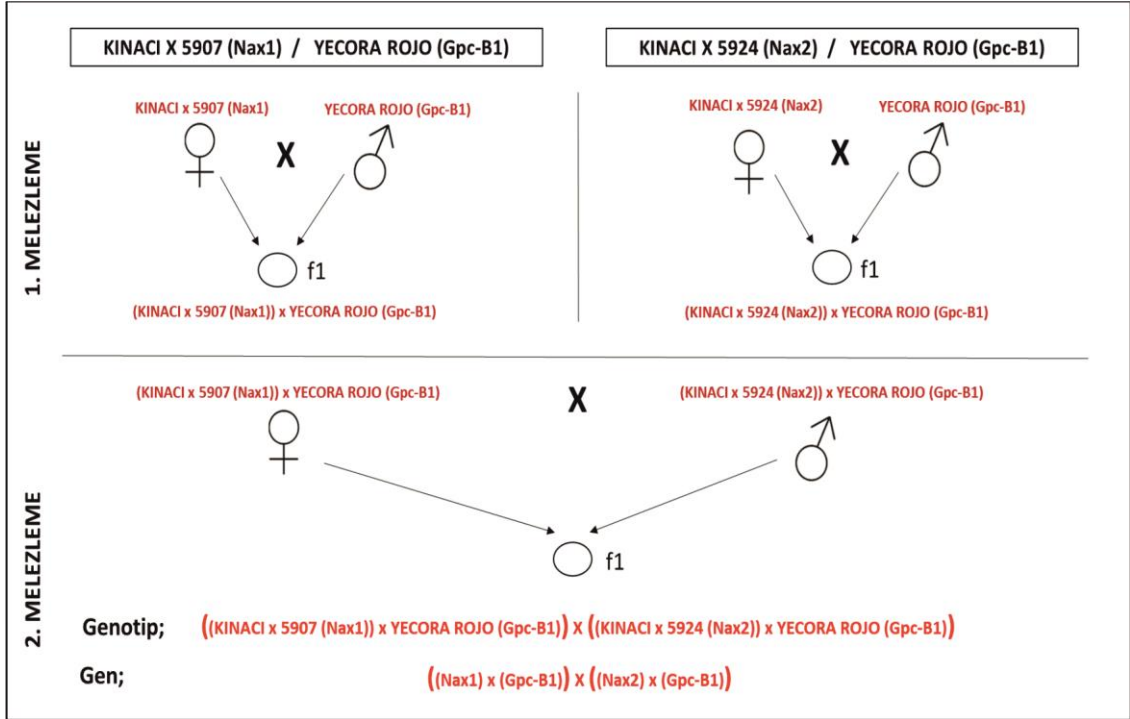
3.2. Yöntem

Çalışmanın ilk aşamasında tuzluluğa toleranslılık sağlayan *Nax1* geni içeren Kınx5907 ve *Nax2* geni içeren Kınx5924 ekmeklik buğday hatları ile protein oranı ve mikro besin elementi içeriğinin artırılması amacıyla *Gpc-B1* geni içeren Yecora Rojo çeşidi ile melezlenmiştir. Elde edilen melez tohumlar moleküler taramaların yapılması

ve melezleme için bir sonraki dönemde araziye ekilmiştir. Moleküler taramaların yapılması sonrasında pozitif olduğu belirlenen genotipler *Nax1*, *Nax2* ve *Gpc-B1* genlerinin bir araya getirilmesi amacıyla yeniden melezlenmiştir. Melezleme şeması Şekil 3.1’de verilmiştir. Elde edilen yeni F1 melez tohumlarının çoğaltılması ve moleküler taramalarının yapılması amacıyla Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme tarlasına ekilmiştir. Aktarılması hedeflenen genler bakımından pozitif olduğu belirlenen bitkiler seçilerek hasat edilmiştir. Sonraki dönemde serada tuzluluk denemesi kurularak gerekli gözlem, ölçüm ve analiz işlemleri gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Çalışmanın iş akış tablosu

Çalışmaya Ait İş Akış Tablosu			
	Aşamalar	İşlemler	Tarihler
1	Birinci Melezleme	Kınacı 5907 (<i>Nax1</i>) x Yecora Rojo (<i>Gpc-B1</i>) = A Genotipi Kınacı 5924 (<i>Nax2</i>) x Yecora Rojo (<i>Gpc-B1</i>) = B Genotipi	Ekim -2020 Temmuz - 2021
2	Birinci Moleküler Tarama	Araziye ekim yapıldı. A ve B genotipleri için moleküler taramalar yapıldı.	Ekim - 2021 Ağustos - 2022
3	İkinci Melezleme	Pozitif bitkiler belirlenerek A x B melezlemesi yapıldı.	
4	İkinci Moleküler Tarama	A x B tohumları arazi ve seraya ekilerek moleküler taramaları yapıldı.	Aralık - 2022 Ağustos - 2023
5	Tuz Denemesi	Moleküler tarama sonrası seçilen genotipler tuz denemesine tabi tutuldu.	Kasım - 2023 Mayıs - 2024
6	Analizlerin Yapılması	EC, Yaş ve Kuru Ağırlık, Klor, Bitki Besin Elementi, Protein analizleri yapıldı.	



Şekil 3.1. Melezleme şeması

3.2.1. Melez bahçesinin hazırlanması ve melezleme işlemleri

Melezleme bahçesi kurulumu Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme arazisine yapılmıştır. Melezleme bahçesinin kurulacağı alan pulluk ile 15-20 cm derinliğinde sürüm yapıldıktan sonra kazayağı ile tarla yüzeyi ekim için hazırlanmıştır. Her bir genotipe ait tohumlar 27 Ekim 2020, 26 Kasım 2020 ve 8 Ocak 2021 tarihlerinde olmak üzere üç farklı zamanda deneme tarlasına iki sıra olarak ekilmiştir. Ekim işlemi, 2 m uzunluğundaki parsellere sıra arası mesafe 40 cm ve sıra üzeri mesafe de 10 cm olacak şekilde 4-6 cm derinliğe elle yapılmıştır. Deneme parsellerine ekimle birlikte toplamda 8 kg P_2O_5 /da fosfor olacak şekilde DAP gübresi uygulanmıştır. Toplamda uygulanacak 14 kg N/da azotun 3 kg N/da'ı ekimde verilmiş olup, kalan azotun 3 kg N/da'ı Şubat ayında üre formunda, 5 kg N/da amonyum sülfat formunda sapa kalkma döneminde serpmeye olarak ve 3 kg N/da'ı da başaklanma öncesinde damlama sulama ile verilmiştir. Çalışmada bitkilerin ihtiyacı dikkate alınarak kardeşlenme, sapa kalkma ve başaklanma öncesinde olmak üzere üç defa damlama sulama yapılmıştır. Yabancı ot kontrolü gerektiği zamanda çapa ile yapılmıştır.

3.2.1.1. Birinci yıl melezleme çalışmaları

Birinci yıl melezleme aşamasında, iki farklı kombinasyon oluşturulmuş ve her bir kombinasyon için 90 başak melezleme amacıyla emasküle edilmiştir. Melezleme işlemi sonucunda, her kombinasyon için en az 80 başakta melezleme işlemi başarılı olmuş ve yeterli miktarda tohum elde edilmiştir.

Başaklanma döneminin başladığı 10 Mayıs 2021 tarihinden itibaren deneme parselleri her gün kontrol edilerek melezleme için uygun dönemde emaskülasyon işlemi yapılmaya başlanmıştır. Emaskülasyon işlemi: Emaskülasyon çalışmaları, güneş ışınlarının toprağa dik gelmeye başlamasından önce, yani anterlerde şişkinlik ve gerginliğe yol açacak sıcaklıklar oluşmadan, sabahın ilk saatlerinde gerçekleştirilmiştir. Gün doğumundan kısa bir süre sonra başlayan bu işlem, hava tamamen ısınmadan sona erdirilmiştir. Buğday bitkisinin başakçıklarında genellikle ikiden fazla çiçek yer alır ve her çiçek, üç stamen (erkek organ) ve bir pistil (dişi organ) içerir. Emaskülasyon işlemini kolaylaştırmak amacıyla, başağın tepe ve alt kısmındaki başakçıklar ile her başakçığın en alt iki çiçeği hariç diğer çiçekler melezleme pensi yardımıyla çıkarılıp uzaklaştırılmıştır. Kalan başakçık kavuzları her bir başakçık için toplam uzunluğunun yaklaşık 1/3'ü olacak şekilde tepe kısmından kesilmiştir. Emaskülasyon için hazır hale gelen başakçıkların içerisinde bulunan üç anter pens yardımı ile uzaklaştırılmıştır. Her yeni başakta pensin sterilizasyonu alkol ile yapılmıştır. Emaskülasyon işlemi tamamlandıktan sonra, her başakçık tek tek kontrol edilmiştir. Başakçıklarda yalnızca dişi organların kaldığından emin olunduktan sonra izolasyon kağıdı ile tozlanma işlemi yapılana kadar (2-3 gün) kapatılmıştır. İzolasyon kağıdının üzerine emaskülasyon işlemini gerçekleştiren kişinin adı, emaskülasyon işlemi uygulanan genotipin adı, emaskülasyon yapıldığı tarih, baba olarak kullanılan genotip ismi ve tozlama işleminin yapıldığı tarih yazılmıştır.

Tozlayıcı başak seçimi: Bu amaçla bayrak yapraktan çıkmış ve sarı renkli anterleri yeni çıkmaya başlamış olan başaklar seçilmiştir.

Melezleme aşaması: Tozlayıcı olarak kullanılacak başaklar, başağın 10-15 cm alt kısmından kesilerek alındıktan sonra, başakçıkların 1/3 lük kısmı makasla kesilerek içerisinde su bulunan kaplara konmuştur. Bu arada ana olarak kullanılacak başağın izolasyon torbası uç kısmından makasla kesilerek açılmış ve içeri kontrol edildikten sonra, anter çıkışları başlayan baba başak alınarak izolasyon torbası içerisine

yerleştirilip çevrilerek polenlerin dökölmesi sağlanmıştır ve torbanın üst kısmı katlanarak zımbalanmıştır.



şekil 3.2. Melez bahęesinden bir görünüm



şekil 3.3. Başak seçimi ve emaskölasyon işlemlerinden bir görünüm



Şekil 3.4. Emaskülasyon işlemi uygulanmış ve izolasyon kağıdı ile kapatılmış başak görünümü



Şekil 3.5. Melezlenmiş bitkilerden bir görünüm

Hasat olgunluğuna gelen buğday başaklarının hasatı 27.07.2021 tarihinde tek tek elle toplanarak yapılmıştır. Elde edilen melez tohumlar ikinci melezleme aşaması için hazırlanmıştır.



şekil 3.6. İkinci melezleme yılındaki numaralandırılmış bitkilerden bir görünüm



şekil 3.7. Melezlenmiş başakların kontrol ve harmanlamasından bir görünüm

3.2.1.2. İkinci yıl melezleme çalışmaları

Melez bahçesinin hazırlanması, ekim ve bakım işlemleri birinci melezleme dönemi ile aynı olacak şekilde yapılmıştır. Melezleme programına göre ilk melezleme yılında elde edilen Kınacı 5907 x Yecora Rojo ve Kınacı 5924 x Yecora Rojo genotiplerine ait tohumlar hem tohum çoğaltma hem de ikinci melezleme aşaması için 26 Ekim 2021 ve 13 Aralık 2021 tarihinde olmak üzere iki farklı tarihte ekilmiştir. Tohumlar iki sıra halinde her bir sıra 3 m, sıra arası 40 cm, sıra üzeri 10 cm olacak şekilde 4-6 cm derinliğe elle ekilmiştir. Ekilen tohumların çıkışından sonra buğdayların kardeşlenme döneminde bitkiler numaralandırılarak DNA izolasyonu, PCR ve görüntüleme işlemleri yapılmıştır.

Çalışmada aranan genler için bitkiler numaralandırılıp etiketlenerek analizleri yapılmış ve pozitif olan bitkiler belirlenmiştir. Melez tohumların elde edilmesi için pozitif bitkilerin melezleme işlemi 12.05.2022 ile 01.06.2022 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. İkinci melezleme aşamasında bir tane kombinasyon oluşturulmuş ve melezleme yapılmıştır. Bu aşamada 60 başakta emaskülasyon işlemi yapılarak melezleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Hasat olgunluğuna gelen başaklar Ağustos 2022 tarihinde hasat edilerek harmanlanmıştır. En az 50 başakta melezleme işlemi başarılı olmuş yeterli miktarda tohum elde edilmiştir. Elde edilen F1 tohumları çoğaltım ve moleküler taramalar için 6 Aralık 2022 tarihinde ekilmiştir. Ekim işlemi, 4 sıra halinde 2 m uzunluğundaki parsellere sıra arası mesafe 40 cm ve sıra üzeri mesafe de 10 cm olacak şekilde 4-6 cm derinliğe elle yapılmıştır. Bitkilerin çıkışını takiben her bir bitki kodlanarak 5-6 yapraklı döneminde yaprak örneklerinin alınmasıyla birlikte DNA izolasyonu ve PCR görüntüleme işlemleri yapılmaya başlanmıştır. Aktarılması hedeflenen genler bakımından pozitif olduğu tespit edilen bitkiler belirlenip etiketlenmiştir. Etiketlenmiş bitkiler Ağustos 2023 tarihinde hasat edilmiştir.

3.2.2. Moleküler analiz yöntemleri

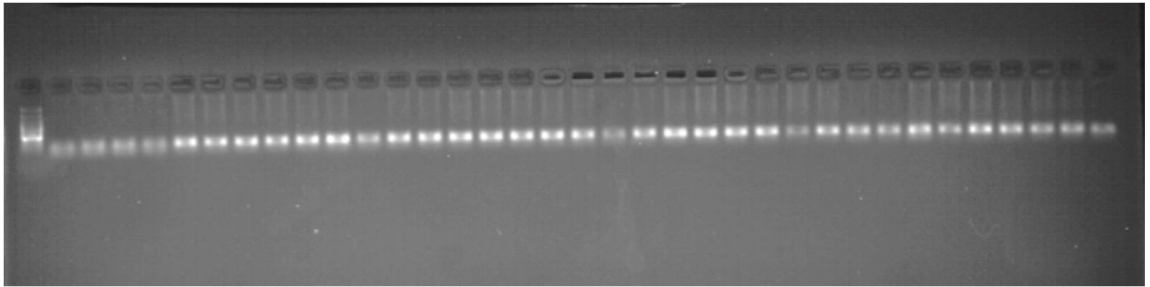
3.2.2.1. Robotik (Qiagen) DNA İzolasyonu

Bitki örnekleri izolasyon için yeterli büyüklüğe geldiğinde (kardeşlenme dönemi başlangıcında) 0.2-0.3 g yaprak örneği alınarak analiz için hazır hale getirilmiştir. 2 ml'lik tüpe alınan örneklerin üzerine 1500 µl Food Lysis buffer eklenerek ve fiziksel

parçalanmanın sağlanabilmesi için tungsten carbid boncuk konularak tissueLyser cihazında parçalanması sağlanmıştır. Tüpler kısa bir süre vortekslendikten sonra, 4 µl proteinazK eklenerek, 60 °C sıcaklıkta 30 dk bekletilmiştir (Thermosheaker cihazı). İşlem sırasında tüpler iki ya da üç kez hafifçe karıştırılmış işlem sonunda 5 dk buzun üzerine alınmıştır. Tüpler 5 dk 14000 rpm’de santrifüj edilmiştir. Santrifüj edildikten sonra tüpte oluşan süpernatanttan 800 µl ayrı bir tüpe alınarak ve 500 µl kloroformla karıştırılmıştır. Örnekler kısa süre vortekslenerek, tekrar 15 dk 14000 rpm’de santrifüj edilmiştir. Tüplerde oluşan sıvı süpernatant kısımlarından 500 µl alınarak robota özel olarak kullanılan sbloğa aktarılmış ve DNA izolasyon robotuna yerleştirilmiştir. Robotun izolasyon programında gösterdiği gibi belirli kolonlarına AW, Pb, EB buffer yerleştirilerek robot çalıştırılmıştır. İşlem sonunda DNA’lar izole olarak elde edilmiştir.

3.2.2.2. DNA Saflık Analizi

DNA elde edilip edilmediğini kesin olarak görmek için ve DNA’nın parçalanmamış olduğunu belirlemek amacıyla her plate için temsili rastgele birkaç örnek alınarak agaroz jelde görüntülenmiştir. Gerekli olan %1’lik agaroz jel hazırlanmış, DNA örnekleri kuyucuklara yüklenmiş ve 80 voltta 60 dk boyunca yürütülmüştür.



Şekil 3.8. Agaroz jelde yürütülen DNA’ların görüntüsü

3.2.2.3. SSR Yöntemi İle PCR Çalışmalarının Gerçekleştirilmesi

Kodominant ve kararlı bir markör sistemi olan SSR analizlerinde farklı genotiplere ait DNA örnekleri ile tarama ve optimizasyon çalışması yapılmıştır. Bu taramalarda *Gpc-B1*, *Nax1* ve *Nax2* primerleri kullanılmıştır. PCR’da primer bağlanma noktaları arasındaki DNA parçacıklarının çoğaltılması sağlanmıştır. Reaksiyonda (20 µl son

hacimli - Çizelge 3.5) hedef DNA (yaklaşık 10-15 ng/μl), 4 tür dNTP (10mM), MgCl₂, primer, 10x tampon çözelti ve Taq DNA polimeraz enzimi yer almakta ve PCR 3 aşamada gerçekleşmektedir (Gwanama ve ark., 2000). PCR protokolü Çizelge 3.6'da verilmiştir. Öncelikle ilgili primerin optimizasyon çalışması yapılmıştır. Buna göre: başlangıç DNA denatürasyonu: 94°C'de yaklaşık 5 dk, primer bağlanması ve polimerizasyon: yaklaşık 30-40 döngü (örn. 94°C'de 30sn, TA°C'de 30 sn ve 72°C'de 90 sn), son çoğaltma evresi: 72 °C'de 5dk olacak şekilde optimize edilmiştir.

Bu sıcaklık dereceleri, döngü sayıları ve zamanları kullanılarak PCR cihazının özellikleri doğrultusunda modifiye edilebilir niteliktedir (Gwanama ve ark., 2000; Brown ve Myers, 2002; Decker-Walters ve ark., 2004; Kwon ve ark., 2004). PCR içeriği ve amplifikasyon koşulları kullanılan genotiplere ve kullanılan primerin % GC oranına göre önceden optimize edilmiştir. Ayrıca primerlere ait nükleotid dizilimi Çizelge 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.5. SSR çalışması için kullanılan PCR master mix bileşimi

Reaksiyon karışımı	1 örnek (tüp) için
DNA miktarı (20 ng/μl)	1.0 μl
10X buffer tampon çözelti	2.0 μl
25 mM MgCl ₂	1.5 μl
10 mM dNTP	0.4 μl
İleri Primer (F) (10 pmol/μl)	1.0 μl
Geri Primer (R) (10 pmol/μl)	1.0 μl
5 U/μl Taq DNA polimeraz	0.2 μl
ddH ₂ O (PCR hassasiyetinde)	12.9 μl
Toplam	20 μl

Çizelge 3.6. SSR çalışması için kullanılan PCR Protokolü

Aşamalar	T _m (°C)	Süre	Döngü
Başlangıç Denatürasyonu	95	15 dk	...
Denatürasyon	94	1 dk	5
Bağlanma	58	1 dk	
Uzama	72	1 dk	
Denatürasyon	94	30 sn	30
Bağlanma	58	30 sn	
Uzama	72	30 sn	
Final Uzama	72	10 dk	
Bekleme	4	∞	

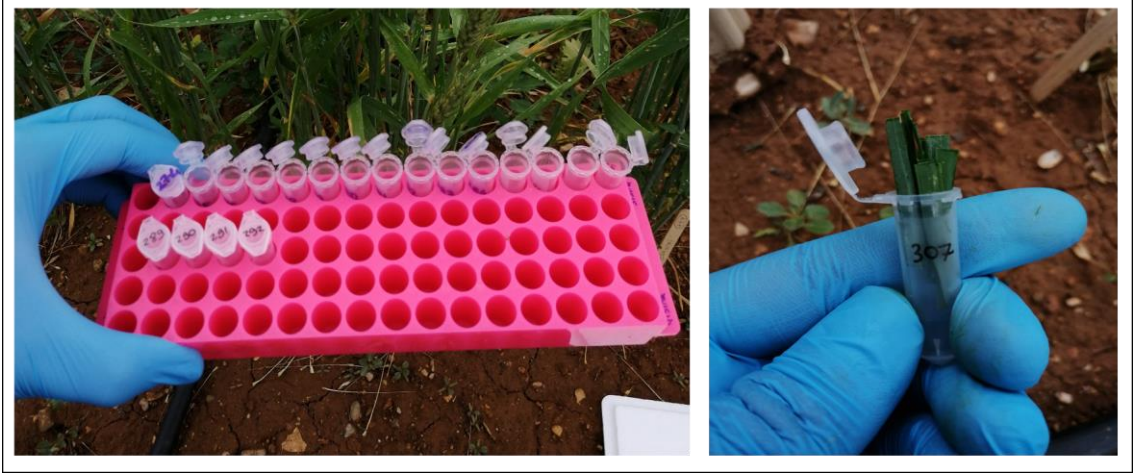
Çizelge 3.7. Primerlere ait nükleotid dizilimi

Gen Adı	Primer Adı	Primer Sekansları	T _m (°C)
<i>Nax 1</i>	GWM312 (F)	ATCGCATGATGCACGTAGAG	63.8
	GWM312 (R)	ACATGCATGCCTACCTAATGG	
<i>Nax 2</i>	cslink <i>Nax2</i> (F)	GAGTGGGGCTCCGACGGGGCTGAA	63.5
	cslink <i>Nax2</i> (R)	CGTCAGGCGTCACCTGCCGGCCG	74.1
<i>Gpc-B1</i>	Xuhw 89 (F)	TCTCCAAGAGGGGAGAGACA	59
	Xuhw 89 (R)	TTCCTCTACCCATGAATCTAGCA	

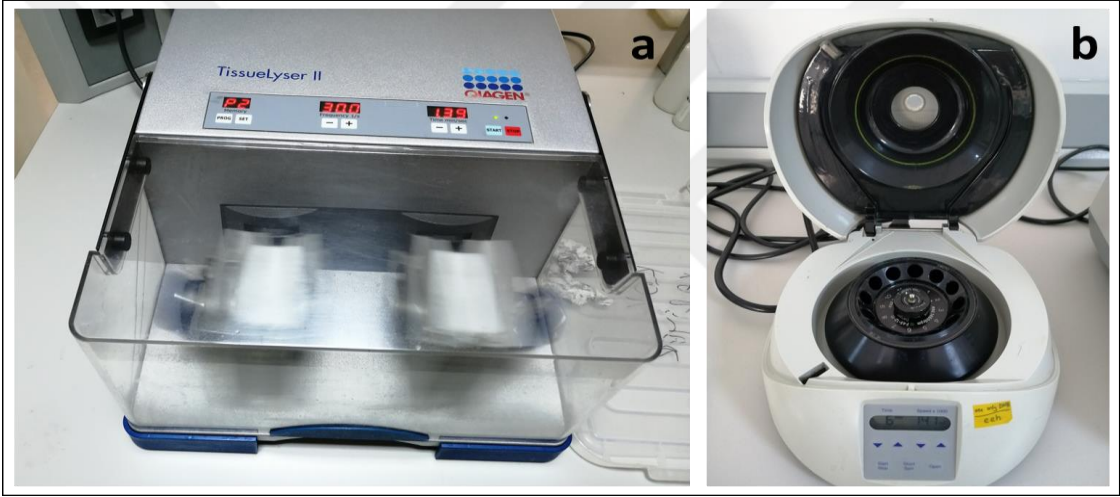
Nax1 geni için GWM312 primeri, *Nax2* geni için cslink *Nax2* primeri (James ve ark., 2012) ve *Gpc-B1* geni için ise Xuhw 89 primeri kullanılmıştır (Distelfeld ve ark., 2006). *Nax1*, *Nax2* ve *Gpc-B1* genlerine ait primerler nükleotid dizilimleri Çizelge 3.7’de verilmiştir.

3.2.2.4. Çoğaltılmış DNA Parçacıklarının Saptanması

Allellik varyantların ayrıştırılması için bir baz çifti farklılığı kadar hassasiyeti yüksek olan Qiaxcel advanced genotiplendirme sistemi kullanılmış, taramalar ıslah amacına hizmet edecek şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada PCR’den çıkan ürünler kullanılmış ve işlem tamamlandıktan sonra örneklerin allel sayıları belirlenmiştir.



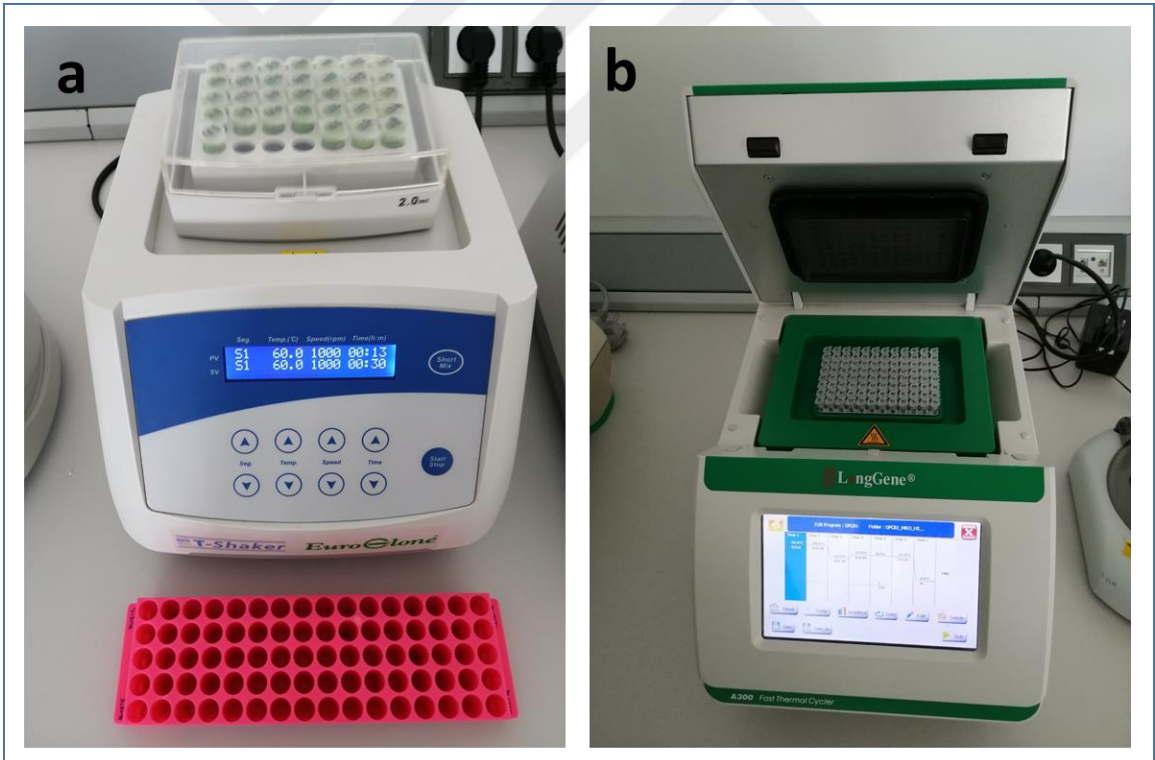
Şekil 3.9. DNA izolasyonu için bitki örneği alımından bir görüntü



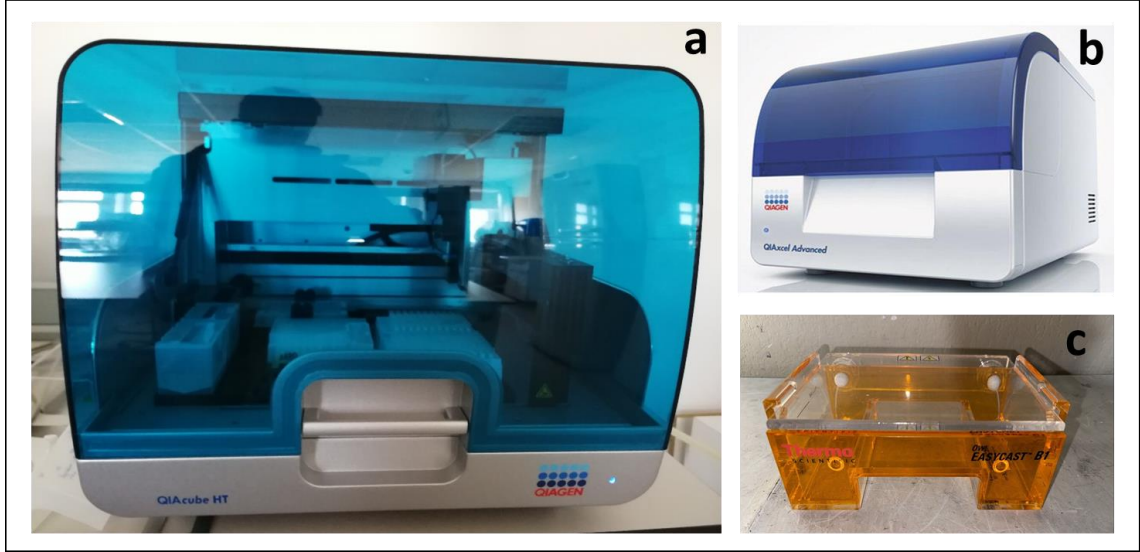
Şekil 3.10. TissueLyser (a) ve Minispin (b) cihazları



Şekil 3.11. Analiz için örnek hazırlığı (a) ve tüplerin içerisine örneklerin alınması (b)



Şekil 3.12. Analizlerde kullanılan Thermosheaker cihazı (a) ve PCR cihazı (b).



Şekil 3.13. Çalışmada kullanılan QIAcube HT (a) , QIAxcel advanced (b) ve Thermo Fisher Scientific jel elektroforez (c) cihazından bir görünüm

3.2.3. Sera tuz denemesi

3.2.3.1. Sera denemesinin kurulması ve vernalizasyon

Yapılan çalışma ile ilgili deneme serilerinin hazırlanması, mukayese amaçlı 0 mM (kontrol), 100 mM NaCl ve 200 mM NaCl uygulamaları Ziraat Fakültesi bünyesinde bulunan Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'ne ait olan donanımlı araştırma serasında gerçekleştirilmiştir. Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre ve üç tekrarlı olacak şekilde oluşturulmuştur. Saksıların (2.2 kg) üzerine çeşit ve uygulama dozlarının belirtildiği etiketler yerleştirilmiştir.

Araştırmada Konya Selçuk Üniversitesi kampüs alanından temin edilen tuz içeriği düşük toprak 4 mm elekten geçirilerek kullanılmıştır. Buğday tohumları çimlendirme öncesi % 5'lik sodyum hipoklorit çözeltisi kullanılarak sterilizasyon işlemine tabi tutulmuştur. Hipoklorit çözeltisi hazırlamak için; 50 ml sodyum hipoklorit çözeltisi mezüre eklenmiş ve son hacim bir L olacak şekilde üzeri saf su ile tamamlanmıştır. Beher içerisine alınan tohumlar ilk olarak saf su ile yıkanmıştır. Üzerlerine %5'lik sodyum hipoklorit çözeltisi ilave edilerek 4 dk bekletilmiştir. İlk önce çeşme suyu ve ardından saf sudan geçirilerek iyice yıkanmıştır. Her saksıya sekiz tohum ekilip, çimlenme gerçekleştikten sonra kardeşlenme dönemi başlangıcında bitki sayısı beşe düşürülmüştür. Ekim işlemi 07.11.2023 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın

devam ettiği süre boyunca sera sıcaklığının 25 ± 3 °C, seradaki solar radyasyonun 1750 ± 50 kcal/m², nispi nem değerinin 60 ± 10 aralıkları arasında tutulmasına dikkat edilmiştir. Bitkiler gelişimleri boyunca saf su ile sulanmıştır. Kardeşlenme dönemindeki bitkilerin vernalizasyon ihtiyacının karşılanması için 10.12.2023 tarihinde saksılar dışarıya alınarak yaklaşık 40 gün boyunca sera dışarısında bekletilmiştir. Ocak ayının üçüncü haftasında vernalizasyon için dışarıda bekletilen saksılar tekrar seraya alınmıştır.

3.2.3.2. Temel gübreleme ve tuz uygulamalarının yapılması

Denemede kullanılan toprağın analizi yapılarak analiz sonucuna göre gübreleme programı belirlenerek uygulama yapılmıştır. Bitkilerin çıkışından sonra temel gübreleme olarak, 250 ppm N (MAP + üre), 80 ppm P (KH₂PO₄ + MAP) ve 1,5 ppm Zn (ZnSO₄.7H₂O) uygulaması yapılmıştır. Bitkiler 2-3 yapraklı döneme geldiklerinde NaCl çözeltisinden üç doz (0 mM, 100 mM, 200 mM) olacak şekilde saksı toprağı üzerine tuz uygulaması yapılmıştır. Bitkilerin tuz şokuna girmemeleri için 200 mM tuz dozu iki seferde (Bir gün ara ile) verilmiştir.

3.2.3.3. Analiz için bitki örneği alınması ve hasat işlemlerinin yapılması

Tuz uygulamasından yaklaşık iki hafta sonra, bitkiler üzerinde oluşan etkiler gözlemlenmiş ve bitkilerin toprak üstü aksamı kesilerek gövde uzunluğu ölçülmüş ve bitkilerin yaş ağırlıkları kaydedilmiştir. Alınan yaprak örnekleri ilk olarak çeşme suyunda yıkanmıştır. Sonrasında 0.2 N HCl çözeltisi içeren kabın içine daldırılmış ve saf sudan geçirilmiştir. EC (elektrolit sızıntısı) analizi için bitkilerden yaklaşık 0,5 g kadar örnek alınarak EC tüplerine aktarılmıştır. Bitki örnekleri öncesinde numaralandırılan kese kağıtları içerisine konularak diğer analizlerin yapılması için kurumaya bırakılmıştır.

3.2.4. Bitki besin elementi analizi

Kurutulan yaprak örnekleri tungsten kaplı bitki öğütme değirmeninde öğütülmüştür. Öğütülen örneklerden liner tüplerin içerisine 0,2 g kadar tartılmıştır. Analizin güvenilirliğini sağlamak için 40 hücrelik mikrodalga seti içerisine bir şahit ve bir referans materyal ilave edilmiştir. Daha sonra örneklerin üzerine 5 ml konsantre

HNO₃ ve 2 ml saf su ilave edilerek, mikrodalga cihazında (Cem MARSXpress) yüksek ısı (210°C) ve basınç altında (200 PSI) çözündürülmüştür. İşlem bittikten sonra tüpler çeker ocağın altında dikkatli bir şekilde açılarak falkon tüplerine boşaltılmış ve çözündürülen örnekler saf su ile 20 ml çizgisine tamamlanmıştır. Elde edilen süzükler mavi bantlı filtre kağıdından temiz falkonlara süzölmüştür. Süzükteki toplam B, K, Ca, Mg ve Na element miktarları için ICP-OES cihazında okumaları gerçekleştirilmiştir (Burt, 1992).

3.2.5. Klor Analizi

Klor miktarı öğütölmüş kuru bitki örneklerinde AgNO₃ ile titre edilerek belirlenmiştir (Johnson ve Ulrich, 1959). Bitkide klor analizi için yapraklardan 0,1 g tartılarak 50 ml'lik santrifüj tüpüne konulmuştur. Üzerine 25 ml saf su ilave edilerek 10 dk çalkalanmıştır. Elde edilen süzükler mavi bantlı filtre kağıdından süzölmüştür. Süzüklerin üzerine 1 ml potasyum kromat indikatörü ilave edilmiştir ve standart gümüş nitrat çözeltisi ile titre edilmiştir. Bitkideki klor miktarı hesaplaması aşağıdaki formüle göre yapılmıştır.

$$\text{Bitkide ekstrakte edilebilir klor, \%} = [(Ö-T)/A] * 100$$

Ö = Örnek titrasyonda harcanan AgNO₃ miktarı (ml)

T = Şahit için harcanan AgNO₃ miktarı (ml)

A = Bitki Örneği miktarı (mg)

3.2.6. Bitkide hücre zarı geçirgenliği (EC) analizi

Bitkilerde EC analizi için, yaprak örnekleri 0,1 g tartılarak içerisinde 10 ml saf su bulunan deney tüplerine ilave edilmiştir. 32 °C su banyosunda iki saat boyunca bekletilmiştir ve örnekler oda sıcaklığına gelince EC1 okuması gerçekleştirilmiştir. Daha sonra okunan örneklerin üzeri alüminyum folyo ile kapatılarak 121 °C otoklava yerleştirilmiştir ve otoklavlama işlemi bitince tekrar ölçüm yapılarak EC2 değerleri belirlenmiştir. Elektrolit sızıntısı (ES) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Dionisio-Sese ve Tobita, 1998).

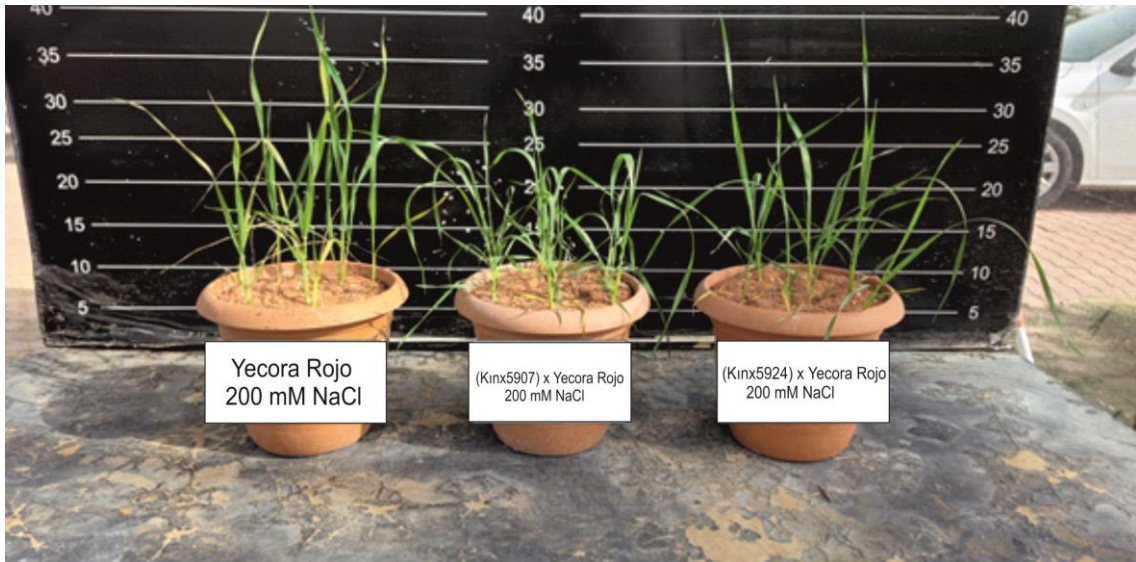
$$ES = EC1/EC2 * 100$$

3.2.7. Protein analizi

Numuneler öğütüldükten sonra 0.5 mm'lik elekten geçirilerek örneklerin toplam protein kapsamları Dumas kuru yakma metodu ile LECO CN-2000 cihazı kullanılarak belirlenmiştir (Wright ve Bailey, 2001). Tane protein oranı, tane azot konsantrasyonunun 5.71 katsayısı ile çarpılarak elde edilmiştir.



Şekil 3.14. Genotiplerin 200 mM tuz dozu altındaki görünüşleri



Şekil 3.15. Yecora Rojo, (Kın-5907) x Yecora Rojo ve (Kın-5924) x Yecora Rojo genotiplerinin 200 mM NaCl

3.2.8. Verilerin İstatistik analizi

Sera denemesi sonuçları tesadüf parselleri deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuştur. Jmp-7 paket programı kullanılmıştır. Varyans analizi sonuçlarına göre tuz dozu, genotip ve bunların interaksiyonlarının F değerleri %1 veya %5 seviyesinde önemli bulunan her özellik için AÖF (LSD) testi yapılmış ve ortalamalar gruplandırılmıştır (Anonymous, 2025).



4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Birinci Yıl Kapillar Elektroforez Sonuçları

Çalışmanın birinci melezleme aşamasında *Nax1* geni içeren Kınacı x 5907 hattı ile *Gpc-B1* geni içeren Yecora Rojo çeşidi ve *Nax2* geni içeren Kınacı x 5924 hattı ile *Gpc-B1* geni içeren Yecora Rojo çeşidi melezlenmiştir. Elde edilen melez tohumlar ekilerek DNA izolasyonu yapılmış ve Kapillar Elektroforez cihazında genlerin moleküler taramaları yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

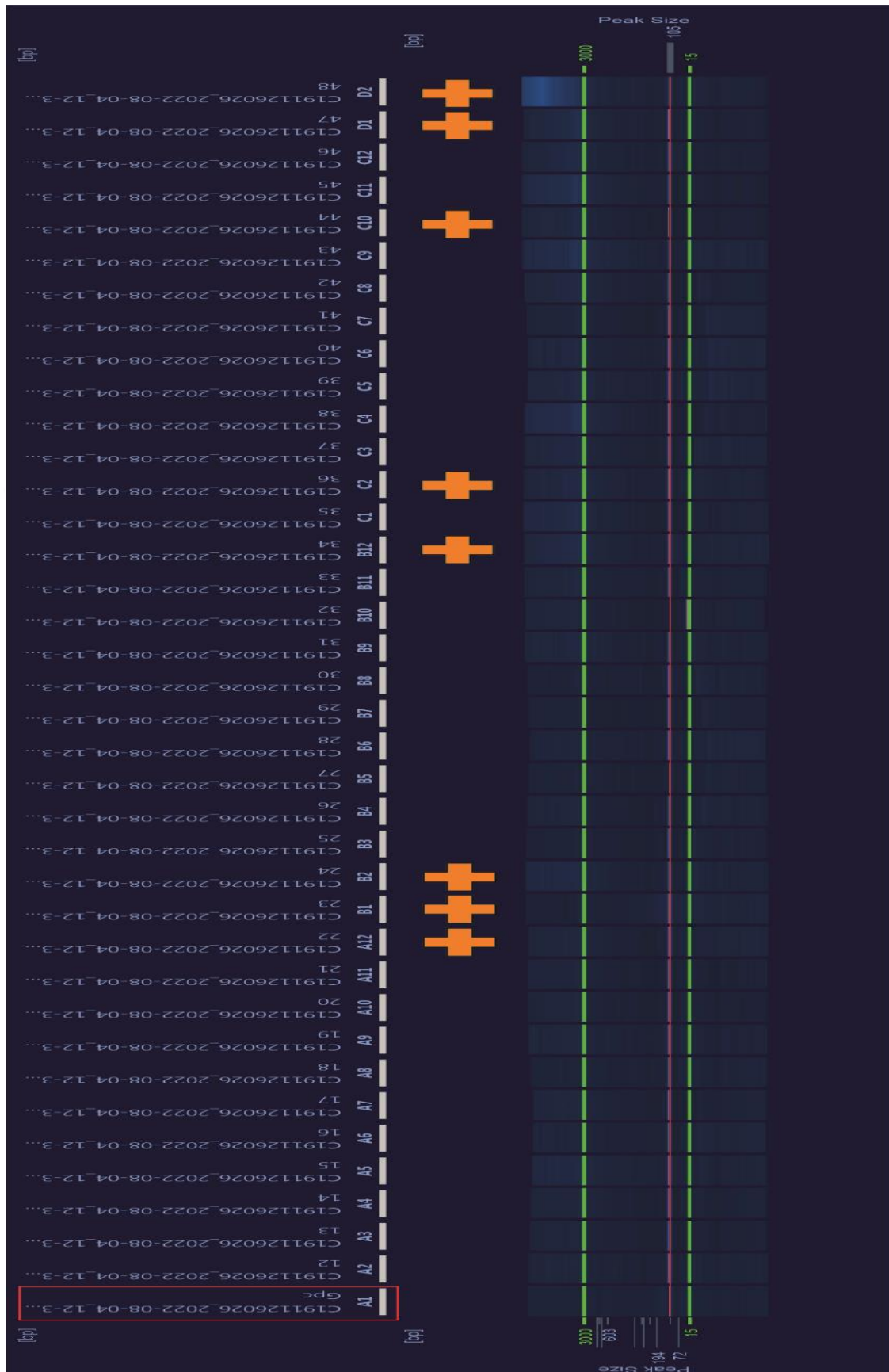
4.1.1. (Kınacı x 5907) x Yecora Rojo Melezine ait *Nax1* ve *Gpc-B1* geni bulguları

Nax1 geni için tanımlı SSR primeri kullanılarak elde edilen PCR ürünlerinin kapillar elektroforez sisteminde görüntülemeleri yapılmıştır. Görüntüleme sonucu çift allel veren bantlar tespit edilmiş ve Şekil 4.1’de işaretlenmiştir. Genotiplere ait örnek bp tablosu Ek 1’de verilmiştir. Kapillar elektroforez sonucuna göre (Kınacı x 5907) x Yecora Rojo melezinin 11, 50, 56, 57, 58, 70, 75, 78, 81, 83, 86, 90, 94, 95, 96, 283, 294, 303, 306, 311, 313, 315, 316 ve 320 numaralı genotipleri *Nax1* geni bakımından pozitif olarak belirlenmiştir.

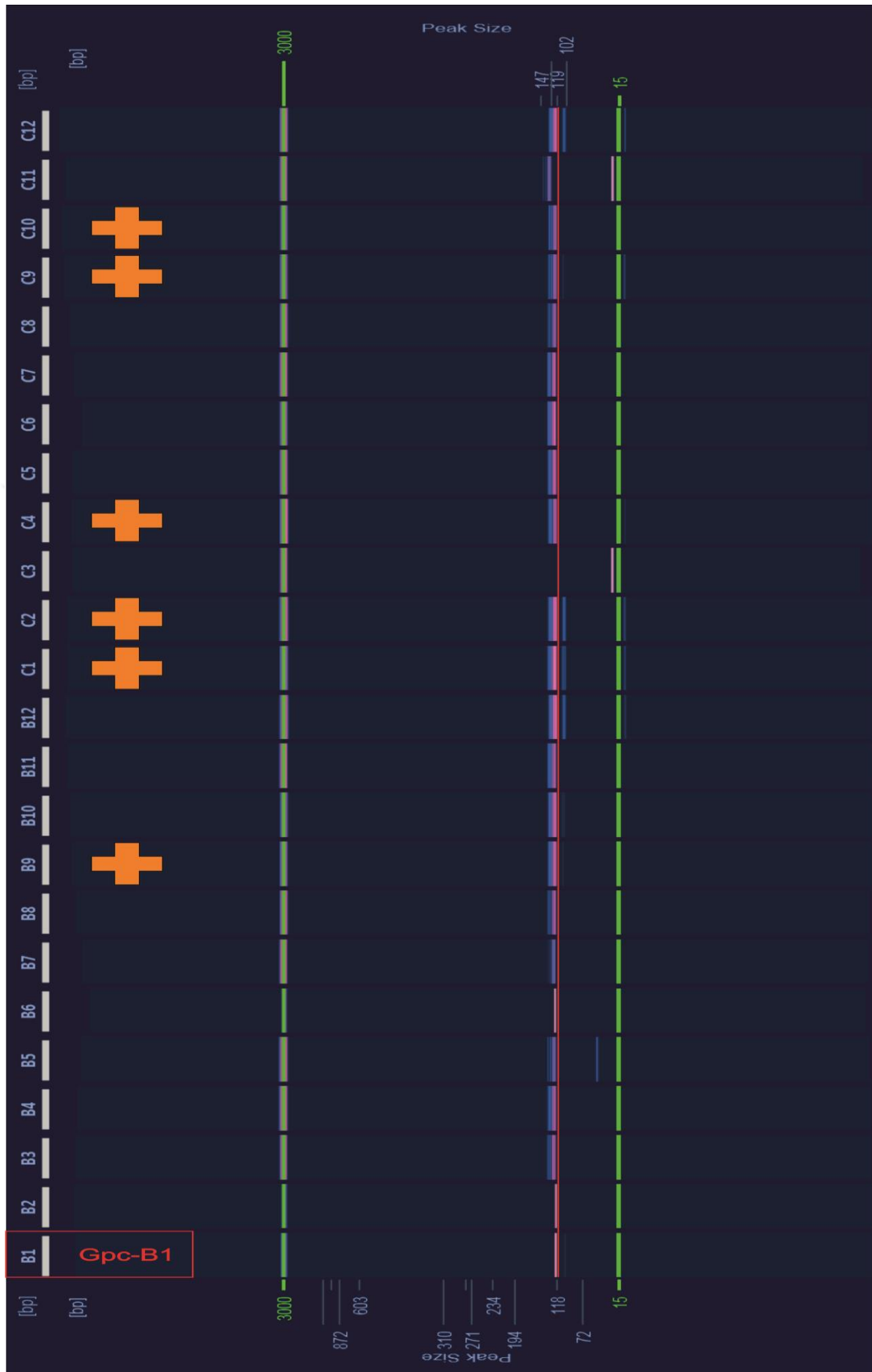
Gpc-B1 geni için yapılan kapillar elektroforez görüntüleme sistemi sonucuna göre 122 bp bant görüntüsü veren genotipler tespit edilerek Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’de işaretlenmiştir. Genotiplere ait örnek bp tablosu Ek 2’de verilmiştir. Kapillar Görüntüleme sonucuna göre 22, 23, 24, 34, 36, 44, 47, 48, 291 (B8), 295 (C1), 296 (C2), 298 (C4), 303 (C9) ve 304 (C10) numaralı genotipler *Gpc-B1* geni bakımından pozitif olarak belirlenmiştir.

(Kınacı x 5907) x Yecora Rojo melezin ait kapillar elektroforez görüntüleme işlemi sonrasında *Nax1* ve *Gpc-B1* genini bir arada bulunduran genotip sayısı sekiz olarak tespit edilmiştir.

Şekil 4.1. (Kınacı x 5907) x Yecora Rojo melezlerindeki *Nax1* genine ait pozitif allel görüntüsü



Şekil 4.2. (Kınacı x 5907) x Yecora Rojo melezlerindeki *Gpc-B1* genine ait pozitif allel görüntüsü



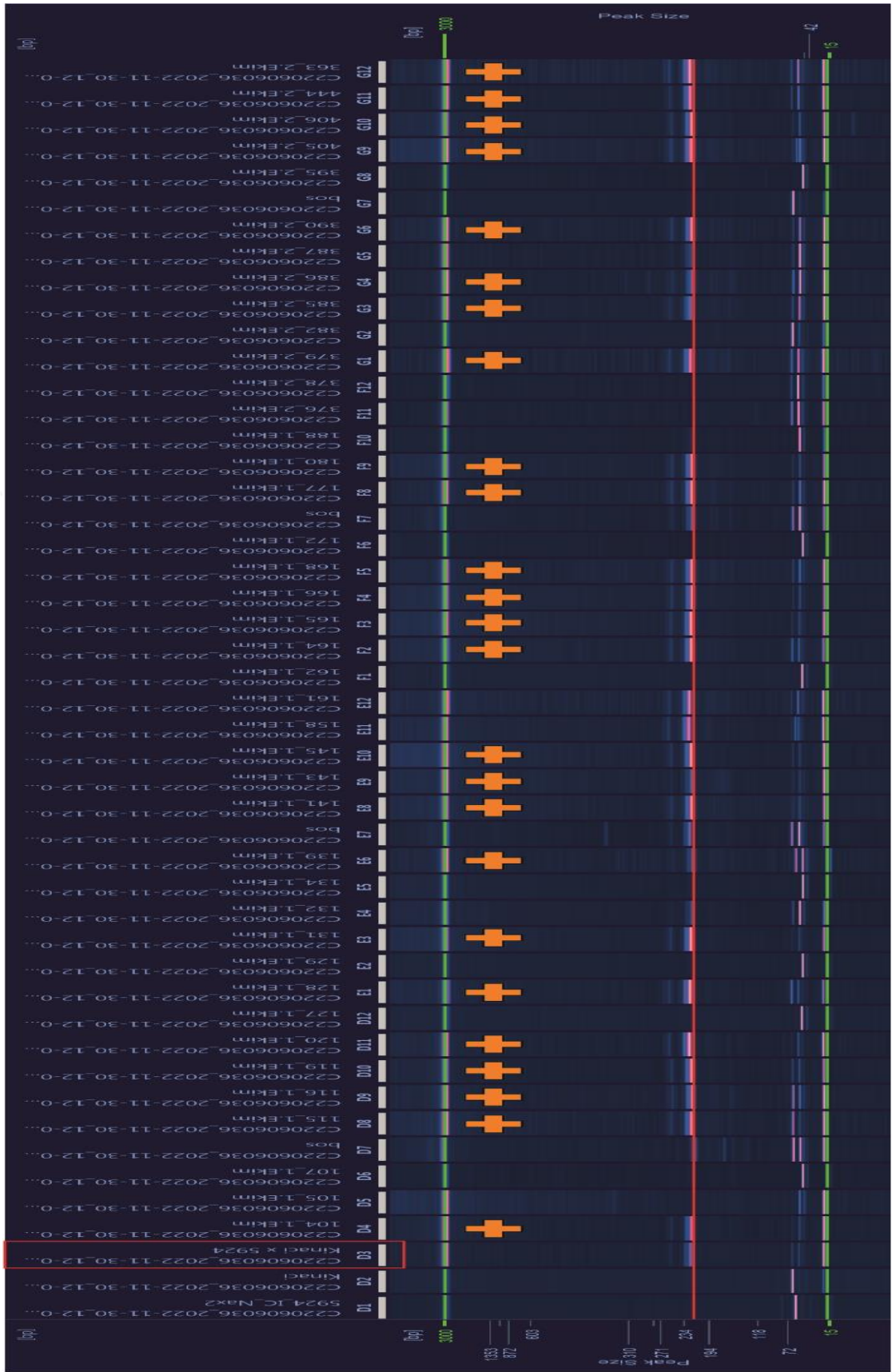
Şekil 4.3. (K₁naç1 x 5907) x Yecora Rojo melezlerindeki *Gpc-B1* genine ait pozitif allel görüntüsü (2. Ekim)

4.1.2. (Kınacı x 5924) x Yecora Rojo Melezine ait *Nax2* ve *Gpc-B1* geni bulguları

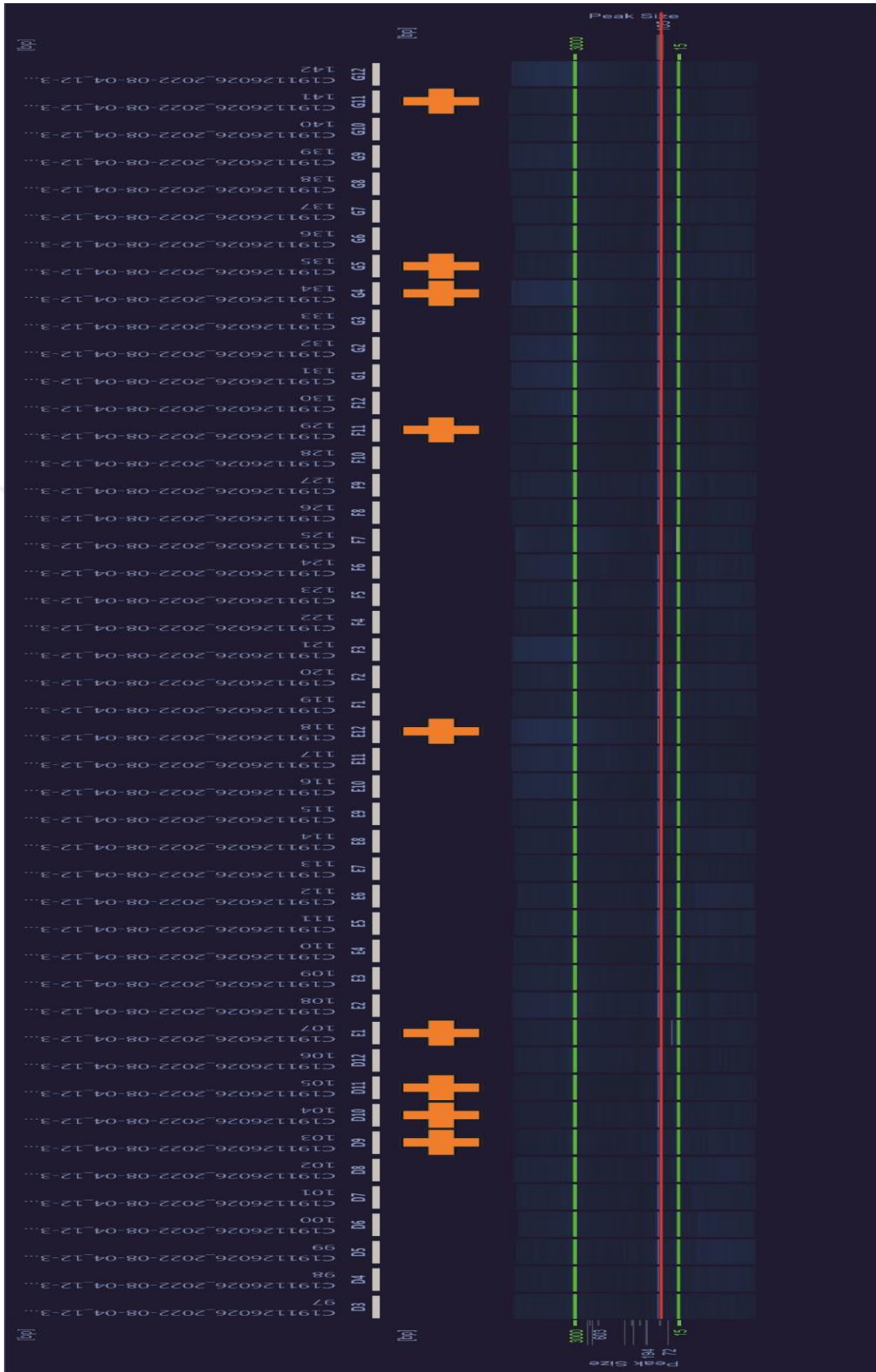
Nax2 geni için tanımlı SSR primeri kullanılarak elde edilen PCR ürünlerinin kapillar elektroforez sisteminde görüntülemeleri yapılmıştır. Görüntüleme sonucu çift allel veren bantlar tespit edilmiş ve Şekil 4.4'de işaretlenmiştir. Genotiplere ait örnek bp tablosu Ek 3'de verilmiştir. Kapillar elektroforez görüntüleme sistemi sonucuna göre (Kınacı x 5924) x Yecora Rojo melezinin 104, 108, 115, 116, 119, 120, 128, 131, 139, 140, 141, 143, 145, 164, 165, 166, 168, 175, 177, 180, 379, 385, 386, 390, 405, 406, 444 ve 363 numaralı genotipleri *Nax2* geni bakımından pozitif olarak belirlenmiştir.

Gpc-B1 geni için yapılan kapillar elektroforez görüntüleme sistemi sonucuna göre 122 bp bant görüntüsü veren genotipler tespit edilerek işaretlenmiştir. Genotiplere ait örnek bp tablosu Ek 4'de verilmiştir. Görüntüleme sonucuna göre 103, 104, 105, 107, 118, 129, 134, 135, 141, 143, 341 (D2), 344 (D4), 350 (D10) ve 363 (E11) numaralı genotipler *Gpc-B1* geni bakımından pozitif olarak belirlenmiştir (Şekil 4.5 ve Şekil 4.6).

(Kınacı x 5924) x Yecora Rojo melezine ait elektroforez görüntüleme işlemi sonrasında *Nax2* ve *Gpc-B1* genini bir arada bulunduran genotip sayısı 14 olarak tespit edilmiştir. Hedef genler bakımından pozitif olarak belirlenen bitkiler ikinci melezleme aşaması için ekilmiştir.



Şekil 4.4. (Kinacı x 5924) x Yecora Rojo melezlerindeki *Nax2* genine ait pozitif allel görüntüsü



Şekil 4.5. (Kınacı x 5924) x Yecora Rojo melezlerindeki *Gpc-B1* genine ait pozitif allel görüntüsü

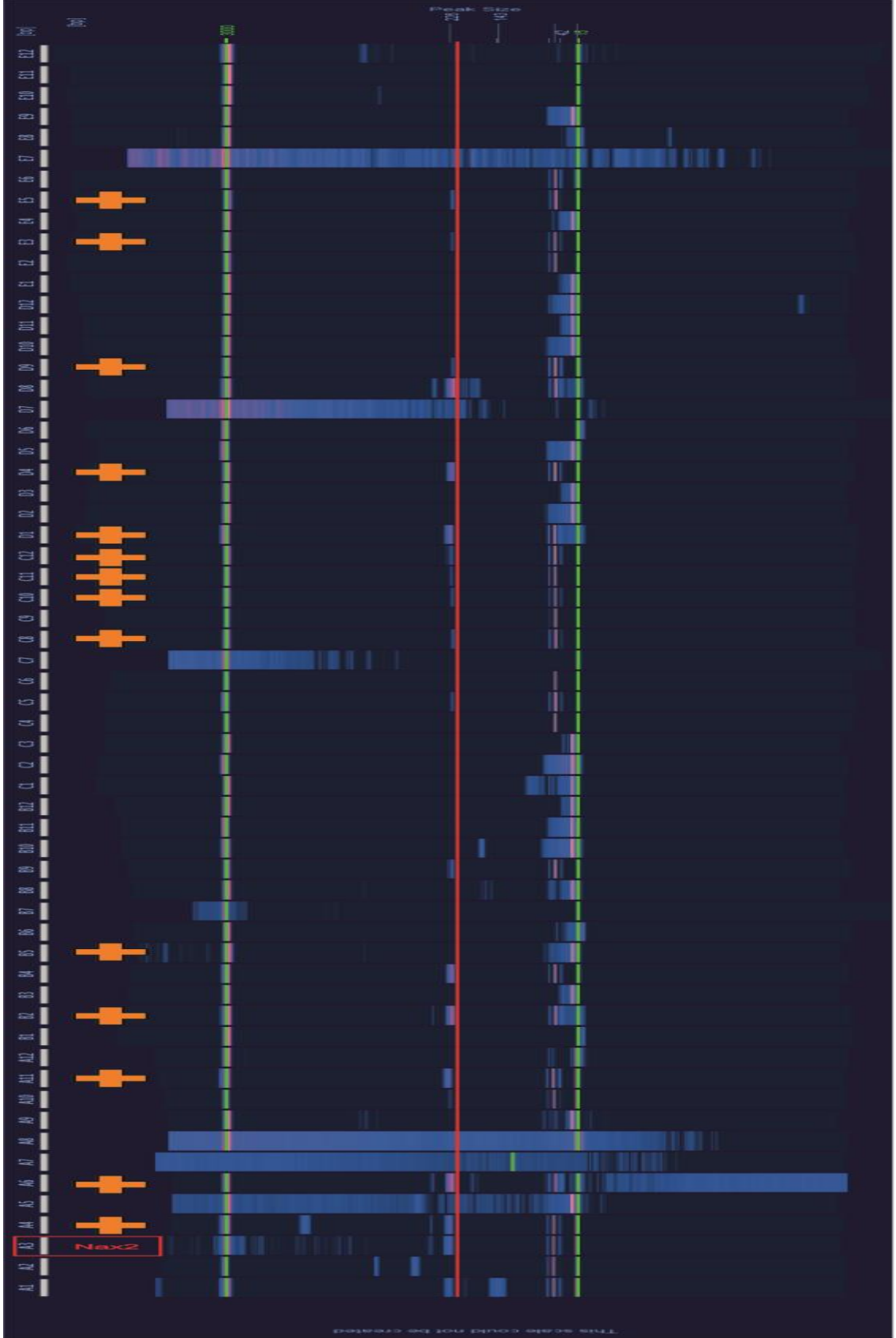
4.2. İkinci Yıl Kapillar Elektroforez Sonuçları

Çalışmanın ikinci aşamasında *Nax1* ve *Gpc-B1* genlerini içeren (Kınacı x 5907) x Yecora Rojo ile *Nax2* ve *Gpc-B1* genlerini içeren (Kınacı x 5924) x Yecora Rojo genotipi melezlenerek üçlü melez ((Kınacı x 5907) x Yecora Rojo) x ((Kınacı x 5924) x Yecora Rojo) kombinasyonu oluşturulmuştur. Elde edilen tohumlar ekilerek DNA izolasyonu yapılmış ve Kapillar Elektroforez cihazında genlerin moleküler taramaları yapılmıştır. Elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

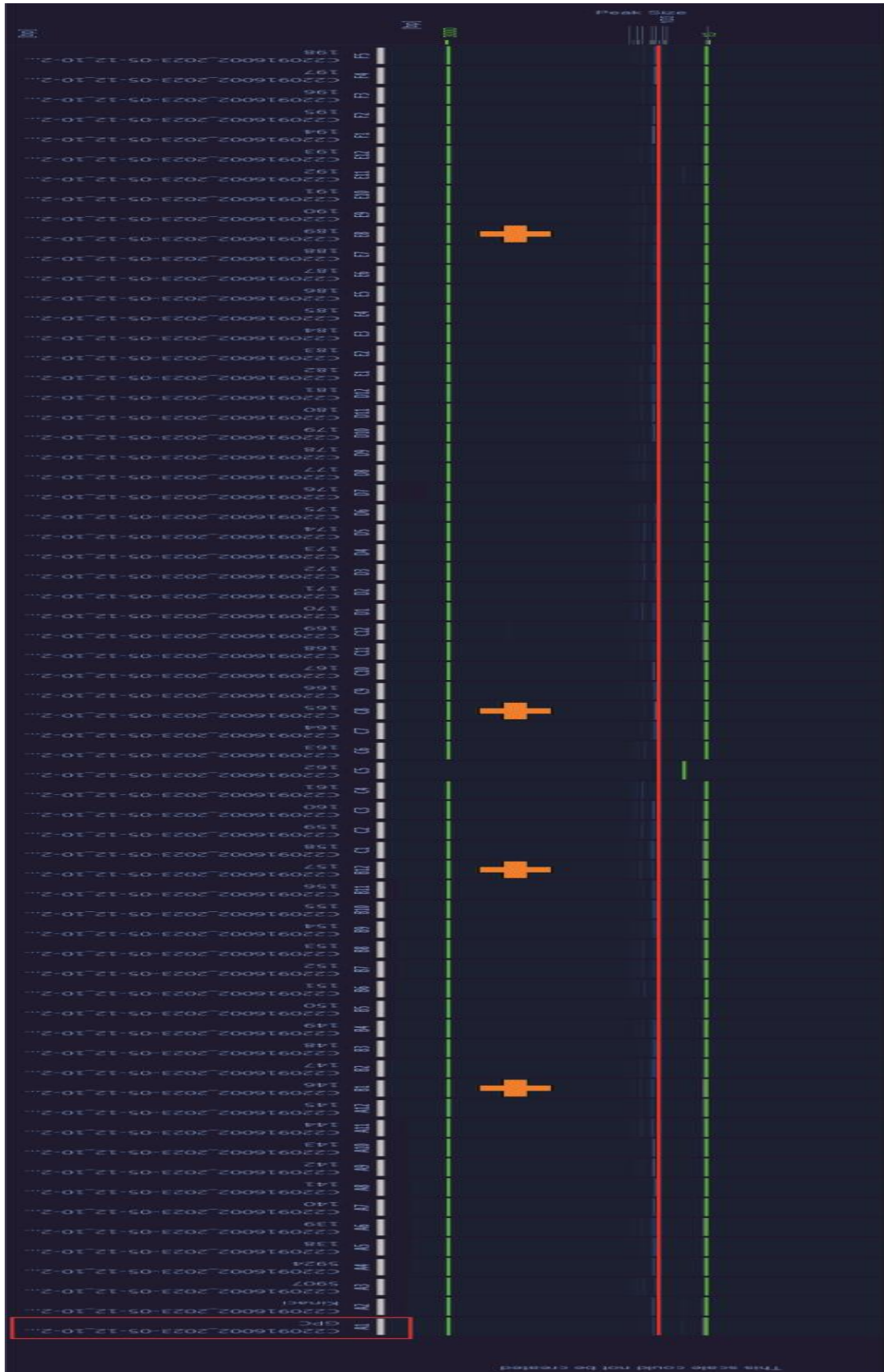
Nax1 geni için tanımlı SSR primeri kullanılarak elde edilen PCR ürünlerinin kapillar elektroforez sisteminde görüntülemeleri yapılmıştır. Görüntüleme sonucu çift allel veren bantlar tespit edilmiş ve Şekil 4.7’de işaretlenmiştir. Genotiplere ait örnek bp tablosu Ek 5’de verilmiştir. Kapillar elektroforez sonucuna göre 138, 144, 145, 153, 164, 170, 174, 177, 178, 189, 187, 188 ve 190 numaralı genotipler *Nax1* geni bakımından pozitif olarak belirlenmiştir.

Nax2 geni için yapılan kapillar elektroforez görüntüleme sistemi sonucuna göre çift allel bant görüntüsü veren genotipler tespit edilerek Şekil 4.8’de işaretlenmiştir. Genotiplere ait örnek bp tablosu Ek 6’da verilmiştir. Görüntüleme sonucuna göre 2 (A6), 6 (A11), 9 (B2), 12 (B5), 25 (C8), 27 (C10), 28 (C11), 29 (C12), 33 (D4), 37 (D9), 43 (E3) ve 45 (E5) numaralı genotipler *Nax2* geni bakımından pozitif olarak belirlenmiştir.

Gpc-B1 geni için yapılan kapillar elektroforez görüntüleme sistemi sonucuna göre 122 bp bant görüntüsü veren genotipler tespit edilerek Şekil 4.9’da işaretlenmiş ve örnek bp tablosu Ek 7’de verilmiştir. Görüntüleme sonucuna göre 146, 157, 165 ve 189 numaralı genotipler *Gpc-B1* geni bakımından pozitif olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.8. ((Kınacı x 5907) x Yecora Rojo) x ((Kınacı x 5924) x Yecora Rojo) melezlerindeki *Nax2* geninin pozitif allel görüntüsü



Şekil 4.9. ((Kınacı x 5907) x Yecora Rojo) x ((Kınacı x 5924) x Yecora Rojo) melezlerindeki *Gpc-B1* geninin pozitif allel görüntüsü

Mezlelere ((Kınacı x 5907) x (Yecora Rojo)) x ((Kınacı x 5924) x (Yecora Rojo)) ait kapillar elektroforez görüntüleme işlemi sonrasında *Nax1*, *Nax2* ve *Gpc-B1* genlerinin üçü bir araya gelmemiştir. Çalışma sonucuna göre *Nax1* ile *Gpc-B1*, *Nax2* ile *Gpc-B1* ve *Nax1* ile *Nax2* genleri bir araya gelmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre bir araya gelen gen kombinasyonları *Nax1+Gpc-B1*, *Nax1+Nax2* ve *Nax2+Gpc-B1* şeklindedir.

Yapılan bir çalışmada ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinde tuzluluğa toleranslılık sağladığı bilinen *Nax1* ve *Nax2* genlerinin markör destekli seleksiyon yöntemiyle aktarılması amaçlanmış ve bu kapsamda *Nax1* ve *Nax2* geni ayrı bitkilerde olmak üzere buğday çeşitlerine aktarmışlardır. Çalışmada donör olarak AUS-5907 (*Nax1*) ve AUS-5924 (*Nax2*) genotipleri kullanılmış olup AUS-5907 genotipinde *Nax1* geni için 192 bp, AUS-5924 genotipinde *Nax2* geni için 225 bp de pozitif bant görüntüsü elde etmişlerdir (Tamkoç ve ark., 2018). Bu bağlamda Kapillar elektroforez görüntü sonuçlarına göre seleksiyon yapılan çift allel veren pozitif genotiplerin baz çifti aralıkları benzerlik göstermektedir.

Hussein ve ark. (2014), yerel buğday çeşitlerinde protein oranını artırmak amacıyla yapmış oldukları çalışmalarında *Gpc-B1* genini aktarmayı başarmışlardır. *Gpc-B1* genine ait pozitif allel veren bant uzunluğunu 122 bp olarak ifade etmişlerdir. Distelfeld ve ark. (2006), yaptıkları çalışmada, 122 bp'lik bant *Gpc-B1* geninin varlığını, 126 bp'lik bant ise genin olmadığını vurgulamışlardır. Benzer başka bir çalışmada, farklı anaçlardan türetilmiş üç ileri geri melez ıslah hattı (TMB1, TMB2 ve TMB3) üzerinde, protein oranını artırmak ve mikro besin elementleri (Fe, Mn ve Zn) bakımından zenginleştirme amacıyla *Gpc-B1* geninin transfer edilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda, melezleme çalışmalarında gen kaynağı olarak *Gpc-B1* genine sahip olduğu bilinen UC1113-*Gpc-B1* hattı kullanılmış olup F1 generasyonunda, hedef gen bölgelerini taşıyan melez bireyler, moleküler markörler aracılığıyla markör destekli seleksiyon yöntemiyle tespit edilmiştir. Yapılan markör destekli seleksiyonda *Gpc-B1* genine ait pozitif bant uzunluğu 122 bp olarak ifade edilmiştir. Ayrıca, *Gpc-B1* geninin aktarıldığı hatlara, bu gen ile bağlantılı olan ve sarı pasa dayanıklılık sağlayan Yr-36 geninin de aktarıldığı vurgulanmıştır (Gündüz, 2016). Yapılan çalışmalar ile elde ettiğimiz bulgular benzerlik göstermektedir. Bu bağlamda *Gpc-B1* geni aktarılan genotiplerde sarı pasa dayanıklılık sağlayan Yr-36 geninin de olduğu varsayılmakta olup sonraki çalışmalarda Yr-36 genine ait taramaların yapılması düşünülmektedir.

4.3. Bitki Besin Elementi Konsantrasyonları

4.3.1. Bitkide P konsantrasyonu

Çalışmada Kınacı-97 ve Yecora Rojo çeşidi, AUS-5907, AUS-5924, Kınacı x 5924 ve Kınacı x 5907 hatları ile çalışmadan elde edilen (Kınacı-5907) x Yecora Rojo, (Kınacı-5924) x Yecora Rojo ve (Kınacı-5907) x (Kınacı-5924) genotiplerindeki P konsantrasyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Tuz uygulamalarının bitkilerin P içeriği üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	107	2,6397		
Tuz Dozu (TD)	3	1,0110	0,3370	43,4013**
Genotip	8	0,4220	0,0527	48,3086**
TD x Genotip	24	0,9971	0,0415	14,2677**
Hata	72	0,2096	0,0029	
CV(%)		11,72		

**P<0.01

Bitki P konsantrasyonlarına ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre tuz dozu, genotip ve TD x genotip interaksyonu istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.2. Tuz uygulamalarında ekmeklik buğday genotiplerinin bitki P içeriklerine ilişkin ortalama değerler (%)

Genotip	Kontrol	50 mM	100 mM	200 mM	Ortalama
Kınacı-97	0,44 ^{e-j}	0,62 ^{b-f}	0,68 ^{a-c}	0,60 ^{b-g}	0,59 ^a
AUS-5907	0,34 ^{ij}	0,33 ^j	0,40 ^{g-j}	0,30 ^{ij}	0,34 ^d
AUS-5924	0,33 ^{ij}	0,27 ^j	0,34 ^{ij}	0,31 ^{ij}	0,31 ^d
Kın x 5907	0,38 ^{h-j}	0,41 ^{g-j}	0,55 ^{b-h}	0,69 ^{a-c}	0,51 ^{bc}
Kın x 5924	0,39 ^{h-j}	0,68 ^{a-d}	0,36 ^{h-j}	0,62 ^{b-e}	0,51 ^{a-c}
(Kın-5907) x (Kın-5924)	0,38 ^{h-j}	0,37 ^{h-j}	0,47 ^{e-j}	0,78 ^{ab}	0,50 ^c
Yecora Rojo	0,31 ^{ij}	0,43 ^{e-j}	0,55 ^{c-h}	0,28 ^{ij}	0,39 ^d
(Kın-5907) x Yecora Rojo	0,37 ^{h-j}	0,44 ^{e-j}	0,36 ^{h-j}	0,42 ^{f-j}	0,40 ^d
(Kın-5924) x Yecora Rojo	0,36 ^{h-j}	0,48 ^{d-i}	0,71 ^{a-c}	0,83 ^a	0,59 ^a
Ortalama	0,37 ^c	0,45 ^b	0,49 ^{ab}	0,54 ^a	0,46

LSD_{0.01}. (TD)=0,047, LSD_{0.01} (G)=0,083, LSD_{0.01} (TDXG)=0,199

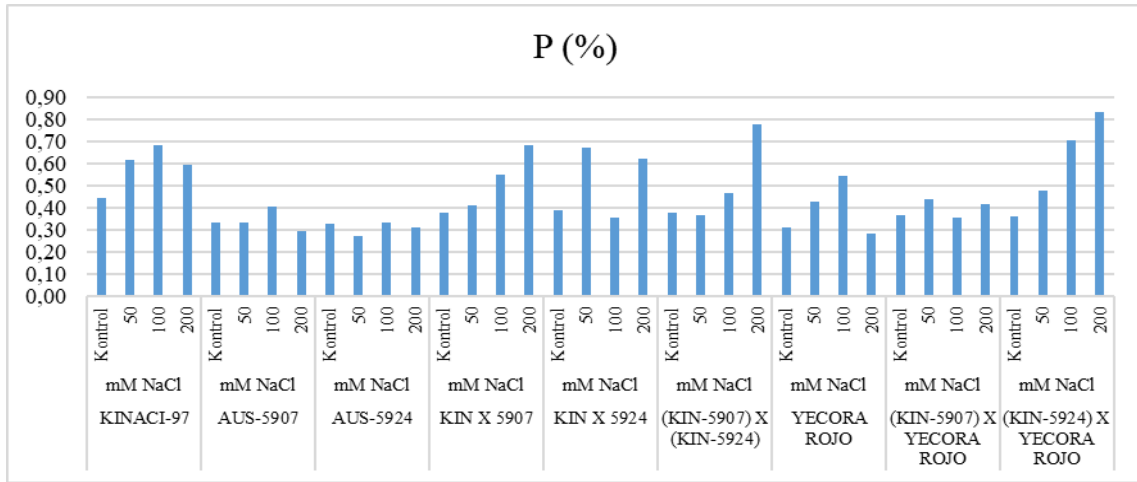
Çalışmada uygulanan tuz dozları kendi içerisinde incelendiğinde, ortalama bitki fosfor içerikleri kontrollü koşullarda %0,37 iken, bu değer 50 mM tuz uygulamasında %0,45'e, 100 mM tuz uygulamasında %0,49'a ve 200 mM tuz uygulamasında ise

%0,54'e yükselmiştir. Uygulamada tuz dozu arttıkça bitki fosfor içeriğinin de artış gösterdiği belirlenmiştir.

Genotiplerin tüm tuz dozlarındaki ortalama bitki fosfor içerikleri incelendiğinde, (Kın-5924) x Yecora Rojo (%0,59) ve Kınacı-97 (%0,59) en yüksek ortalama fosfor içeriğine sahip genotipler olarak öne çıkmıştır. Buna karşılık, AUS-5924 (%0,31) ve AUS-5907 (%0,34) hatları daha düşük bitki fosfor içerikleriyle tuz stresine karşı duyarlılık göstermiştir (Çizelge 4.2).

TD x Genotip interaksyonu incelendiğinde artan tuz uygulamasına bağlı olarak (AUS-5907, AUS-5924 ve Yecora Rojo genotipleri hariç) genotiplerin bitki P içeriklerinin artış gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 4.10). 50 mM tuz seviyesinde en yüksek bitki P içeriği Kınx5924 (%0,68) hattında en düşük değer ise AUS-5924 (%0,27) hattında gözlemlenmiştir. 100 mM tuz seviyesinde en yüksek bitki P içeriği (Kın-5924) x Yecora Rojo (%0,71) ve Kınacı-97 (%0,68) genotiplerinde en düşük değer ise AUS-5924 (%0,34) hattında belirlenmiştir. (Kın-5924) x Yecora Rojo genotipi kontrol gruba göre 200 mM tuz seviyesinde %230'luk bitki P içeriği artışıyla en fazla değişim gösteren genotip olarak belirlenmiştir. En az değişim ise %7'lik bir oranla Yecora Rojo çeşidinde gözlemlenmiştir. Kınx5907 hattı ise tuz dozu artışına bağlı olarak istikrarlı bir artış sergilemiştir. (Kın-5924) x Yecora Rojo genotipi, 200 mM ve 100 mM NaCl konsantrasyonlarında sırasıyla %0,83 ve %0,71 gibi yüksek değerler göstermiş, 200 mM ve 100 mM NaCl konsantrasyonlarında en yüksek bitki P içeriğine sahip genotip olarak belirlenmiştir. Kınx5924 hattı 50 mM tuz dozunda en yüksek değeri gösteren genotip olarak belirlenmiştir.

(Kın-5907) x (Kın-5924) ve (Kın-5924) x Yecora Rojo melezlerinin 200 mM NaCl uygulamasında bitki P içeriğinin yüksek olmasının nedeni aktarılan *Nax2* geninin yüksek tuz konsantrasyonlarında bitki fosfor içeriğinde artırıcı bir etki mekanizması oluşturması ile ifade edilebilir. Alpaslan ve ark. (1998)'nın buğday bitkisinde yaptıkları tuz denemesinde çeşitler arasında farklılık olduğunu gözlemlemişler ve tuz stresi uygulanan çeşitlerden Bolal-2973 ve Bezostaya-1'in fosfor içeriğinin artış gösterdiğini bildirmişlerdir.



Şekil 4.10. Tuz uygulamalarının bitkide P konsantrasyonuna etkileri (%)

4.3.2. Bitkide K konsantrasyonu

Çalışmada Kınacı-97 ve Yecora Rojo çeşidi, AUS-5907, AUS-5924, Kınacı x 5924 ve Kınacı x 5907 hatları ile çalışmadan elde edilen (Kınacı-5907) x Yecora Rojo, (Kınacı-5924) x Yecora Rojo ve (Kınacı-5907) x (Kınacı-5924) genotiplerindeki K konsantrasyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Tuz uygulamalarının bitkilerin K içeriği üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	107	32,228		
Tuz Dozu (TD)	3	15,423	5,141	66,744**
Genotip	8	5,766	0,721	9,358**
TD x Genotip	24	5,647	0,235	3,055
Hata	72	5,392	0,077	
CV(%)		9,68		

**P<0.01

Bitki K konsantrasyonlarına ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre tuz dozu ve genotip istatistiki bakımdan % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.4. Tuz uygulamalarında ekmeklik buğday genotiplerinin bitki K içeriklerine ilişkin ortalama değerler (%)

Genotip	Kontrol	50 mM	100 mM	200 mM	Ortalama
Kınacı-97	3,43	3,37	2,71	2,34	2,96 ^{a-c}
AUS-5907	3,22	3,29	3,24	2,28	3,01 ^{a-c}
AUS-5924	2,93	2,86	2,60	2,16	2,64 ^{cd}
Kın x 5907	3,44	3,16	3,17	1,82	2,90 ^{a-d}
Kın x 5924	3,29	3,35	2,75	1,88	2,81 ^{b-d}
(Kın-5907) x (Kın-5924)	3,16	2,94	2,34	2,02	2,62 ^{cd}
Yecora Rojo	2,64	3,20	2,51	1,71	2,52 ^d
(Kın-5907) x Yecora Rojo	3,38	3,14	3,44	3,12	3,27 ^a
(Kın-5924) x Yecora Rojo	3,24	3,24	2,89	2,98	3,09 ^{ab}
Ortalama	3,19 ^a	3,17 ^a	2,85 ^b	2,26 ^c	2,87

LSD_{0.01} (TD)=0,24, LSD_{0.01} (G)=0,43

Tuz dozu bakımından ortalama değerler incelendiğinde, kontrol koşullarında bitkilerin K içeriği %3,19 olarak belirlenirken, bu değer 50 mM tuz düzeyinde %3,17, 100 mM'de %2,85 ve 200 mM tuz düzeyinde %2,26'ya düşmüştür. Tuz konsantrasyonlarının artışıyla birlikte bitki potasyum içeriklerinde genel bir azalma eğilimi gözlenmiştir. Bu durum, artan tuz stresinin bitkilerde potasyum alımı ve taşınımı üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Genotiplerin tüm tuz dozlarındaki ortalama bitki potasyum içerikleri incelendiğinde, (Kın-5907) x Yecora Rojo % 3,27 ile en yüksek ortalama potasyum içeriğine sahip genotip olarak öne çıkmıştır. Bu genotip özellikle 100 mM tuz düzeyinde %3,44 potasyum içeriğiyle dikkat çekmiş ve 200 mM tuz düzeyinde bile %3,12 değeriyle yüksek dayanıklılığını sürdürmüştür. Ortalama bitki K içeriği bakımından en yüksek değerler arasında %3,09 ile ikinci sırada (Kın-5924) x Yecora Rojo genotipi gelmektedir. Buna karşılık, Yecora Rojo çeşidi, ortalama %2,52 potasyum içeriğiyle ve 200 mM tuz düzeyinde %1,71 potasyum değeriyle en düşük içeriğe sahip genotip olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

James ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada; *Nax1* geni, Na⁺ iyonlarının kökten gövdeye taşınmasını yavaşlatırken yaprak kınında birikimini artırdığı; *Nax2* ise Na⁺ taşınımını kısıtlayıp K⁺ taşınımını hızlandırarak yaprakta K⁺/Na⁺ oranını yükselttiği bildirilmiştir. Bu bilgiler ışığında özellikle (Kın-5924) x Yecora Rojo genotipinin 200 mM tuz dozunda bile yüksek bitki K içeriğine sahip olması *Nax2* geni varlığından kaynaklandığı şeklinde ifade edilebilir. Yapılan benzer çalışmalarda tuz stresinin bitki K

içeriğini azalttığı bildirilmiş (Sarı, 2009; Ahmad ve ark., 2014; Yossıf ve ark., 2018) olup elde edilen bulgular ile literatür çalışmaları paralellik göstermiştir.

4.3.3. Bitkide Na konsantrasyonu

Çalışmada Kınacı-97 ve Yecora Rojo çeşidi, AUS-5907, AUS-5924, Kınacı x 5924 ve Kınacı x 5907 hatları ile çalışmadan elde edilen (Kınacı-5907) x Yecora Rojo, (Kınacı-5924) x Yecora Rojo ve (Kınacı-5907) x (Kınacı-5924) genotiplerindeki Na konsantrasyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Tuz uygulamalarının bitkilerin Na içeriği üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	107	389,121		
Tuz Dozu (TD)	3	163,413	54,471	40,332**
Genotip	8	77,255	9,657	7,150**
TD x Genotip	24	51,214	2,134	1,580
Hata	72	97,239	1,351	
CV(%)		77,10		

**P<0,01

Bitki Na konsantrasyonlarına ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre tuz dozu ve genotip istatistiki bakımdan % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.6. Tuz uygulamalarında ekmeklik buğday genotiplerinin bitki Na içeriklerine ilişkin ortalama değerler (%)

Genotip	Kontrol	50 mM	100 mM	200 mM	Ortalama
Kınacı-97	0,017	0,940	2,672	3,774	1,851 ^{a-c}
AUS-5907	0,100	0,517	2,133	2,127	1,593 ^{b-c}
AUS-5924	0,058	0,511	1,641	3,716	1,482 ^{b-c}
Kın x 5907	0,002	0,515	1,200	1,553	0,817 ^{b-c}
Kın x 5924	0,144	0,262	3,503	4,810	2,179 ^{ab}
(Kın-5907) x (Kın-5924)	0,004	0,038	0,258	0,281	0,145 ^c
Yecora Rojo	0,057	2,368	4,975	5,907	3,327 ^a
(Kın-5907) x Yecora Rojo	0,056	0,342	1,166	3,024	1,147 ^{b-c}
(Kın-5924) x Yecora Rojo	0,058	0,364	1,687	3,473	1,396 ^{b-c}
Ortalama	0,055 ^c	0,651 ^c	2,137 ^b	3,185 ^a	1,507

LSD_{0.01}. (TD)=01,02, LSD_{0.01}(G)=1,78

Tuz dozu bakımından ortalama değerler incelendiğinde, kontrol koşullarında bitkilerin Na içeriği %,055 olarak belirlenirken, bu değer 50 mM tuz düzeyinde %0,651,

100 mM'de %2,137 ve 200 mM tuz düzeyinde %3,185 olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 4.6). Tuz dozu artışına bağlı olarak ortalama bitki Na içeriği artış göstermiştir. Bu durum, yüksek tuz konsantrasyonlarının bitkide Na birikimini artırdığını göstermektedir. Tuz dozlarının ortalamaları bakımından değişim oranları incelendiğinde en fazla değişim kontrol grubundan 50 mM tuz konsantrasyonuna geçişte (%1180 artış) gerçekleşmiştir. 50 mM tuz dozu ile 100 mM arasındaki değişim %328 iken 100 mM ile 200 mM arasındaki değişim %150 olarak gerçekleşmiştir. Tuz dozu ileri seviyelerde artış gösterdiğinde, yüksek tuz dozlarında bitki Na içeriğindeki artış değişimi kontrol grubuna göre daha az oranda gerçekleştiği belirlenmiştir.

Genotiplerin tüm tuz dozlarındaki ortalama bitki Na içerikleri incelendiğinde, %0,145 ile (Kın-5907) x (Kın-5924) genotipi ve %0,817 ile Kın x 5907 hattı en düşük değerlere sahip olmuşlardır. En yüksek değer ise %3.317 ile Yecora Rojo çeşidinde gözlemlenmiştir. Yecora Rojo çeşidi NaCl uygulamalarının tamamında bitki Na içeriği bakımından en yüksek değere sahip olmuş, NaCl uygulamalarına en hassas genotip olarak belirlenmiştir. Tuzluluğa toleranslılık genleri olan *Nax1* ve *Nax2*'nin aktarıldığı (Kın-5907) x (Kın-5924) genotipi, bitki Na içeriği açısından en düşük değere sahip olup, NaCl uygulamalarına en yüksek toleransı gösteren genotip olarak belirlenmiştir. Bu genotipin tuzlu koşullara toleranslı olmasının nedeni, *Nax1* ve *Nax2* genlerinin etkisiyle açıklanabilir. James ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada; *Nax1* geni, Na⁺ iyonlarının kökten gövdeye taşınmasını yavaşlatırken yaprak kınında birikimini artırdığı; *Nax2* ise Na⁺ taşınımını kısıtlayıp K⁺ taşınımını hızlandırarak yaprakta K⁺/Na⁺ oranını yükselttiği bildirilmiştir. Tek bir genin sağladığı dayanıklılığın kırılma riski nedeniyle, moleküler markörlerle birden fazla dayanıklılık genini bir genotipte toplamının daha avantajlı olduğu belirtilmiştir (Kılıç, 2018). (Kın-5907) x (Kın-5924) genotipinde, iki farklı tuz stresine toleranslılık geni (*Nax1* ve *Nax2*) bir araya getirilerek tuz stresine karşı dayanıklılığın kırılması riskine karşı önemli bir avantaj sağlanmıştır.

Bir araştırmada Keumgang buğday çeşidinde çimlenmeden sonra 150 mM NaCl uygulanan fidelerin, fotosentez ve nispi nem içeriği gibi metabolik faaliyetlerinde azalma, prolin içeriğinde ise artış belirlenmiştir. Na değerlerinin, uygulama yapılan bitki yapraklarında kontrol gruplarına göre yaklaşık 30 kat, köklerinde ise 3 kat arttığı bildirilmiştir (Kamal ve ark., 2012). Ahmad ve ark. (2014) tarafından yapılan bir tuz stresini çalışmasında, iki farklı buğday çeşidinde artan NaCl dozlarına bağlı olarak genotiplerin Na içeriklerinde artış gözlemlendiği bildirilmiştir. Yossif ve ark. (2018), dört farklı ekmeklik buğday çeşidinde K-humat ve tuz uygulamaları sonucunda,

yalnızca tuz uygulamasının bitkinin Na konsantrasyonunda artışa neden olduğunu tespit etmiştir. Literatür ile elde edilen Na sonuçları bu araştırmadan elde edilen bulgularla uyum göstermektedir.

4.3.4. Bitkide Mg konsantrasyonu

Çalışmada Kınacı-97 ve Yecora Rojo çeşidi, AUS-5907, AUS-5924, Kınacı x 5924 ve Kınacı x 5907 hatları ile çalışmadan elde edilen (Kınacı-5907) x Yecora Rojo, (Kınacı-5924) x Yecora Rojo ve (Kınacı-5907) x (Kınacı-5924) genotiplerindeki Mg konsantrasyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Tuz uygulamalarının bitkilerin Mg içeriği üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	107	0,059		
Tuz Dozu (TD)	3	0,007	0,0023	8,472**
Genotip	8	0,017	0,0022	7,859**
TD x Genotip	24	0,016	0,0007	2,453
Hata	72	0,019	0,0003	
CV(%)		11,22		

**P<0.01

Bitki Mg konsantrasyonlarına ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre tuz dozu ve genotip istatistiki bakımdan % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.8. Tuz uygulamalarında ekmeklik buğday genotiplerinin bitki Mg içeriklerine ilişkin ortalama değerler (%)

Genotip	Kontrol	50 mM	100 mM	200 mM	Ortalama
Kınacı-97	0,13	0,13	0,15	0,13	0,14 ^{b-c}
AUS-5907	0,15	0,16	0,18	0,15	0,16 ^{ab}
AUS-5924	0,15	0,14	0,14	0,15	0,14 ^{bc}
Kın x 5907	0,12	0,13	0,13	0,15	0,13 ^c
Kın x 5924	0,13	0,12	0,14	0,16	0,14 ^{bc}
(Kın-5907) x (Kın-5924)	0,15	0,14	0,13	0,15	0,14 ^{bc}
Yecora Rojo	0,11	0,14	0,15	0,15	0,14 ^{bc}
(Kın-5907) x Yecora Rojo	0,17	0,15	0,19	0,18	0,17 ^a
(Kın-5924) x Yecora Rojo	0,14	0,14	0,16	0,21	0,16 ^{ab}
Ortalama	0,14 ^b	0,14 ^b	0,15 ^{ab}	0,16 ^a	0,15

LSD_{0.01} (TD)=0,015, LSD_{0.01} (G)=0,02

Tuz dozu bakımından ortalama değerler incelendiğinde, kontrollü koşullarda genotiplerin ortalama Mg içeriği %0,14 iken, 50 mM NaCl uygulamasında bu değer değişim göstermemiş, 100 mM NaCl’de %0,15, 200 mM NaCl’de ise %0,16 olarak belirlenmiştir. En yüksek Mg içeriği 200 mM NaCl dozunda gerçekleşmiştir.

Genotiplerin tüm tuz dozlarındaki ortalama bitki magnezyum içerikleri incelendiğinde, en yüksek değer %0,17 ile (Kın-5907) x Yecora Rojo genotipinden elde edilmiştir. En düşük değer ise Kın x 5907 genotipinde (% 0,13) tespit edilmiştir (Çizelge 4.8). (Kın-5907) x Yecora Rojo melezinin bitki Mg içeriği de %0,16 ile en yüksek değerler arasında ikinci sırada yer almıştır. *Gpc-B1* geni aktarılan melezlerde ((Kın-5907) x Yecora Rojo ve (Kın-5924) x Yecora Rojo) ortalama bitki Mg içeriğinin yüksek olduğu belirlenmiş bu değerlerin yüksek olmasının *Gpc-B1* geni ile ilgili olabileceği şeklinde yorumlanmıştır.

4.3.5. Bitkide S konsantrasyonu

Çalışmada Kınacı-97 ve Yecora Rojo çeşidi, AUS-5907, AUS-5924, Kınacı x 5924 ve Kınacı x 5907 hatları ile çalışmadan elde edilen (Kınacı-5907) x Yecora Rojo, (Kınacı-5924) x Yecora Rojo ve (Kınacı-5907) x (Kınacı-5924) genotiplerindeki S konsantrasyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.9’de verilmiştir.

Çizelge 4.9. Tuz uygulamalarının bitkilerin S içeriği üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	107	0,183		
Tuz Dozu (TD)	3	0,026	0,009	9,305**
Genotip	8	0,041	0,005	5,512**
TD x Genotip	24	0,051	0,002	2,260
Hata	72	0,065	0,001	
CV(%)		8,77		

**P<0.01

Bitki S konsantrasyonlarına ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre tuz dozu ve genotip istatistiki bakımdan % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.10. Tuz uygulamalarında ekmeklik buğday genotiplerinin bitki S içeriklerine ilişkin ortalama değerler (%)

Genotip	Kontrol	50 mM	100 mM	200 mM	Ortalama
Kınacı-97	0,406	0,361	0,362	0,328	0,364 ^{ab}
AUS-5907	0,317	0,351	0,350	0,266	0,321 ^b
AUS-5924	0,349	0,314	0,299	0,318	0,320 ^b
Kın x 5907	0,382	0,354	0,363	0,322	0,355 ^{ab}
Kın x 5924	0,376	0,378	0,340	0,350	0,361 ^{ab}
(Kın-5907) x (Kın-5924)	0,416	0,324	0,311	0,310	0,340 ^{ab}
Yecora Rojo	0,314	0,384	0,350	0,291	0,335 ^b
(Kın-5907) x Yecora Rojo	0,353	0,338	0,367	0,353	0,353 ^{ab}
(Kın-5924) x Yecora Rojo	0,383	0,381	0,390	0,374	0,382 ^a
Ortalama	0,366 ^a	0,354 ^a	0,348 ^{ab}	0,324 ^b	0,348

LSD_{0.01} (TD)=0,027, LSD_{0.01} (G)=0,047

Tuz dozu bakımından ortalama değerler incelendiğinde, kontrollü koşullarda genotiplerin ortalama S içeriği %0,366 iken, 50 mM NaCl uygulamasında %0,354, 100 mM NaCl’de %0,348, 200 mM NaCl’de ise %0,324 olarak belirlenmiştir. Kontrollü koşullara göre 50 mM NaCl uygulamasında önemli oranda değişim gözlemlenmemiştir. En yüksek S içeriği kontrol grubundan elde edilmiştir. Tuz dozu artışına bağlı olarak bitkide S içeriği azalmıştır. Başka bir ifadeyle kükürt taşınımı veya alımı olumsuz olarak etkilenmiştir.

Genotiplerin tüm tuz dozlarındaki ortalama bitki S içerikleri incelendiğinde, en yüksek değer %0,382 ile (Kın-5924) x Yecora Rojo genotipinden elde edilmiştir. En düşük değer ise AUS-5924 (% 0,320), AUS-5907 (%0,321) ve Yecora Rojo (%0,335) genotiplerinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.10).

Çalışmada tuz uygulamasına bağlı olarak bitki S içeriği bakımından *Nax1*, *Nax2* ve *Gpc-B1* genleri ile ilgili herhangi bir ilişki tespit edilememiştir.

4.3.6. Bitkide Ca konsantrasyonu

Çalışmada Kınacı-97 ve Yecora Rojo çeşidi, AUS-5907, AUS-5924, Kınacı x 5924 ve Kınacı x 5907 hatları ile çalışmadan elde edilen (Kınacı-5907) x Yecora Rojo, (Kınacı-5924) x Yecora Rojo ve (Kınacı-5907) x (Kınacı-5924) genotiplerindeki Ca konsantrasyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Tuz uygulamalarının bitkilerin Ca içeriği üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	107	3,956		
Tuz Dozu (TD)	3	2,911	0,970	228,419**
Genotip	8	0,193	0,024	5,682**
TD x Genotip	24	0,555	0,023	5,443**
Hata	72	0,297	0,004	
CV(%)		10,79		

**P<0.01

Bitki Ca konsantrasyonlarına ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre tuz dozu, genotip ve TD x genotip interaksyonu istatistiki bakımdan % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.12. Tuz uygulamalarında ekmeklik buğday genotiplerinin bitki Ca içeriklerine ilişkin ortalama değerler (%)

Genotip	Kontrol	50 mM	100 mM	200 mM	Ortalama
Kınacı-97	0,37 ^{jk}	0,58 ^{e-k}	0,67 ^{d-h}	0,78 ^{b-e}	0,60 ^{ab}
AUS-5907	0,42 ^{i-k}	0,63 ^{d-i}	0,60 ^{e-j}	0,73 ^{c-g}	0,60 ^{ab}
AUS-5924	0,43 ^{i-k}	0,44 ^{h-k}	0,46 ^{g-k}	0,71 ^{d-g}	0,51 ^b
Kın x 5907	0,37 ^{jk}	0,54 ^{e-k}	0,52 ^{f-k}	1,00 ^{ab}	0,61 ^{ab}
Kın x 5924	0,35 ^k	0,46 ^{h-k}	0,71 ^{d-g}	1,06 ^a	0,65 ^a
(Kın-5907) x (Kın-5924)	0,44 ^{h-k}	0,50 ^{g-k}	0,63 ^{d-i}	0,97 ^{a-c}	0,64 ^a
Yecora Rojo	0,41 ^{i-k}	0,56 ^{e-k}	0,51 ^{g-k}	0,76 ^{b-f}	0,56 ^{ab}
(Kın-5907) x Yecora Rojo	0,45 ^{h-k}	0,52 ^{f-k}	0,73 ^{c-g}	0,85 ^{a-d}	0,64 ^a
(Kın-5924) x Yecora Rojo	0,46 ^{h-k}	0,51 ^{g-k}	0,71 ^{d-g}	0,86 ^{a-d}	0,64 ^a
Ortalama	0,41 ^d	0,53 ^c	0,62 ^b	0,86 ^a	0,61

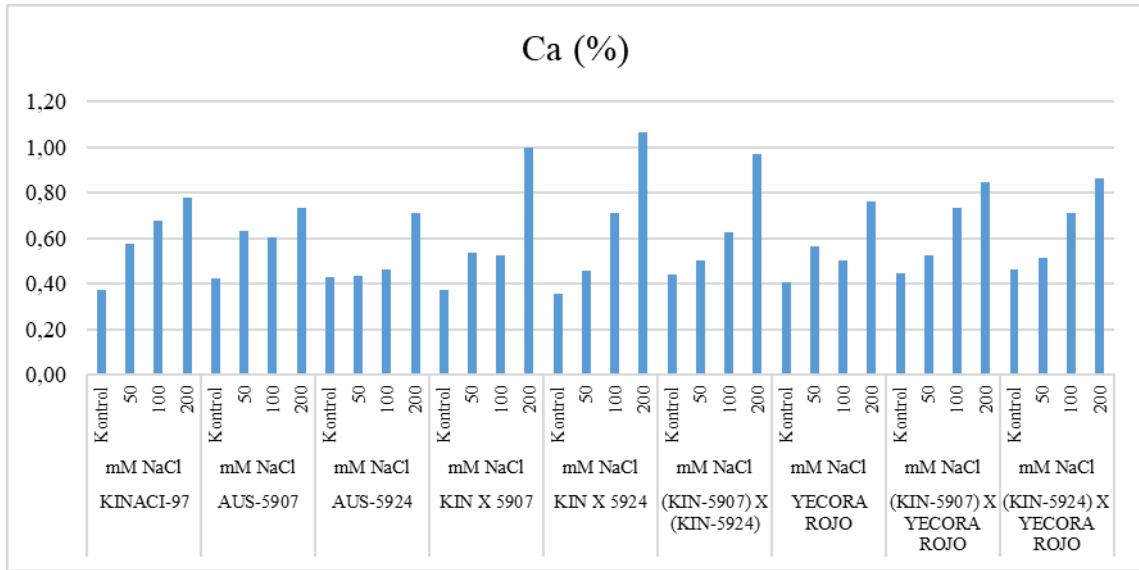
LSD_{0.01}(TD)=0,058, LSD_{0.01}(G)=0,1, LSD_{0.01}(TDXG)=0,241

Tuz dozu bakımından ortalama değerler incelendiğinde, kontrollü koşullarda genotiplerin ortalama kalsiyum içeriği %0,41 iken, 50 mM NaCl uygulamasında bu değer %0,53, 100 mM NaCl'de %0,62, 200 mM NaCl'de ise %0,86 olarak belirlenmiştir. En yüksek Ca içeriği 200 mM NaCl dozunda gerçekleşmiştir. Tuz stresinin artışına bağlı olarak bitki Ca içeriğinin artış gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 4.11).

Genotiplerin tüm tuz dozlarındaki ortalama bitki kalsiyum içerikleri incelendiğinde, Kınx5924 hattı ile (Kın-5907) x (Kın-5924), (Kın-5907) x Yecora Rojo ve (Kın-5924) x Yecora Rojo genotipleri istatistiki olarak aynı harf grubu içerisinde yer

alıp (sırasıyla %0,65, %0,64, %0,64 ve %0,64) en yüksek bitki Ca değerleri bu genotiplerden elde edilmiştir. Bu genotiplerin tuz stresinde bitki Ca içeriklerinin yüksek çıkmasının nedeni aktarılan *Nax1* ve *Nax2* tuzluluğa toleranslılık genleri ile yakından ilgili olduğu söylenebilir. Bu genlerin, topraktaki Na^+ iyonlarının taşınım hızını ve miktarını azaltarak, melez genotiplerin Na^+ yerine Ca^+ iyonunu tercih etmesini sağlaması, bu bitkilerin yüksek tuz toleransına sahip olduğunu gösteren bir özellik olarak belirlenmiştir. Bitki Ca içeriği bakımından en düşük değer (%0,51) ile AUS-5924 genotipinde tespit edilmiş ve bu genotipin tuz stresine hassasiyetinin yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.12).

TD x Genotip interaksiyonu incelendiğinde tuz seviyesinin artışına bağlı olarak genotiplerin Ca içeriğinin genel anlamda artış gösterdiği tespit edilmiştir. 50 mM tuz seviyesinde en yüksek bitki Ca içeriği AUS-5907 (%0,63) hattında en düşük değer ise AUS-5924 (%0,44) hattında gözlemlenmiştir. 100 mM tuz seviyesinde en yüksek bitki Ca içeriği (Kın-5907) x Yecora Rojo (%0,73), Kınx5924 (%0,71) ve (Kın-5924) x Yecora Rojo (%0,71) genotiplerinde en düşük değer ise AUS-5924 (%0,46) hattında belirlenmiştir. Kınx5924 hattı kontrol gruba göre 200 mM tuz seviyesinde %202'lik bitki Ca içeriği artışıyla en fazla değişim gösteren genotip olarak belirlenmiştir. En az değişim ise %65'lik artışla AUS-5924 hattında görülmüştür. Kınx5907 hattı 50mM ve 100 mM NaCl konsantrasyonlarında bitki Ca içeriği bakımından yakın değerler gösterirken 200 mM NaCl uygulamasında bu değer yaklaşık iki katına çıkmıştır. Yapılan benzer çalışmalarda tuz uygulamasının bitki Ca içeriğini artırdığı bildirilmiş (Kamal ve ark., 2012; Ahmad ve ark., 2014) olup elde edilen bulgular ile literatür çalışmaları uyum içersindedir.



Şekil 4.11. Tuz uygulamalarının bitkide Ca konsantrasyonuna etkileri (%)

4.3.7. Bitkide Fe konsantrasyonu

Çalışmada Kınacı-97 ve Yecora Rojo çeşidi, AUS-5907, AUS-5924, Kınacı x 5924 ve Kınacı x 5907 hatları ile çalışmadan elde edilen (Kınacı-5907) x Yecora Rojo, (Kınacı-5924) x Yecora Rojo ve (Kınacı-5907) x (Kınacı-5924) genotiplerindeki Fe konsantrasyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Tuz uygulamalarının bitkilerin Fe içeriği üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	107	8253,945		
Tuz Dozu (TD)	3	379,723	126,574	5,962
Genotip	8	4658,603	582,325	27,431**
TD x Genotip	24	1729,578	72,066	3,395**
Hata	72	1486,041	21,229	
CV(%)		8,64		

**P<0.01

Bitki Fe konsantrasyonlarına ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre genotip ve TD x genotip interaksyonu istatistiki bakımdan % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.14. Tuz uygulamalarında ekmeklik buğday genotiplerinin bitki Fe içeriklerine ilişkin ortalama değerler (mg kg⁻¹)

Genotip	Kontrol	50 mM	100 mM	200 mM	Ortalama
Kınacı-97	56,42 ^{a-j}	60,37 ^{a-f}	57,06 ^{a-i}	56,09 ^{a-j}	57,49 ^{a-b}
AUS-5907	46,82 ^{c-k}	50,09 ^{a-k}	51,33 ^{a-k}	40,68 ^{i-k}	47,23 ^{cd}
AUS-5924	46,28 ^{d-j}	39,12 ^k	39,96 ^{jk}	43,51 ^{g-k}	42,22 ^d
Kın x 5907	64,89 ^{ab}	63,44 ^{a-c}	56,79 ^{a-i}	50,84 ^{a-k}	58,99 ^{ab}
Kın x 5924	44,01 ^{f-k}	57,74 ^{a-h}	53,09 ^{a-k}	46,86 ^{c-k}	50,43 ^c
(Kın-5907) x (Kın-5924)	57,02 ^{a-i}	47,05 ^{c-k}	59,65 ^{a-g}	45,70 ^{e-k}	52,35 ^{b-c}
Yecora Rojo	44,53 ^{f-k}	56,40 ^{a-j}	49,71 ^{b-k}	41,11 ^{h-k}	47,93 ^{cd}
(Kın-5907) x Yecora Rojo	66,80 ^a	60,27 ^{a-g}	62,69 ^{a-d}	60,50 ^{a-f}	62,57 ^a
(Kın-5924) x Yecora Rojo	58,34 ^{a-g}	57,43 ^{a-i}	61,31 ^{a-e}	65,78 ^{ab}	60,72 ^a
Ortalama	53,90	54,66	54,62	50,12	53,33

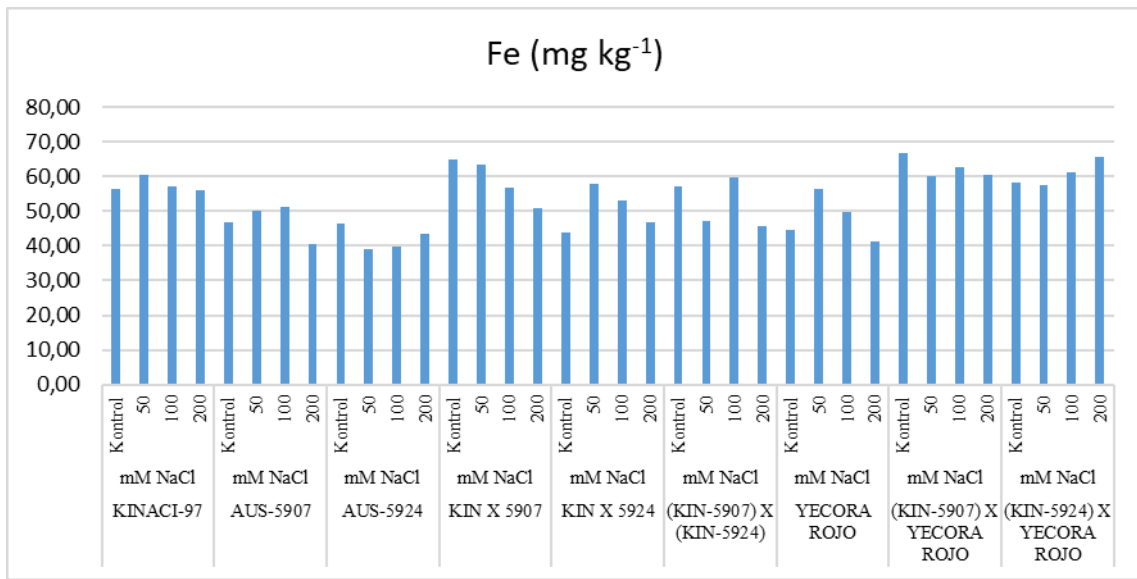
LSD_{0.01}(G)=6,96, LSD_{0.01}(TDXG)=16,77

Tuz dozu bakımından ortalama değerler incelendiğinde, kontrol koşullarında genotiplerin ortalama Fe içeriği 53,90 mg kg⁻¹ iken, 50 mM NaCl uygulamasında bu değer 54,66, 100 mM NaCl'de 54,62 ve 200 mM NaCl'de ise 50,12 olarak belirlenmiştir. Genotiplerin tüm tuz dozlarındaki ortalama bitki Fe içerikleri incelendiğinde, en yüksek değer 62,57 mg kg⁻¹ ile (Kın-5907) x Yecora Rojo genotipinden elde edilmiştir. En düşük değer ise AUS-5924 hattında (42,22 mg kg⁻¹) tespit edilmiştir (Çizelge 4.14 ve Şekil 4.12).

TD x Genotip interaksyonu incelendiğinde 50 mM tuz seviyesinde en yüksek bitki Fe içeriği Kınx5907 (63,44 mg kg⁻¹) hattında en düşük değer ise AUS-5924 (39,12 mg kg⁻¹) hattında gözlemlenmiştir. 100 mM tuz seviyesinde en yüksek bitki Fe içeriği (Kın-5907) x Yecora Rojo (62,69 mg kg⁻¹) genotiplerinde en düşük değer ise AUS-5924 (39,96 mg kg⁻¹) hattında belirlenmiştir. 200 mM tuz konsantrasyonunda en yüksek bitki Fe içeriği (Kın-5924) x Yecora Rojo genotipinde (65,78 mg kg⁻¹), en düşük bitki Fe içeriği ise yine aynı tuz dozunda AUS-5907 (40,68 mg kg⁻¹) hattında gerçekleşmiştir. Yecora Rojo çeşidi bünyesinde Fe içeriğini artırıcı etkiye sahip *Gpc-B1* geni bulundurmasına karşın yapılan tuz denemesinde özellikle yüksek tuz konsantrasyonlarında düşük değer göstermiştir. 50 mM NaCl konsantrasyonunda en yüksek değer 63,44 mg kg⁻¹ ile en yüksek Kınx5907 hattında belirlenmiştir. Bu genotip 50 ve 100 mM tuz dozlarında Fe içeriği bakımından hassasiyet göstermiştir.

Tuz toleranslılık geni (*Nax1*) ve Fe içeriği artırıcı etkiye sahip (*Gpc-B1*) geni aktarılan (Kın-5924) x Yecora Rojo genotipi yüksek tuz dozlarında bile Fe içeriğini

korumuştur. (Kın-5907) x Yecora Rojo genotipine tuz toleranslık geni (*Nax2*) ve Fe içeriği artırıcı etkiye sahip (*Gpc-B1*) gen aktarılmış ve 200 mM tuz konsantrasyonlarında yüksek Fe içeriğini korumuştur. (Kın-5924) x Yecora Rojo ve (Kın-5907) x Yecora Rojo genotiplerinin yüksek tuz konsantrasyonlarında Fe içeriği bakımından yüksek performans göstermesinin, *Nax1*, *Nax2* ve *Gpc-B1* genlerinin etkisinden kaynaklandığı söylenebilir. Distelfeld ve ark. (2007) çalışmalarında *Gpc-B1*' in aktarıldığı buğday hatlarının tanelerinde demir içeriğinde %18'lik, bir artış gerçekleştiğini bildirmişlerdir.



Şekil 4.12. Tuz uygulamalarının bitkide Fe konsantrasyonuna etkileri (mg kg⁻¹)

4.3.8. Bitkide Zn konsantrasyonu

Çalışmada Kınacı-97 ve Yecora Rojo çeşidi, AUS-5907, AUS-5924, Kınacı x 5924 ve Kınacı x 5907 hatları ile çalışmadan elde edilen (Kınacı-5907) x Yecora Rojo, (Kınacı-5924) x Yecora Rojo ve (Kınacı-5907) x (Kınacı-5924) genotiplerindeki Zn konsantrasyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.15'de verilmiştir.

Çizelge 4.15. Tuz uygulamalarının bitkilerin Zn içeriği üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	107	1645,611		
Tuz Dozu (TD)	3	97,3200	32,4400	32,44**
Genotip	8	485,6380	60,7050	60,705**
TD x Genotip	24	799,9480	33,3310	33,331**
Hata	70	262,7050	3,7530	3,753
CV(%)		10,92		

**P<0.01

Bitki Zn konsantrasyonlarına ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre tuz dozu, genotip ve TD x genotip interaksyonu istatistiki bakımdan % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.16. Tuz uygulamalarında ekmeklik buğday genotiplerinin bitki Zn içeriklerine ilişkin ortalama değerler (mg kg⁻¹)

Genotip	Kontrol	50 mM	100 mM	200 mM	Ortalama
Kınacı-97	21,39 ^{a-d}	16,90 ^{b-i}	12,41 ^{g-i}	19,27 ^{a-g}	17,49 ^{b-d}
AUS-5907	19,96 ^{a-f}	20,44 ^{a-e}	19,55 ^{a-f}	13,01 ^{f-i}	18,24 ^{bc}
AUS-5924	14,59 ^{d-i}	15,06 ^{c-i}	15,58 ^{c-i}	14,25 ^{e-i}	14,87 ^d
Kın x 5907	14,08 ^{e-i}	20,85 ^{a-e}	13,84 ^{e-i}	15,74 ^{c-i}	16,13 ^{cd}
Kın x 5924	17,37 ^{b-i}	22,05 ^{a-c}	11,63 ^{h-i}	18,68 ^{a-h}	17,43 ^{b-d}
(Kın-5907) x (Kın-5924)	14,52 ^{d-i}	15,61 ^{c-i}	10,41 ⁱ	21,43 ^{a-d}	15,49 ^{cd}
Yecora Rojo	25,01 ^a	22,99 ^{ab}	22,95 ^{ab}	17,12 ^{b-i}	22,02 ^a
(Kın-5907) x Yecora Rojo	16,37 ^{b-i}	18,40 ^{a-h}	19,14 ^{a-g}	14,54 ^{d-i}	17,11 ^{cd}
(Kın-5924) x Yecora Rojo	18,57 ^{a-h}	17,71 ^{b-h}	20,89 ^{a-e}	23,22 ^{ab}	20,10 ^{ab}
Ortalama	17,99 ^a	18,89 ^a	16,26 ^b	17,47 ^{ab}	17,65

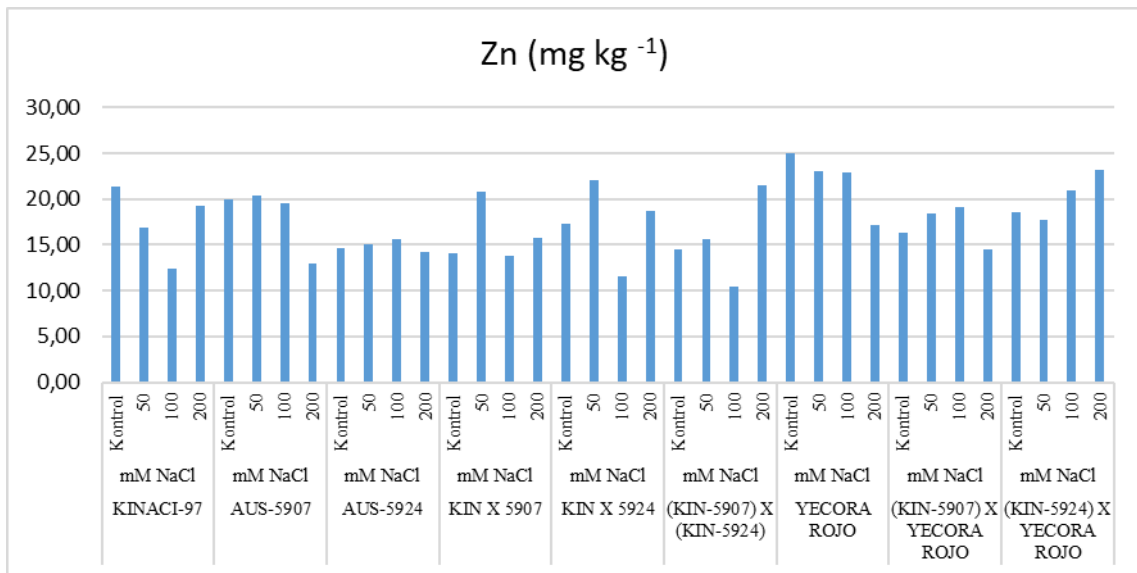
LSD_{0.01} (TD)=1,69, LSD_{0.01} (G)=2,95, LSD_{0.01} (TDXG)=7,11

Tuz dozu bakımından ortalama değerler incelendiğinde, kontrol koşullarında genotiplerin ortalama Zn içeriği 17,99 mg kg⁻¹ iken, 50 mM NaCl uygulamasında bu değer 18,89, 100 mM NaCl'de 16,26, 200 mM NaCl'de ise 17,47 olarak belirlenmiştir. 100 mM NaCl uygulamasında bitki Zn içeriği olumsuz etkilenmiştir (Şekil 4.13). Genotiplerin tüm tuz dozlarındaki ortalama bitki Zn içerikleri incelendiğinde, en yüksek değer 22,02 mg kg⁻¹ ile Yecora Rojo çeşidinden elde edilmiştir. En düşük değer ise AUS-5924 hattında (14,87 mg kg⁻¹) gerçekleşmiştir (Çizelge 4.16).

TD x Genotip interaksyonu incelendiğinde 50 mM tuz seviyesinde en yüksek bitki Zn içeriği Yecora Rojo (22,99 mg kg⁻¹) çeşidinde en düşük değer ise AUS-5924

(15,06 mg kg⁻¹) hattında gözlemlenmiştir. 100 mM tuz seviyesinde en yüksek bitki Zn içeriği Yecora Rojo (22,95 mg kg⁻¹) çeşidinde en düşük değer ise (Kın-5907) x (Kın-5924) (10,41 mg kg⁻¹) genotipinde belirlenmiştir. 200 mM tuz konsantrasyonunda en yüksek bitki Zn içeriği (Kın-5924) x Yecora Rojo genotipinde (23,22 mg kg⁻¹) belirlenirken, en düşük bitki Zn içeriği ise AUS-5907 (13,01 mg kg⁻¹) hattında gerçekleşmiştir. 200 mM NaCl uygulamasında, kontrol grubuna kıyasla bitki Zn içeriğinde en fazla artış %47 ile (Kın-5907) x (Kın-5924) genotipinde görülürken, en fazla azalış %34 ile AUS-5907 genotipinde gerçekleşmiştir.

Yecora Rojo çeşidi bünyesinde Zn içeriğini artırıcı etkiye sahip *Gpc-B1* geni bulundurmasından kaynaklı kontrol şartlarında en yüksek bitki Zn içeriğine sahip olmasına karşın 200 mM NaCl konsantrasyonunda bu değer azaldığı ve tuz hassasiyetinin bu seviyede başladığı belirlenmiştir. Tuz toleranslılık geni (*Nax2*) ve Zn içeriği artırıcı etkiye sahip (*Gpc-B1*) geni aktarılan (Kın-5924) x Yecora Rojo genotipi 50 mM tuz dozundan olumsuz etkilenmesine karşın 100 ve 200 mM tuz dozlarında Zn içeriğini korumuştur. (Kın-5924) x Yecora Rojo genotipinin yüksek tuz konsantrasyonlarında Zn içeriği bakımından yüksek performans gösterme nedeni, *Nax2* ve *Gpc-B1* genlerinin etkisi ile ifade edilebilir. Distelfeld ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada *Gpc-B1*' in aktarıldığı buğday hatlarının tanelerinde çinko konsantrasyonunda %12'lik bir artış olduğunu bildirmişlerdir.



Şekil 4.13. Tuz uygulamalarının bitkide Zn konsantrasyonuna etkileri (mg kg⁻¹)

4.3.9. Bitkide Mn konsantrasyonu

Çalışmada Kınacı-97 ve Yecora Rojo çeşidi, AUS-5907, AUS-5924, Kınacı x 5924 ve Kınacı x 5907 hatları ile çalışmadan elde edilen (Kınacı-5907) x Yecora Rojo, (Kınacı-5924) x Yecora Rojo ve (Kınacı-5907) x (Kınacı-5924) genotiplerindeki Mn konsantrasyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Tuz uygulamalarının bitkilerin Mn içeriği üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	107	5839,254		
Tuz Dozu (TD)	3	767,448	255,816	10,692**
Genotip	8	1852,268	231,534	9,677**
TD x Genotip	24	1544,774	64,366	2,690
Hata	72	1674,764	23,925	
CV(%)		12,78		

**P<0.01, *P<0.05

Bitki Mn konsantrasyonlarına ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre tuz dozu ve genotip istatistiki bakımdan % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.18. Tuz uygulamalarında ekmeklik buğday genotiplerinin bitki Mn içeriklerine ilişkin ortalama değerler (mg kg⁻¹)

Genotip	Kontrol	50 mM	100 mM	200 mM	Ortalama
Kınacı-97	45,25	43,82	39,49	36,91	41,37 ^a
AUS-5907	36,79	40,65	44,09	27,67	37,30 ^{ab}
AUS-5924	36,40	33,13	33,15	30,26	33,23 ^b
Kın x 5907	41,80	41,18	54,80	31,92	42,43 ^a
Kın x 5924	39,80	39,10	49,87	35,02	40,95 ^a
(Kın-5907) x (Kın-5924)	34,84	30,92	31,59	35,22	33,14 ^b
Yecora Rojo	25,00	38,31	39,36	29,62	33,07 ^b
(Kın-5907) x Yecora Rojo	43,88	43,58	45,87	45,26	44,65 ^a
(Kın-5924) x Yecora Rojo	38,53	35,85	40,25	38,86	38,37 ^{ab}
Ortalama	38,03 ^{ab}	38,50 ^{ab}	42,05 ^a	34,53 ^b	38,28

LSD_{0.01} (TD)=4,30, LSD_{0.01} (G)=7,51

Tuz dozu bakımından ortalama değerler incelendiğinde, kontrollü koşullarda genotiplerin ortalama Mn içeriği 38,03 mg kg⁻¹ iken, 50 mM NaCl uygulamasında bu değer 38,50, 100 mM NaCl’de 42,05, 200 mM NaCl’de ise 34,53 olarak belirlenmiştir. Bitki Mn içeriğinin 100 mM tuz dozu dahil artarken, 200 mM tuz dozunda kontrol

şartlarına göre azaldığı belirlenmiştir. Genotiplerin tüm tuz dozlarındaki ortalama bitki Mn içerikleri incelendiğinde, en yüksek değer 44,65 mg kg⁻¹ ile (Kın-5907) x Yecora Rojo ve 42,43 mg kg⁻¹ ile Kın x 5907 genotiplerinden elde edilmiştir. En düşük değer ise Yecora Rojo (33,07 mg kg⁻¹), AUS-5924 (33,23 mg kg⁻¹) ve (Kın-5907) x (Kın-5924) (33,14 mg kg⁻¹) genotiplerinde gerçekleşmiştir (Çizelge 4.18).

Nax1 geni taşıyan Kınx5907 hattı 100 mM tuz seviyesinde 54,80 mg kg⁻¹ bitki Mn içeriğine sahip iken 200 mM seviyesinde bu değer düşerek 31,92 mg kg⁻¹ olarak gerçekleşmiştir. Kınx5907 hattına *Gpc-B1* geni aktarılmış ve elden edilen melez (Kın-5907) x Yecora Rojo genotipinin tüm tuz seviyelerinde istikrarlı ve yüksek Mn içeriğine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, tuzluluğa toleranslılık geni *Nax1*'in bitkide Mn içeriği bakımından 100 mM tuz konsantrasyonuna kadar tolerans sağladığını göstermektedir. Ayrıca, *Gpc-B1* geni ile bir araya geldiğinde, 200 mM gibi yüksek tuz konsantrasyonlarında dahi Mn içeriğini artırdığı belirlenmiştir.

4.3.10. Bitkide Cu konsantrasyonu

Çalışmada Kınacı-97 ve Yecora Rojo çeşidi, AUS-5907, AUS-5924, Kınacı x 5924 ve Kınacı x 5907 hatları ile çalışmadan elde edilen (Kınacı-5907) x Yecora Rojo, (Kınacı-5924) x Yecora Rojo ve (Kınacı-5907) x (Kınacı-5924) genotiplerindeki Cu konsantrasyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.19'de verilmiştir.

Çizelge 4.19. Tuz uygulamalarının bitkilerin Cu içeriği üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	107	1483,402		
Tuz Dozu (TD)	3	97,191	32,397	21,762**
Genotip	8	943,880	117,985	79,255**
TD x Genotip	24	338,124	14,089	9,464**
Hata	72	104,207	1,489	
CV(%)		14,28		

**P<0.01

Bitki Cu konsantrasyonlarına ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre tuz dozu, genotip ve TD x genotip interaksyonu istatistiki bakımdan % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.20. Tuz uygulamalarında ekmeklik buğday genotiplerinin bitki Cu içeriklerine ilişkin ortalama değerler (mg kg⁻¹)

Genotip	Kontrol	50 mM	100 mM	200 mM	Ortalama
Kınacı-97	8,22 ^{cd}	13,75 ^b	8,21 ^{cd}	7,05 ^{cd}	9,31 ^{bc}
AUS-5907	5,97 ^{cd}	6,31 ^{cd}	7,72 ^{cd}	6,82 ^{cd}	6,70 ^e
AUS-5924	6,00 ^{cd}	7,29 ^{cd}	5,90 ^{cd}	4,51 ^{cd}	5,93 ^e
Kın x 5907	14,08 ^b	20,85 ^a	13,84 ^b	15,74 ^b	16,13 ^a
Kın x 5924	6,79 ^{cd}	7,33 ^{cd}	7,41 ^{cd}	8,41 ^{cd}	7,48 ^{c-e}
(Kın-5907) x (Kın-5924)	13,60 ^b	8,97 ^c	7,65 ^{cd}	5,09 ^{cd}	8,83 ^{b-d}
Yecora Rojo	6,20 ^{cd}	7,32 ^{cd}	4,34 ^{de}	6,00 ^{cd}	5,97 ^e
(Kın-5907) x Yecora Rojo	7,97 ^{cd}	13,89 ^b	7,70 ^{cd}	7,91 ^{cd}	9,37 ^b
(Kın-5924) x Yecora Rojo	8,82 ^{cd}	4,87 ^{cd}	6,93 ^{cd}	8,16 ^{cd}	7,20 ^{de}
Ortalama	8,63 ^b	10,06 ^a	7,75 ^b	7,74 ^b	8,55

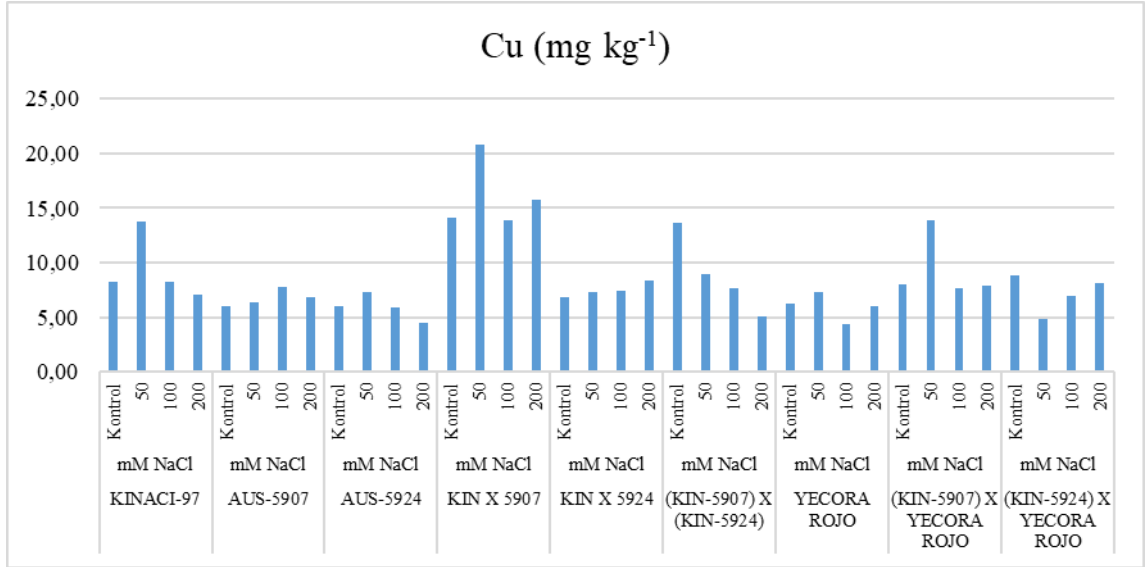
LSD_{0,01} (TD)=1,07, LSD_{0,01} (G)=1,87, LSD_{0,01} (TDXG)=4,51

Tuz dozu bakımından ortalama değerler incelendiğinde, kontrollü koşullarda genotiplerin ortalama Cu içeriği 8,63 mg kg⁻¹ iken, 50 mM NaCl uygulamasında bu değer önemli oranda artış göstermiş (10,06 mg kg⁻¹), 100 mM (7,75 mg kg⁻¹) ve 200 mM NaCl (7,74 mg kg⁻¹) seviyesinde ise kontrol ile aynı düzeyde olduğu belirlenmiştir. Genotiplerin tüm tuz dozlarındaki ortalama bitki Cu içerikleri incelendiğinde, en yüksek değer 16,13 mg kg⁻¹ ile Kınx5907 hattında, en düşük değer ise 5,93 mg kg⁻¹ ile AUS-5924 ve 5,97 mg kg⁻¹ ile Yecora Rojo çeşidinde gerçekleşmiştir (Çizelge 4.20).

TD x Genotip interaksyonu incelendiğinde genotiplerin artan tuz dozlarına verdikleri tepkiler değişiklik göstermiştir (Şekil 4.14). 50 mM tuz seviyesinde en yüksek bitki Cu içeriği Kınx5907 (20,85 mg kg⁻¹) hattında en düşük değer ise (Kın-5924) x Yecora Rojo (4,87 mg kg⁻¹) genotipinde gözlemlenmiştir. 100 mM tuz seviyesinde en yüksek bitki Cu içeriği Kınx5907 (13,84 mg kg⁻¹) hattında en düşük değer ise Yecora Rojo (4,34 mg kg⁻¹) çeşidinde belirlenmiştir. Kontrol şartlarına göre 200 mM NaCl uygulamasında Kın x 5924, AUS-5907 ve Kın x 5907 genotiplerinin bitki Cu içeriklerinde bir artış gözlenmiş, diğer genotiplerde ise bitki Cu içeriğinin azaldığı belirlenmiştir. Genotiplerin ortalama bitki Cu içerikleri incelendiğinde Nax1 geni taşıyan genotiplerin (Kınx5907, (Kın-5907) x (Kın-5924) ve (Kın-5907) x Yecora Rojo) Cu içeriklerinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde bitki Cu içeriği ile Nax1 geni arasında pozitif bir ilişki olabileceği varsayılabilir.

Alpaslan ve ark. (1998) tuz stresinin bitki besin element içerikleri üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada, NaCl uygulamasının buğday genotiplerinin bir

kısımında bitki Cu içeriğini artırdığını bir kısmında ise azalttığını bildirmişlerdir. Bu durum çalışmada kullanılan çeşitlerin genetik varyasyonundan kaynaklanmış olabileceği şeklinde ifade edilebilir. Literatürden elde edilen sonuçlar ile çalışmadan elde edilen bulgular benzerlik göstermektedir.



Şekil 4.14. Tuz uygulamalarının bitkide Cu konsantrasyonuna etkileri (mg kg⁻¹)

4.3.11. Bitkide B konsantrasyonu

Çalışmada Kınacı-97 ve Yecora Rojo çeşidi, AUS-5907, AUS-5924, Kınacı x 5924 ve Kınacı x 5907 hatları ile çalışmadan elde edilen (Kınacı-5907) x Yecora Rojo, (Kınacı-5924) x Yecora Rojo ve (Kınacı-5907) x (Kınacı-5924) genotiplerindeki B konsantrasyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Tuz uygulamalarının bitkilerin B içeriği üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	107	683,296		<,0001
Tuz Dozu (TD)	3	38,548	12,849	15,069**
Genotip	8	333,782	41,723	48,930**
TD x Genotip	24	251,277	10,470	12,278**
Hata	72	59,689	0,853	
CV(%)		14,13		

**P<0.01

Bitki B konsantrasyonlarına ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre tuz dozu, genotip ve TD x genotip interaksyonu istatistiki bakımdan % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.22. Tuz uygulamalarında ekmeklik buğday genotiplerinin bitki B içeriklerine ilişkin ortalama değerler (mg kg⁻¹)

Genotip	Kontrol	50 mM	100 mM	200 mM	Ortalama
Kınacı-97	6,26 ^{e-1}	11,56 ^{ab}	12,15 ^a	11,19 ^{a-c}	10,29 ^a
AUS-5907	11,19 ^{h1}	4,16 ^{e-1}	5,87 ^{e-1}	5,86 ^{g-1}	6,77 ^c
AUS-5924	4,76 ^{g-1}	4,54 ^{h1}	4,46 ^{h1}	4,53 ^{h1}	4,57 ^c
Kın x 5907	8,73 ^{b-f}	7,32 ^{d-h}	7,00 ^{d-h}	6,03 ^{e-1}	7,27 ^b
Kın x 5924	5,98 ^{e-1}	8,05 ^{c-g}	5,11 ^{g-1}	9,27 ^{a-e}	7,10 ^b
(Kın-5907) x (Kın-5924)	5,75 ^{f-1}	4,33 ^{h-1}	6,66 ^{d-h}	2,95 ¹	4,92 ^c
Yecora Rojo	4,80 ^{g-1}	9,90 ^{a-d}	8,81 ^{a-f}	4,92 ^{g-1}	7,11 ^b
(Kın-5907) x Yecora Rojo	4,58 ^{h-1}	5,07 ^{g-1}	5,09 ^{g-1}	4,49 ^{h1}	4,81 ^c
(Kın-5924) x Yecora Rojo	4,85 ^{g-1}	7,48 ^{d-h}	6,14 ^{e-1}	11,93 ^{ab}	7,60 ^b
Ortalama	6,32 ^b	6,93 ^a	6,81 ^a	6,80 ^a	6,72

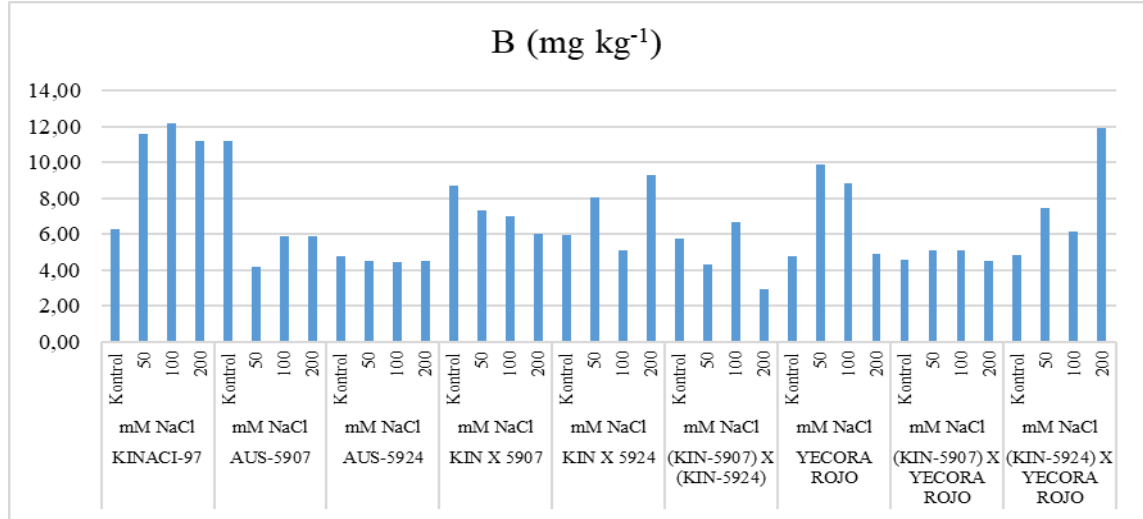
LSD_{0,01} (TD)=0,81, LSD_{0,01} (G)=1,41, LSD_{0,01} (TDXG)=3,41

Tuz dozu bakımından ortalama değerler incelendiğinde, Kontrol koşullarında genotiplerin ortalama B içeriği 6,32 mg kg⁻¹ iken, 50 mM NaCl uygulamasında bu değer 6,93, 100 mM NaCl'de 6,81, 200 mM NaCl'de ise 6,80 olarak belirlenmiştir. Kontrole göre tuz uygulamasının bitki B içeriğini artırdığı belirlenmiştir. Genotiplerin tüm tuz dozlarındaki ortalama bitki B içerikleri incelendiğinde, en yüksek değer 10,29 mg kg⁻¹ ile Kınacı-97 çeşidi, en düşük değer ise 4,57 mg kg⁻¹ ile AUS-5924 hattında gerçekleşmiştir (Çizelge 4.22).

TD x Genotip interaksyonu incelendiğinde genotiplerin artan tuz dozlarına verdikleri tepkiler değişiklik göstermiştir (Şekil 4.15). 50 mM tuz seviyesinde en yüksek bitki B içeriği Kınacı-97 (11,56 mg kg⁻¹) çeşidinde en düşük değer ise AUS-5907 (4,16 mg kg⁻¹) hattında gözlemlenmiştir. 100 mM tuz seviyesinde en yüksek bitki B içeriği Kınacı-97 (12,15 mg kg⁻¹) çeşidinde en düşük değer ise AUS-5924 (4,46 mg kg⁻¹) hattında belirlenmiştir. Kontrol şartlarına göre 200 mM NaCl uygulamasında Kınacı-97, Kın x 5924 ve (Kın-5924) x Yecora Rojo genotiplerinin bitki B içeriği artış göstermiştir. Diğer genotiplerin bitki B içerikleri artan tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak azalmıştır. Kontrol koşullarına kıyasla, 200 mM NaCl uygulamasında bitki B

içeriğinde en fazla artış %145 ile (Kın-5924) x Yecora Rojo genotipinde, en fazla azalış ise %48 ile (Kın-5907) x Yecora Rojo genotipinde gözlenmiştir.

Süslü (2019) tarafından yapılan çalışmada, farklı ekmeklik buğday genotiplerine uygulanan 0 mM ve 200 mM NaCl seviyelerinin artan dozlarda bitki bor içeriğini azalttığı tespit edilmiştir. Literatür çalışmaları ile elde edilen bulgular benzerlik göstermektedir.



Şekil 4.15. Tuz uygulamalarının bitkide B konsantrasyonuna etkileri (mg kg⁻¹)

4.3.12. Bitkide K/Na Oranı

K/Na oranı bitkilerin tuzluluğa toleransı bakımından önemli bir kriterdir. Bitkilerin tuzlu ortamlarda Na⁺ iyonları yerine K⁺ veya Ca⁺ iyonlarını tercih etmesini sağlayan iyon seçiciliği özelliği, tuza toleransın önemli bir göstergesidir. Bu özellik sayesinde, bitkilerde ölçülen yüksek K/Na ve Ca/Na oranları, tuz stresine dayanıklı genotiplerin belirlenmesinde güvenilir bir parametre olarak değerlendirilmektedir (Muhammed ve ark., 1987; Fjm, 1999).

Çalışmadan elde edilen bitki K (%) ve Na (%) içeriklerinin ortalama değerleri üzerinden K/Na oranı Çizelge 4.23’de verilmiştir. Bitkideki K/Na oranı bakımından en düşük değer 0,76 ile Yecora Rojo genotipinde belirlenmiştir. En yüksek değer 18,07 ile (Kın-5907) x (Kın-5924) genotipinde gözlenmiştir. Bu değer genotipler arasında oldukça yüksek bir seviyede gözlemlenmiştir. Bu değer yüksek çıkmasının nedeninin (Kın-5907) x (Kın-5924) genotipinin *Nax1* ve *Nax2* geni taşıması ve bu genlerin tuz tolerans mekanizmasındaki rolü ile ilgili olduğu söylenebilir. Bu durum *Nax2* geninin

bir avantajı olan tuzlu ortamlarda bitkinin Na taşınımını yavaşlatması ve K taşınımını artırması özelliğinin aktif olarak bitkide çalıştığına göstergesi olarak yorumlanmıştır.

Çizelge 4.23. Bitkide ortalama K (%) ve Na (%) içerik değerine ait K/Na oranı

Genotip	K (%)	Na (%)	K/Na Oranı
Kınacı-97	2,96	1,851	1,60
AUS-5907	3,01	1,593	1,89
AUS-5924	2,64	1,482	1,78
Kın x 5907	2,90	0,817	3,55
Kın x 5924	2,81	2,179	1,29
(Kın-5907) x (Kın-5924)	2,62	0,145	18,07
Yecora Rojo	2,52	3,327	0,76
(Kın-5907) x Yecora Rojo	3,27	1,147	2,85
(Kın-5924) x Yecora Rojo	3,09	1,396	2,21

4.3.13. Bitkide Ca/Na Oranı

Çalışmada elde edilen bitkideki Ca (%) ve Na (%) içeriklerinin ortalama değerleri kullanılarak hesaplanan Ca/Na oranı Çizelge 4.24’de verilmiştir. Bitkideki Ca/Na oranı bakımından en düşük değer 0,17 ile Yecora Rojo çeşidinde belirlenmiştir. En yüksek değer ise 4,41 ile (Kın-5907) x (Kın-5924) genotipinde gözlenmiştir. *Nax1* ve *Nax2* genlerini taşıyan bu genotip, düşük Na ve yüksek Ca içeriği sayesinde tuz stresine karşı diğer genotiplere göre üstün bir dayanıklılık göstermiştir.

Çizelge 4.24. Bitkide ortalama Ca (%) ve Na (%) içerik değerine ait Ca/Na oranı

Genotip	Ca (%)	Na (%)	Ca/Na Oranı
Kınacı-97	0,60	1,85	0,32
AUS-5907	0,60	1,59	0,38
AUS-5924	0,51	1,48	0,34
Kın x 5907	0,61	0,82	0,75
Kın x 5924	0,65	2,18	0,30
(Kın-5907) x (Kın-5924)	0,64	0,15	4,41
Yecora Rojo	0,56	3,33	0,17
(Kın-5907) x Yecora Rojo	0,64	1,15	0,56
(Kın-5924) x Yecora Rojo	0,64	1,40	0,46

4.4. Tanede Protein Analizi

Çalışmada Kınacı-97 ve Yecora Rojo çeşidi, AUS-5907, AUS-5924, Kınacı x 5924 ve Kınacı x 5907 hatları ile çalışmadan elde edilen (Kınacı-5907) x Yecora Rojo, (Kınacı-5924) x Yecora Rojo ve (Kınacı-5907) x (Kınacı-5924) genotiplerindeki tanede protein içeriğine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.25’de verilmiştir.

Çizelge 4.25. Tuz uygulamalarının bitkilerin tanede protein içeriği üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	107	323,783		
Tuz Dozu (TD)	3	23,788	7,929	95,526**
Genotip	8	194,329	24,291	292,639**
TD x Genotip	24	99,856	4,161	50,124**
Hata	72	5,810	0,083	
CV(%)		14,13		

**P<0.01

Tane protein içeriğine ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre tuz dozu, genotip ve TD x genotip interaksiyonu istatistiki bakımdan % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.25).

Çizelge 4.26. Tuz uygulamalarında ekmeklik buğday genotiplerinin tane protein içeriğine ilişkin ortalama değerler (%)

Genotip	Kontrol	50 mM	100 mM	200 mM	Ortalama
Kınacı-97	17,92 ^{e-j}	17,44 ^{i-m}	16,28 ^{m-q}	15,38 ^{pr}	16,75 ^d
AUS-5907	14,19 ^s	14,41 ^{rs}	14,67 ^{rs}	14,82 ^{pr}	14,52 ^e
AUS-5924	15,88 ^{l-p}	16,96 ^{h-k}	16,56 ^{l-p}	17,60 ^{hl}	16,75 ^d
Kın x 5907	17,95 ^{e-j}	15,36 ^{qr}	16,68 ^{k-o}	17,81 ^{fj}	16,95 ^d
Kın x 5924	19,99 ^{bc}	18,82 ^{d-g}	15,87 ^{o-r}	15,84 ^{or}	17,63 ^c
(Kın-5907) x (Kın-5924)	22,03 ^a	19,96 ^{bc}	17,97 ^{e-j}	17,74 ^{gk}	19,42 ^b
Yecora Rojo	20,97 ^{ab}	19,90 ^{b-d}	18,94 ^{c-e}	20,37 ^b	20,04 ^a
(Kın-5907) x Yecora Rojo	18,90 ^{c-f}	17,99 ^{e-j}	16,99 ^{j-n}	16,67 ^{ko}	17,64 ^c
(Kın-5924) x Yecora Rojo	16,09 ^{n-r}	17,40 ^{e-i}	17,84 ^{e-i}	18,25 ^{e-h}	17,39 ^c
Ortalama	18,21 ^a	17,58 ^b	16,87 ^d	17,16 ^c	17,45

LSD_{0.01} (TD)=0,21, LSD_{0.01} (G)=0,44, LSD_{0.01} (TDXG)=1,066

Tuz dozu bakımından ortalama değerler incelendiğinde, Kontrol koşullarında genotiplerin ortalama tane protein içeriği %18,21 iken, 50 mM NaCl uygulamasında bu

değer %17,58, 100 mM NaCl'de %16,87, 200 mM NaCl'de ise 17,45 olarak gerçekleşmiştir. Artan NaCl uygulamalarında buğday tane protein içeriği azalma eğilimi göstermiştir. Genotiplerin tüm tuz dozlarındaki ortalama tane protein içerikleri incelendiğinde, en yüksek değer %20,04 ile Yecora Rojo ve %19,42 ile (Kın-5907) x (Kın-5924) melezinde, en düşük değer ise %14,52 ile AUS-5907 hattında gerçekleşmiştir (Çizelge 4.26).

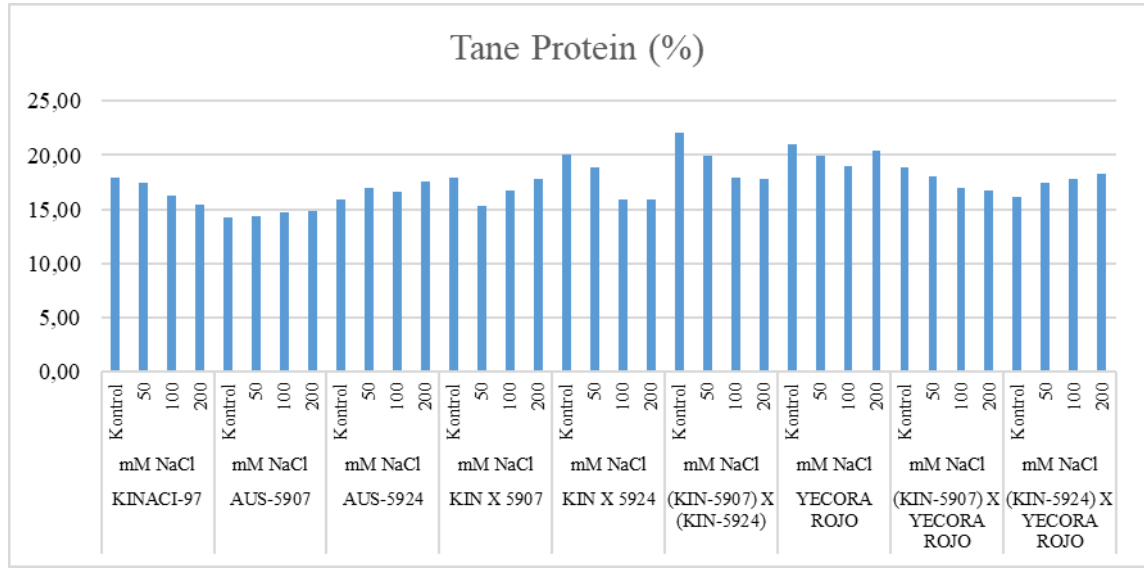
TD x Genotip interaksyonu incelendiğinde genotiplerin artan tuz dozlarına verdikleri tepkiler değişiklik göstermiştir. 50 mM tuz seviyesinde en yüksek tane protein değeri (Kın-5907) x (Kın-5924) (%19,96) genotipinde en düşük değer ise AUS-5907 (%14,41) hattında gözlemlenmiştir. 100 mM tuz seviyesinde en yüksek tane protein değeri Yecora Rojo (%18,94) çeşidinde en düşük değer ise AUS-5907 (%14,67) hattında belirlenmiştir. Kontrol şartlarına kıyasla 200 mM NaCl uygulamasında %20,37 tane protein içeriği ile Yecora Rojo çeşidi en yüksek tane protein içeriğine sahip genotip olarak belirlenmiştir. Kontrol koşullarına kıyasla, 200 mM NaCl uygulamasında tane protein içeriğinde en fazla artış %13 ile (Kın-5924) x Yecora Rojo genotipinde, en fazla azalış ise %48 ile Kın x 5924 hattında gözlenmiştir (Şekil 4.16).

Chicaiza ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada, *Gpc-B1* geninin buğdayda protein oranını ve kalitesini artırdığını tespit etmişlerdir. Yecora Rojo genotipinin yüksek tane protein oranına sahip olmasının, *Gpc-B1* genini içermesinden kaynaklandığı söylenebilir. 200 mM NaCl konsantrasyonunda (Kın-5924) x Yecora Rojo genotipi, Yecora Rojo çeşidinden sonra %18,25 tane protein içeriği ile en yüksek değeri göstermiştir. Çalışmada, *Nax2* ve *Gpc-B1* genleri aktarılmış olan (Kın-5924) x Yecora Rojo genotipinin, 200 mM NaCl uygulamasında tane protein içeriğini artırması; *Nax2* geninin tuz toleransı sağlaması, *Gpc-B1* geninin ise protein oranını artırıcı etkisi ile açıklanabilir.

Kontrol şartları kendi içerisinde değerlendirildiğinde tane protein içeriği bakımından en yüksek değerler % 22,03(a) ile (Kın-5907) x (Kın-5924) genotipinde ve %20,97(ab) ile Yecora Rojo çeşidinde gerçekleşmiştir. AUS-5907 genotipi ise %14,19 ile en düşük değere sahip olmuştur.

Öncel ve Keleş (2002) farklı buğday genotiplerinde tuz stresinin büyüme, pigment içeriği ve protein miktarı üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmada, tuz stresinin bazı genotiplerde protein içeriğini artırırken, bazılarında azalttığını bildirmişlerdir. Maqsood ve ark. (2008), tahılların protein ve lif içeriklerinde meydana gelen azalmanın, tuzun kök bölgesinde birikmesinden kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Ayrıca, dış ortamdaki yüksek Na^+ konsantrasyonunun, azot alımını engelleyerek buğday tanelerinde daha düşük protein içeriğine neden olduğu ifade edilmiştir.



Şekil 4.16. Tuz uygulamalarının tanede protein değeri üzerine etkileri (%)

4.5. Klor Analizi

Çalışmada Kınacı-97 ve Yecora Rojo çeşidi, AUS-5907, AUS-5924, Kınacı x 5924 ve Kınacı x 5907 hatları ile çalışmadan elde edilen (Kınacı-5907) x Yecora Rojo, (Kınacı-5924) x Yecora Rojo ve (Kınacı-5907) x (Kınacı-5924) genotiplerindeki Cl konsantrasyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.27’de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Tuz uygulamalarının bitkilerin Cl içeriği üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	107	233,323		
Tuz Dozu (TD)	3	194,952	64,984	5815,216**
Genotip	8	21,682	2,710	242,534**
TD x Genotip	24	15,907	0,663	59,309**
Hata	72	0,782	0,011	
CV(%)		4,482		

**P<0.01

Bitki Cl konsantrasyonlarına ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre tuz dozu, genotip ve TD x genotip interaksyonu istatistiki bakımdan % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.27).

Çizelge 4.28. Tuz uygulamalarında ekmeklik buğday genotiplerinin bitki Cl içeriklerine ilişkin ortalama değerler (%)

Genotip	Kontrol	50 mM	100 mM	200 mM	Ortalama
Kınacı-97	0,57 ^{q-s}	2,07 ^l	3,27 ^{f-h}	3,67 ^f	2,40 ^d
AUS-5907	0,67 ^{q-s}	1,20 ^{op}	2,60 ^{ij}	3,40 ^{fg}	1,97 ^e
AUS-5924	0,40 ^{rs}	1,20 ^{op}	1,73 ^{lm}	3,47 ^f	1,70 ^f
Kın x 5907	0,77 ^{qr}	2,20 ^{jk}	4,53 ^c	5,17 ^b	3,17 ^a
Kın x 5924	0,67 ^{q-s}	1,47 ^{no}	3,07 ^{gh}	4,17 ^{de}	2,35 ^{cd}
(Kın-5907) x (Kın-5924)	0,40 ^{rs}	1,67 ^{mn}	2,17 ^{kl}	3,97 ^e	2,05 ^e
Yecora Rojo	0,27 ^s	1,60 ^{mn}	2,47 ^{jk}	3,87 ^e	2,05 ^e
(Kın-5907) x Yecora Rojo	0,33 ^s	2,60 ^{ij}	2,67 ^{ij}	4,37 ^{cd}	2,49 ^c
(Kın-5924) x Yecora Rojo	0,87 ^{p-q}	1,93 ^{lm}	2,87 ^{hi}	5,87 ^a	2,89 ^b
Ortalama	0,55 ^d	1,77 ^c	2,82 ^b	4,22 ^a	2,34

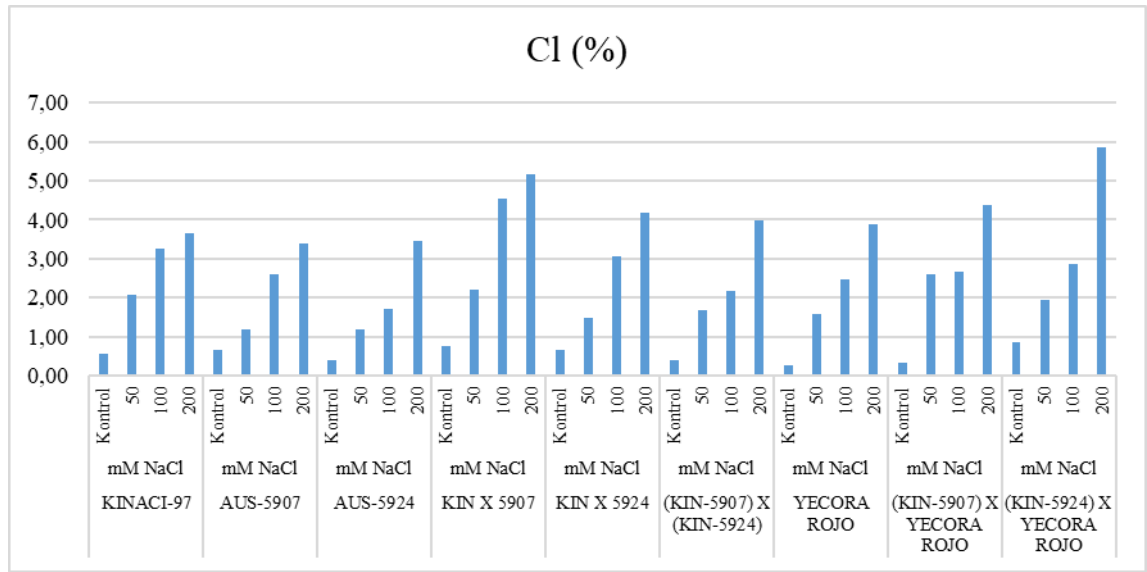
LSD_{0,01}(TD)=0,093, LSD_{0,01}(G)=0,16, LSD_{0,01}(TDXG)=0,39

Tuz dozu bakımından ortalama değerler incelendiğinde, kontrol koşullarında genotiplerin ortalama Cl içeriği %0,55 iken, 50 mM NaCl uygulamasında bu değer %1,77, 100 mM NaCl'de %2,82, 200 mM NaCl'de ise %4,22 olarak belirlenmiştir. Artan NaCl konsantrasyonlarında özellikle 100 mM ve 200 mM seviyelerinde ortalama Cl içerikleri önemli düzeyde artış göstermiştir. Genotiplerin tüm tuz dozlarındaki ortalama bitki Cl içerikleri incelendiğinde, en yüksek değer %3,17 ile Kın x 5907 hattında, en düşük değer ise %1,70 ile AUS-5924 hattında gerçekleşmiştir (Çizelge 4.28).

TD x Genotip interaksyonu incelendiğinde genotiplerin artan tuz dozlarına verdikleri tepkiler değişiklik göstermiştir (Şekil 4.17). 50 mM tuz seviyesinde en yüksek bitki Cl içeriği (Kın-5907) x Yecora Rojo (%2,60) genotipinde en düşük değer ise AUS-5924 (%1,20) ve AUS-5907 (%1,20) hattında gözlemlenmiştir. 100 mM tuz seviyesinde en yüksek bitki Cl içeriği Kınx5907 (%4,53) hattında en düşük değer ise AUS-5924 (%1,73) hattında belirlenmiştir. Genotiplerin en fazla bitki Cl içerikleri 200 mM NaCl konsantrasyonunda gözlemlenmiştir. Kontrol şartlarına kıyasla, 200 mM NaCl konsantrasyonunda bitki Cl içeriğinde en fazla artış 14 kat ile Yecora Rojo genotipinde, en az artış ise 5 kat ile AUS-5907 hattında gerçekleşmiştir. 200 mM NaCl konsantrasyonunda en düşük bitki Cl içeriği %3,47 ile AUS-5907 hattında belirlenmiştir. Genotiplerin tüm tuz dozlarında ortalama bitki Cl içerikleri incelendiğinde *Nax1* geni taşıyan AUS-5907 ve *Nax2* geni taşıyan AUS-5924 hatlarının düşük değerler gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum *Nax1* ve *Nax2* genlerinin etkisinden

kaynaklanmış olabilir. *Nax1* ve *Nax2* geni aktarılan melezlerde genlerin etkinliği önemli olacak şekilde görülmemiştir.

Süslü (2019) makarnalık buğday üzerine yaptığı bir çalışmada, kontrol koşullarında bitki Cl içeriğini %0,67, 100 mM NaCl konsantrasyonunda ise bu değer %3,68 olarak gerçekleştiğini tespit etmiştir. Sonuç olarak kontrole göre 100 mM NaCl seviyesinde bitki Cl içeriğinin 6 kat arttığını bildirmiştir. Başka bir çalışmada, 40 mM NaCl ile uygulanan mısır bitkisinde biriken Cl içeriğinin kontrol grubuna kıyasla önemli ölçüde arttığını bildirmişlerdir (Çelik ve Eraslan, 2015).



Şekil 4.17. Tuz uygulamalarının bitkide Cl konsantrasyonuna etkileri (%)

4.6. Bitkide Hücre Zarı Geçirgenliği (EC) Analizi

Çalışmada Kınacı-97 ve Yecora Rojo çeşidi, AUS-5907, AUS-5924, Kınacı x 5924 ve Kınacı x 5907 hatları ile çalışmadan elde edilen (Kınacı-5907) x Yecora Rojo, (Kınacı-5924) x Yecora Rojo ve (Kınacı-5907) x (Kınacı-5924) genotiplerindeki EC içeriğine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.29’da verilmiştir.

Çizelge 4.29. Tuz uygulamalarının bitkilerin EC içeriği üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	107	17832,313		
Tuz Dozu (TD)	3	9472,253	3157,418	2445,087**
Genotip	8	6155,001	769,376	595,801**
TD x Genotip	24	2114,666	88,111	68,233**
Hata	72	90,393	1,291	
CV(%)		2,559		

**P<0,01

Bitki EC konsantrasyonlarına ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre tuz dozu, genotip ve TD x genotip interaksyonu istatistiki bakımdan % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.29).

Çizelge 4.30. Tuz uygulamalarında ekmeklik buğday genotiplerinin bitki EC içeriklerine ilişkin ortalama değerler (%)

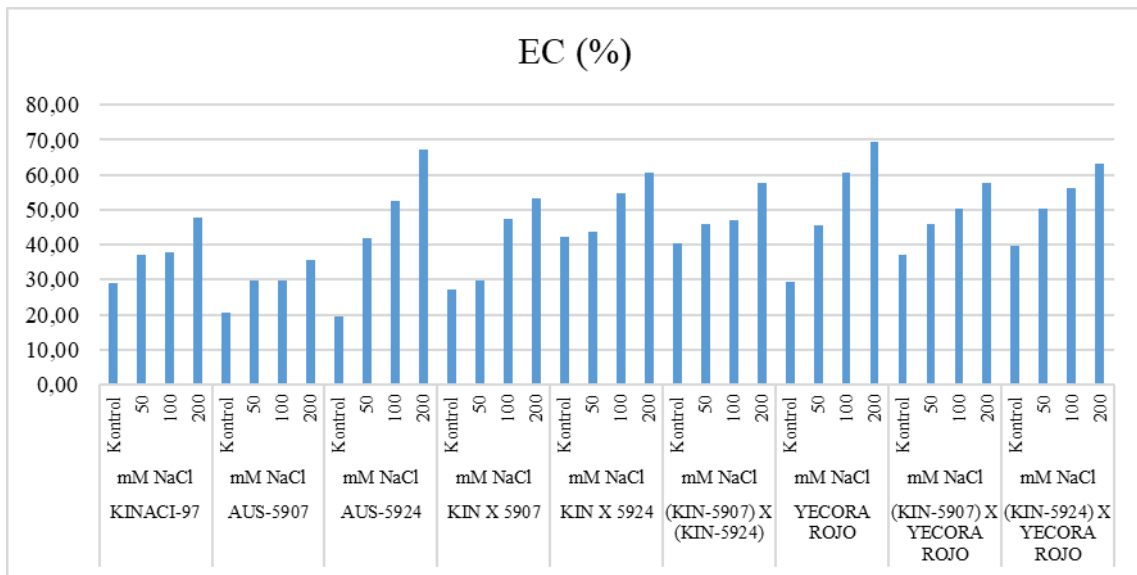
Genotip	Kontrol	50 mM	100 mM	200 mM	Ortalama
Kınacı-97	28,84 ^s	37,16 ^r	37,65 ^{j-l}	47,77 ^{k-m}	37,86 ^e
AUS-5907	20,48 ^t	29,79 ^s	29,83 ^{qr}	35,65 ^r	28,94 ^f
AUS-5924	19,51 ^t	41,81 ^{n-p}	52,39 ^s	67,04 ^{ab}	45,19 ^c
Kın x 5907	27,04 ^s	29,74 ^s	47,42 ^{hi}	53,16 ^{g-i}	39,34 ^d
Kın x 5924	42,37 ^{m-p}	43,83 ^{l-o}	54,70 ^{f-h}	60,69 ^{cd}	50,40 ^a
(Kın-5907) x (Kın-5924)	40,46 ^{o-q}	46,02 ^{lm}	46,98 ^{lm}	57,52 ^{e-g}	47,75 ^b
Yecora Rojo	29,54 ^s	45,46 ^{l-n}	60,69 ^{c-e}	69,45 ^a	51,28 ^a
(Kın-5907) x Yecora Rojo	36,99 ^r	45,96 ^{l-n}	50,27 ^{h-j}	57,52 ^{d-f}	47,68 ^b
(Kın-5924) x Yecora Rojo	39,76 ^{p-q}	50,14 ^{i-k}	56,04 ^{f-h}	63,13 ^{bc}	52,27 ^a
Ortalama	31,67 ^d	41,10 ^c	48,44 ^b	56,88 ^a	44,52

LSD_{0,01} (TD)=1,26, LSD_{0,01} (G)=1,74, LSD_{0,01} (TDXG)=4,20

Tuz dozu bakımından ortalama değerler incelendiğinde, kontrol koşullarında genotiplerin ortalama EC içeriği %31,67 iken, 50 mM NaCl uygulamasında bu değer %41,10, 100 mM NaCl'de %48,44, 200 mM NaCl'de ise %56,88 olarak belirlenmiştir. Genel olarak NaCl konsantrasyonlarında genotiplerin ortalama Cl içerikleri önemli düzeyde artış göstermiştir (Şekil 4.18). Genotiplerin tüm tuz dozlarındaki ortalama bitki EC içerikleri incelendiğinde, en yüksek değerler %52,27 ile (Kın-5924) x Yecora Rojo, %51,28 ile Yecora Rojo ve %50,40 ile Kınx5924 genotiplerinde belirlenirken en düşük değer ise %28,94 ile AUS-5907 hattında gerçekleşmiştir (Çizelge 4.30).

TD x Genotip interaksyonu incelendiğinde genotiplerin artan tuz dozlarına verdikleri tepkiler değişiklik göstermiştir. 50 mM tuz seviyesinde en yüksek EC içeriği (Kın-5924) x Yecora Rojo (%50,14) genotipinde en düşük değer ise AUS-5907 (%29,74) hattında gözlemlenmiştir. 100 mM tuz seviyesinde en yüksek EC içeriği Yecora Rojo (%60,69) çeşidinde en düşük değer ise AUS-5907 (%29,83) hattında belirlenmiştir. Genotiplerin en fazla bitki EC içerikleri 200 mM NaCl konsantrasyonunda gözlemlenmiştir. Kontrol şartlarına kıyasla, 200 mM NaCl konsantrasyonunda bitki EC içeriğinde en fazla değişim %243 ile AUS-5924 hattında, en az değişim ise %42,17 ile (Kın-5907) x (Kın-5924) genotipinde gerçekleşmiştir. 200 mM NaCl konsantrasyonunda en yüksek bitki Cl içeriği %69,45 ile Yecora Rojo çeşidinde en düşük ise AUS-5907 hattında belirlenmiştir.

Munne-Bosch ve Penuelas (2003) yaptıkları çalışmada elektrolit sızıntısındaki artışın, oksidatif stresin biyolojik membranlara zarar vererek hücre zarlarının geçirgenliğini artırmasından kaynaklandığını bildirmişlerdir. Tuna ve Eroğlu (2017), saksı ortamında biber bitkisine uygulanan 100 mM NaCl sonucunda, bitkinin EC içeriğinde bir artış meydana geldiğini rapor etmiştir. Benzer çalışmalarda, artan NaCl konsantrasyonlarının buğday bitkisinde elektriksel iletkenlik (EC) içeriğini artırdığı bildirilmiştir (Omay, 2019; Süslü, 2019). Literatürdeki bu bulgular, yapılan çalışmanın sonuçlarıyla paralellik göstermektedir.



Şekil 4.18. Tuz uygulamalarının bitkide EC içeriğine etkileri (%)

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu çalışmada, dünya ve ülkemiz genelinde buğday tarımını olumsuz yönde etkileyen tuzluluk ve tanede kalite (protein, demir ve çinko) sorunları ele alınmıştır. Buğdayda tuzluluğa tolerans sağlamak için *Nax1* ve *Nax2* genleri, tanede protein ile birlikte demir (Fe) ve çinko (Zn) içeriğini artırıcı etkiye sahip *Gpc-B1* geni kullanılmıştır. Bu genlerin (*Nax1*, *Nax2* ve *Gpc-B1*) klasik ıslah yöntemlerinden biri olan melezleme ile tek bitkiye aktarılması ve ardından SSR yöntemiyle taranarak pozitif genleri taşıyan genotiplerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Gen aktarılan genotiplerin tuzluluğa dayanımı ve çeşitli elementel analizleri yapılarak aralarındaki ilişkiler incelenmiştir.

Çalışmanın ilk aşamasında *Nax1* x *Gpc-B1* ile *Nax2* x *Gpc-B1* gen kombinasyonları oluşturulmuş; kapillar elektroforez görüntüleme sonucuna göre, *Nax1* ve *Gpc-B1* genleri ile *Nax2* ve *Gpc-B1* genlerinin bir araya geldiği tespit edilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında (*Nax1* x *Gpc-B1*) x (*Nax2* x *Gpc-B1*) gen kombinasyonu oluşturulmuş; kapillar elektroforez görüntüleme sonucuna göre genlerin üçünün bir araya gelmediği, *Nax1* ile *Nax2*, *Nax1* ile *Gpc-B1*, *Nax2* ile *Gpc-B1* genlerinin bir araya geldiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca literatürde *Gpc-B1* geni ile sarı pasa dayanıklılık geni *Yr-36*'nın bağlı olduğu, *Gpc-B1* geni aktarılan genotiplere *Yr-36* geninin de aktarıldığı bildirilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen *Nax1+Nax2*, *Nax1+Gpc-B1* ve *Nax2+Gpc-B1* gen kombinasyonları yanında *Gpc-B1*'e bağlı *Yr-36* geninin de bu kombinasyonlara eklenmiş olabileceği, yeni kombinasyonlar olarak *Nax1+Nax2*, *Nax1+Gpc-B1+Yr-36* ve *Nax2+Gpc-B1+Yr-36* olduğu varsayılabilir.

Analiz sonuçlarına göre tuz uygulamasının bitki fosfor (P), sodyum (Na), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), bor (B), klor (Cl) ve elektrolit sızıntısı (EC) içeriklerini artırdığı belirlenmiştir. Tuz uygulaması artışına bağlı olarak bitki potasyum (K), kükürt (S), çinko (Zn), mangan (Mn), bakır (Cu) içerikleri ve tane protein oranı ise azalmıştır.

Çalışmada tuz stresinin artışına bağlı olarak bitkilerin fosfor içeriği azalırken veya az oranlarda artış gösterirken özellikle *Nax2* geni içeren genotiplerin (Kınx5924, (Kın-5907) x (Kın-5924) ve (Kın-5924) x Yecora Rojo) bitki P içeriğinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Bitki P içeriği bakımından (Kın-5924) x Yecora Rojo genotipi ön plana çıkmış ve *Nax2* geninin bitki P içeriğinin artışıyla yakından ilgisi olabileceği

sonucuna varılmıştır. Araştırmada materyal olarak kullanılan genotipler arasında en yüksek bitki K içeriği (Kın-5907) x Yecora Rojo genotipinden elde edilirken en düşük K içeriği ise Yecora Rojo çeşidinde gözlemlenmiştir. *Nax1* ve *Gpc-B1* genlerini içeren (Kın-5907) x Yecora Rojo genotipi bitki K içeriği bakımından ön plana çıkmış ve bu iki genin K birikimi üzerinde pozitif etkileşim içinde çalıştığını ortaya koymuştur. Çalışma sonucuna göre (Kın-5924) x Yecora Rojo genotipinde, Na^+ taşınımını kısıtlayıp K^+ taşınımını hızlandırıcı etkiye sahip *Nax2* geninin aktif olarak çalıştığı sonucuna varılmıştır.

Tuz uygulamalarının ortalama değerleri bakımından en yüksek bitki Na içeriği Yecora Rojo (%3,32) çeşidinden elde edilirken en düşük Na içeriği ise %0,14 ile (Kın-5907) x (Kın-5924) genotipinde gözlemlenmiş ve bu genotip ön plana çıkmıştır. 200 mM NaCl uygulamasında en düşük bitki Na içeriği sırasıyla (Kın-5907) x (Kın-5924), Kınx5907 ve AUS-5907 genotiplerinde gözlemlenmiştir. James ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada; *Nax1* geni, Na^+ iyonlarının kökten gövdeye taşınmasını yavaşlatırken yaprak kınında birikimini artırdığı; *Nax2* ise Na^+ taşınımını kısıtlayıp K^+ taşınımını hızlandırarak yaprakta K^+/Na^+ oranını yükselttiği bildirilmiştir. Çalışmada eklemeli gen etkisine sahip *Nax1* ve *Nax2* genlerinin aktif olarak çalıştığı sonucuna varılmıştır.

Tuz uygulamalarının ortalama değerleri bakımından en yüksek bitki Fe içeriği (Kın-5907) x Yecora Rojo ve (Kın-5924) x Yecora Rojo genotipinde, 200 mM NaCl uygulamasında ise en yüksek bitki Fe içeriği (Kın-5924) x Yecora Rojo genotipinde gözlemlenmiştir. *Gpc-B1* geni, tuzluluğa toleranslılık genleri olan *Nax1* ve *Nax2* genleri ile bir arada olduğu (Kın-5907) x Yecora Rojo ve (Kın-5924) x Yecora Rojo genotiplerde Fe içeriği artış göstermiştir. Fe içeriği bakımından *Gpc-B1* geni tuzluluğa toleranslılık genleri (*Nax1* ve *Nax2*) ile uyum içerisinde çalıştığı çıkarımında bulunabiliriz. Tuz uygulamalarına bağlı olarak genotipler arasında en yüksek bitki Zn içeriği Yecora Rojo çeşidinden elde edilirken en düşük Zn içeriği ise AUS-5924 hattında gözlemlenmiştir. 200 mM NaCl uygulamasında en yüksek bitki Zn içeriği (Kın-5924) x Yecora Rojo, en düşük Zn içeriği ise AUS-5924 hattında gözlemlenmiştir. Bitkide Zn içeriğini artırıcı etkiye sahip *Gpc-B1* geni içeren Yecora Rojo çeşidi genel ortalama en yüksek Zn içeriğine sahipken, 200 mM NaCl seviyesinde olumsuz etkilenecek bu değer düşmüştür. 200 mM seviyesinde *Nax2* ve *Gpc-B1* genlerini içeren (Kın-5924) x Yecora Rojo genotipi tuz tolerans geni *Nax2*'nin de etkisiyle bitki Zn içeriği en yüksek değere sahip genotip olarak belirlenmiştir. Elde edilen bulgular bitki

Zn içeriği bakımından *Nax2* ile *Gpc-B1* geni arasında pozitif bir ilişki olabileceğini göstermektedir.

Genotipler arasında hem tuz uygulamalarının ortalama değerleri hem de 200 mM NaCl uygulamasında en yüksek tane protein içeriği Yecora Rojo çeşidinden elde edilirken en düşük tane protein içeriği ise AUS-5907 hattında gözlemlenmiştir. Protein oranını artırıcı etkiye sahip *Gpc-B1* geni içeren Yecora Rojo çeşidi yüksek tuz uygulamasında bile en yüksek değere sahip olmuştur. *Gpc-B1* geni aktarılan (K1n-5907) x Yecora Rojo genotipinin ebeveyni K1nx5907' ye göre daha yüksek protein içerine sahip olması, *Gpc-B1* geninin protein oranı bakımından aktif bir şekilde çalıştığını ve *Nax1* ile *Gpc-B1* geni arasında pozitif bir ilişki olabileceğini göstermektedir.

Tuz uygulamalarının ortalama değerleri bakımından en yüksek bitki Cl içeriği K1nx5924 hattından elde edilirken en düşük Cl içeriği ise AUS-5907 hattında gözlemlenmiştir. 200 mM NaCl uygulamasında en yüksek bitki Cl içeriği Yecora Rojo, en düşük Cl içeriği ise AUS-5907 hattında gözlemlenmiştir. Klor içeriği bakımından yüksek doz tuz uygulamalarına en hassas genotip Yecora Rojo olarak belirlenmiştir. Yüksek tuz dozlarında düşük bitki Cl içerikleri ile AUS-5907 (*Nax1*) ve AUS-5924 (*Nax2*) hatları ön plana çıkmaktadır.

Çalışma sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde *Nax1* ve *Nax2* genlerini içeren (K1n-5907) x (K1n-5924) genotipi düşük Na ve B içeriği, yüksek Ca içeriği ve yüksek K/Na ile Ca/Na oranları bakımından en iyi değere sahip genotip olarak belirlenmiştir. Protein oranı bakımından ise genotipler arasında ikinci sırada yer almıştır (Şekil 5.1). Bu genotip özellikle bitki Na içeriği bakımından deneme ortalamasından yaklaşık 12 kat daha az Na biriktirmesiyle ön plana çıkmıştır. Bu durum tuzluluğa tolerans sağlayan *Nax1* ve *Nax2* genlerinin bitkide aktif olarak çalışmasından kaynaklanmaktadır. Bitkilerin tuzlu ortamlarda Na⁺ iyonları yerine K⁺ veya Ca⁺ iyonlarını tercih etmesini sağlayan iyon seçiciliği özelliği, tuza toleransın önemli bir göstergesi ve tuz stresine dayanıklı genotiplerin belirlenmesinde güvenli bir parametredir. (K1n-5907) x (K1n-5924) genotipinden elde edilen sonuçlar bu genotipin tuz stresine toleransının yüksek düzeyde olduğunu göstermektedir. Ayrıca tek bir genin sağladığı dayanıklılığın kırılma riski nedeniyle *Nax1* ve *Nax2* genini bir arada bulunduran bu genotipte önemli bir avantaj elde edilmiştir. Bitki K, Na, Mn, K/Na ve Ca/Na parametreleri bakımından tuz stresine en hassas genotip ise Yecora Rojo çeşidi olmuştur.

Genotip	P	K	Na	Mg	S	Ca	Fe	Zn	Mn	Cu	B	Tane Protein Oranı	Cl	EC	K/Na	Ca/Na
Kınacı-97	En iyi								En iyi		En iyi			En iyi		
AUS-5907				En iyi							En iyi	En iyi	En iyi	En iyi		
AUS-5924	En iyi				En iyi	En iyi	En iyi	En iyi		En iyi	En iyi		En iyi			
Kın x 5907			En iyi	En iyi					En iyi	En iyi			En iyi		En iyi	En iyi
Kın x 5924						En iyi			En iyi							
(Kın-5907) x (Kın-5924)			En iyi			En iyi					En iyi	En iyi			En iyi	En iyi
Yecora Rojo		En iyi	En iyi					En iyi	En iyi			En iyi			En iyi	En iyi
(Kın-5907) x Yecora Rojo		En iyi		En iyi		En iyi	En iyi		En iyi	En iyi						
(Kın-5924) x Yecora Rojo	En iyi	En iyi		En iyi	En iyi	En iyi	En iyi	En iyi						En iyi		

Şekil 5.1. Genotiplerin tüm tuz dozlarının ortalaması üzerinden performans tablosu

Sonuç olarak tuz uygulamalarının ortalama değerleri incelendiğinde (Kın-5907) x (Kın-5924) genotipi yüksek Ca, düşük Na ve B içeriği ve yüksek K^+/Na^+ ile Ca^+/Na^+ oranları bakımından en iyi, protein oranı bakımından ikinci sırada sonuç veren genotip olarak belirlenmiştir. (Kın-5907) x Yecora Rojo genotipi ise bitki K, Mg, Ca, Fe, Mn ve B içerikleri bakımından en iyi, Cu içeriğinde ise ikinci sırada yer almıştır. (Kın-5924) x Yecora Rojo genotipi bitki P, S, Ca, Fe içeriklerinde en iyi, K, Mg ve Zn içeriğinde ikinci sırada yer almıştır (Şekil 5.1).

Genotip	P	K	Na	Mg	S	Ca	Fe	Zn	Mn	Cu	B	Tane Protein Oranı	Cl	EC
Kınacı-97														
AUS-5907														
AUS-5924														
Kın x 5907														
Kın x 5924														
(Kın-5907) x (Kın-5924)														
Yecora Rojo														
(Kın-5907) x Yecora Rojo														
(Kın-5924) x Yecora Rojo														

	En iyi
	İkinci sıra
	En kötü

Şekil 5.2. Genotiplerin 200 mM NaCl uygulamasındaki performans tablosu

Sonuç olarak 200 mM gibi yüksek tuz uygulamasına genotiplerin verdiği tepkiler incelendiğinde; (Kın-5907) x (Kın-5924) genotipi düşük Na ve B içeriği ilk sırada, yüksek P ve Zn içeriği ile genotipler arasında ikinci yer almıştır. (Kın-5907) x Yecora Rojo genotipi ise bitki P, Mg, S, Fe ve Zn içerikleri bakımından ilk sırada, K, Mn, Cu ve protein oranı bakımından ikinci sırada yer almıştır. (Kın-5924) x Yecora Rojo genotipi bitki K ve Mn içeriği bakımında ilk sırada, Mg, S, Fe ve B içeriği bakımından ikinci sırada yer almıştır (Şekil 5.2).

5.2 Öneriler

Kontrol şartlarında %22,03 ile en yüksek protein değeri ölçülen Kın-5907 x Kın-5924 melezi, tuz uygulamalarının ortalaması olarak da Yecora Rojo çeşidinden sonra en yüksek protein değeri veren melez olmuştur. *Nax1* ve *Nax2* genlerini içeren bu genotip, 200 mM gibi yüksek tuz seviyelerine maruz bırakıldığında düşük Na birikimi ve yüksek K^+/Na^+ ile Ca^+/Na^+ oranı sergileyerek, tuzlu tarım arazilerinde ürün verimliliğini artırmak ve bitki gelişimini optimize etmek amacıyla kullanılma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca, bu genotipin bitki B (bor) içeriği bakımından düşük değerlere sahip olması, bor toksisitesinin yaygın olduğu tarım alanlarında da kullanılabileceğini göstermektedir. Bu bağlamda tuzlu şartlarda değerlendirilmek amacıyla bu melez kombinasyonunda seleksiyon çalışmalarına devam edilmesi gerekmektedir.

Nax1 ve *Gpc-B1* genlerini içeren (Kın-5907) × Yecora Rojo melezi, bitki K, Mg, Ca, Mn, Cu ve Fe içerikleri bakımından yüksek, B içeriğinde ise düşük değerler göstermiştir. Bu bağlamda, (Kın-5907) × Yecora Rojo melezi, tuzlu koşullarda besin elementleri açısından zengin bir içerik sunduğundan, seleksiyon çalışmalarının sürdürülmesi tavsiye edilmektedir.

Bu çalışmada, *Nax2* ve *Gpc-B1* genlerini içeren (Kın-5924) × Yecora Rojo melezi, bitkinin P, S, Ca, Fe, Zn ve Mg içerikleri bakımından yüksek, 50-100 mM NaCl seviyesindeki Na içeriği bakımından düşük değerler göstermiştir. Bu doğrultuda, söz konusu genotipin tuzlu koşullarda besin elementleri açısından zengin içerik sunması nedeniyle seleksiyon çalışmalarına devam edilmesi önerilmektedir.

Yüksek tane protein ve çinko içeriğine sahip *Gpc-B1* geni içeren Yecora Rojo çeşidi yüksek tane proteini ve bitki çinko içeriğinin artırılması çalışmalarında genetik kaynak olarak kullanılabileceği önerilmektedir.

Elementel analiz sonuçları incelendiğinde birçok araştırmacı tarafından da belirtildiği üzere; bitkilerin Na^+ yerine Ca^+ ve K^+ iyonlarını tercih etmesi, yüksek K/Na, Ca/Na oranları, tuz stresine dayanıklı genotiplerin belirlenmesinde belirleyici etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Araştırmacılar tarafından da ifade edildiği üzere *Nax1* geninin Na^+ iyonlarının kökten gövdeye taşınmasını yavaşlattığı, *Nax2* geninin ise Na^+ taşınımını kısıtlayıp K^+ taşınımını hızlandırarak yaprakta K^+/Na^+ oranını yükselttiği belirlenmiş, bu genlerin tuz stresine toleranslı çeşitlerin geliştirilmesinde etkili sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Çalışmamızda, *Gpc-B1* geninin bitkinin Zn ve protein oranını artırıcı etkisi belirgin şekilde gözlemlenmiş olup, kaliteli çeşit geliştirme çalışmalarında bu genin aktarımının faydalı olacağı söylenebilir.



KAYNAKLAR

- Abdel-Aleem, M., Sabry, S. ve Hanna, N., 1992, Seedling characteristics as selection criteria for salinity tolerance in wheat, *Field Crop Research Institute*, 11 (8), 33-40.
- Ahmad, Z., Tahir, S., Abid, M. ve Amanullah, M., 2014, Salt-induced variations in physiological parameters and nutrient concentrations of two wheat cultivars, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 45 (1), 29-41.
- Akçura, M. ve Topal, A., 2006, Türkiye kışlık yerel ekmeklik buğday çeşitlerinde fenotipik çeşitlilik, *Bitkisel Araştırma Dergisi*, 2 (8-16).
- Alpaslan, M., Güneş, A. ve Taban, S., 1998, Tuz stresinde çeltik ve buğday çeşitlerinin kalsiyum, fosfor, demir, bakır, çinko ve mangan içeriklerinde değişimler, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22 (3), 227-234.
- Anonim, 2024a, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2024-53447> (28.12.2024),
- Anonim, 2024b, <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasalar%C4%B1/2024-Temmuz%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Raporu/Bu%C4%9Fday%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasalar%C4%B1%20Raporu%20Temmuz-2024-v4.pdf> (28.12.2024),
- Anonymous, 2025, Jmp, https://www.jmp.com/en_hk/online-statistics-course.html (01.01.2025)
- Aycan, M., 2018, Türkiyede bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L) çeşitlerinde tuza tolerans/dayanıklılık göstergesi olarak evrensel SSR markörlerinin kullanılabilirliğinin araştırılması ve tuz stresi koşullarında gen ifade profillerinin incelenmesi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Aydın, İ., 2015, Tuz stresinin bazı kültür bitkilerinde çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkileri, *Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3 (2).
- Baran, A. ve Doğan, M., 2014, Tuz stresi uygulanan soyada (*Glycine max* L.) salisilik asidin fizyolojik etkisi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 18 (1), 78-84.
- Bilgili, D., Atak, M. ve Mavi, K., 2018, Bazı ekmeklik buğday genotiplerinde NaCl stresinin çimlenme ve fide gelişimine etkisi, *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23 (1), 85-96.
- Bressan, R., 2008, Bitki fizyolojisi, *Stres Fizyolojisi*, Ankara, Palme Yayıncılık, 690p, 591-620.
- Brown, C., Weibel, R. ve Seif, R., 1966, Heterosis and combining ability in common winter wheat, *Univ. Ill., Urbana, USA*, 6.
- Brown, R. N. ve Myers, J. R., 2002, A genetic map of squash (*Cucurbita* sp.) with randomly amplified polymorphic DNA markers and morphological markers, *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 127 (4), 568-575.
- Burt, R., 1992, Soil survey laboratory methods manual, USDA, Washington, p.
- Byrt, C. S., Platten, J. D., Spielmeyer, W., James, R. A., Lagudah, E. S., Dennis, E. S., Tester, M. ve Munns, R., 2007, HKT1; 5-like cation transporters linked to Na⁺ exclusion loci in wheat, *Nax2* and *Kna1*, *Plant physiology*, 143 (4), 1918-1928.
- Can, H., Hamurcu, M. ve Gezgin, S., 2021, determination of the stress responses and mineral compositions of some common wheats (*Triticum aestivum* L.) under salt

- treatment, *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 31 (2), 318-329.
- Chen, G. P., Ma, W. S., Huang, Z. J., Xu, T., Xue, Y. B. ve Shen, Y. Z., 2003, Isolation and characterization of TaGSK1 involved in wheat salt tolerance, *Plant Science*, 165 (6), 1369-1375.
- Chicaiza, O., Khan, I., Zhang, X., Brevis, J., Jackson, L., Chen, X. ve Dubcovsky, J., 2006, Registration of five wheat isogenic lines for leaf rust and stripe rust resistance genes, *Crop Science*, 46 (1), 485-487.
- Çakırlar, H. ve Topçuoğlu, Ş., 1985, Stres terminolojisi, *Çölleşen Dünya ve Türkiye Örneği Sempozyum*, 7, 13-17.
- Çelik, A. ve Eraslan, F., 2015, Nitrik oksit uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen mısır bitkisinin mineral beslenmesi ve bazı fizyolojik özellikleri üzerine etkisi, *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10 (1), 55-64.
- Çulha, Ş. ve Çakırlar, H., 2011, Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11 (2), 11-34.
- Decker-Walters, D. S., Wilkins-Ellert, M., Chung, S.-M. ve Staub, J. E., 2004, Discovery and genetic assessment of wild bottle gourd [*Lagenaria siceraria* (Mol.) Standley; Cucurbitaceae] from Zimbabwe, *Economic Botany*, 58 (4), 501-508.
- Demirel, F., Yıldırım, B., Eren, B., Demirel, S., Türkoğlu, A., Haliloğlu, K., Nowosad, K., Bujak, H. ve Bocianowski, J., 2024, Revealing genetic diversity and population structure in Türkiye's wheat germplasm using iPBS-retrotransposon markers, *Agronomy*, 14 (2), 300.
- Dionisio-Sese, M. L. ve Tobita, S., 1998, Antioxidant responses of rice seedlings to salinity stress, *Plant science*, 135 (1), 1-9.
- Distelfeld, A., Uauy, C., Fahima, T. ve Dubcovsky, J., 2006, Physical map of the wheat high-grain protein content gene Gpc-B1 and development of a high-throughput molecular marker, *New Phytologist*, 169 (4), 753-763.
- Distelfeld, A., Cakmak, I., Peleg, Z., Ozturk, L., Yazici, A. M., Budak, H., Saranga, Y. ve Fahima, T., 2007, Multiple QTL-effects of wheat Gpc-B1 locus on grain protein and micronutrient concentrations, *Physiologia plantarum*, 129 (3), 635-643.
- Dumlupınar, Z., Kara, R., Dokuyucu, T. ve Akkaya, A., 2007, Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yetiştirilen bazı makarnalık buğday genotiplerinin çimlenme ve fide karakterlerine elektrik akımı ve tuz konsantrasyonlarının etkileri, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10 (2), 100-110.
- Ekinci, R. ve Gençer, O., 2015, Pamuk Bitkisi Çift-Melez F1 Döl Kuşağında Verim ve Verim Özelliklerinin Genetik Yapısının Belirlenmesi, *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10 (1), 8-18.
- El-Hendawy, S. E., Hu, Y. ve Schmidhalter, U., 2005, Growth, ion content, gas exchange, and water relations of wheat genotypes differing in salt tolerances, *Australian Journal of Agricultural Research*, 56 (2), 123-134.
- Essa, T., 2002, Effect of salinity stress on growth and nutrient composition of three soybean (*Glycine max* L. Merrill) cultivars, *Journal of Agronomy and Crop science*, 188 (2), 86-93.
- Filiz, E. ve Koç, İ., 2011, Bitki biyoteknolojisinde moleküler markörler, *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)*, 2011 (2).

- Fjm, M., 1999, K⁺ nutrition and Na⁺ toxicity: the basis of cellular K⁺/Na⁺ Ratios, *Ann. Bot.*, 84, 123-133.
- Flowers, T. ve Yeo, A., 1981, Variability in the resistance of sodium chloride salinity within rice (*Oryza sativa* L.) varieties, *New Phytologist*, 88 (2), 363-373.
- Francia, E., Rizza, F., Cattivelli, L., Stanca, A. M., Galiba, G., Toth, B., Hayes, P. M., Skinner, J. S. ve Pecchioni, N., 2004, Two loci on chromosome 5H determine low-temperature tolerance in a 'Nure'(winter)×'Tremois'(spring) barley map, *Theoretical and Applied Genetics*, 108, 670-680.
- Griffing, B., 1956, Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems, *Australian journal of biological sciences*, 9 (4), 463-493.
- Güleç, T., 2010, Yerel makarnalık buğday çeşitlerinin makarna kalitesini etkileyen gama-gliadin genleri bakımından moleküler ve biyokimyasal analizleri, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Gündüz, L. N., 2016, Makarnalık buğdayda GPC-B1 geni bakımından melez hatların elde edilmesi ve tanımlanması, *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Gürel, A. ve Avcıoğlu, R., 2001, Bitkilerde Dayanıklılık Fizyolojisi, *Bitki Biyoteknolojisi II. Genetik Mühendisliği ve Uygulamaları Kitabı. SÜ Vakfı Yayınları*, 21, 308-313.
- Gwanama, C., Labuschagne, M. ve Botha, A., 2000, Analysis of genetic variation in *Cucurbita moschata* by random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers, *Euphytica*, 113, 19-24.
- Hu, Y., Burucs, Z. ve Schmidhalter, U., 2006, Short-term effect of drought and salinity on growth and mineral elements in wheat seedlings, *Journal of plant nutrition*, 29 (12), 2227-2243.
- Huang, S., Spielmeier, W., Lagudah, E. S., James, R. A., Platten, J. D., Dennis, E. S. ve Munns, R., 2006, A sodium transporter (HKT7) is a candidate for Nax1, a gene for salt tolerance in durum wheat, *Plant physiology*, 142 (4), 1718-1727.
- Hussain, B., 2018, Genetic and genomic architecture of salt tolerance in bread wheat, *Sabancı Univesity The Graduate School of Engineering and Natural Sciences*.
- Hussein, H., Ebtissam, H., El-Sayed, O., Al-Ansary, A., Khatab, S. ve Sally, A., 2014, Inter specific crosses and marker assisted selection for improving the nutritional value of Egyptian wheat cultivars, *International Journal of Agricultural Research*, 9 (3), 119-135.
- İnal, A., Günes, A. ve Aktas, M., 1995, Effects of chloride and partial substitution of reduced forms of nitrogen for nitrate in nutrient solution on the nitrate, total nitrogen, and chloride contents of onion, *Journal of Plant Nutrition*, 18 (10), 2219-2227.
- Izadi, M. H., Rabbani, J., Emam, Y., Pessarakli, M. ve Tahmasebi, A., 2014, Effects of salinity stress on physiological performance of various wheat and barley cultivars, *Journal of plant nutrition*, 37 (4), 520-531.
- James, R. A., Davenport, R. J. ve Munns, R., 2006, Physiological characterization of two genes for Na⁺ exclusion in durum wheat, Nax1 and Nax2, *Plant physiology*, 142 (4), 1537-1547.
- James, R. A., Blake, C., Byrt, C. S. ve Munns, R., 2011, Major genes for Na⁺ exclusion, Nax1 and Nax2 (wheat HKT1; 4 and HKT1; 5), decrease Na⁺ accumulation in bread wheat leaves under saline and waterlogged conditions, *Journal of experimental botany*, 62 (8), 2939-2947.

- James, R. A., Blake, C., Zwart, A. B., Hare, R. A., Rathjen, A. J. ve Munns, R., 2012, Impact of ancestral wheat sodium exclusion genes Nax1 and Nax2 on grain yield of durum wheat on saline soils, *Functional Plant Biology*, 39 (7), 609-618.
- Johnson, C. M. ve Ulrich, A., 1959, 2. Analytical methods for use in plant analysis, *Bulletin of the California Agricultural Experiment Station*.
- Kamal, A. H. M., Cho, K., Kim, D.-E., Uozumi, N., Chung, K.-Y., Lee, S. Y., Choi, J.-S., Cho, S.-W., Shin, C.-S. ve Woo, S. H., 2012, Changes in physiology and protein abundance in salt-stressed wheat chloroplasts, *Molecular biology reports*, 39, 9059-9074.
- Kanber, R., Çullu, M. A., Kendirli, B., Antepli, S. ve Yılmaz, N., 2005, Sulama, drenaj ve tuzluluk, *Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi*, 3 (7), 213-251.
- Kanber, R. ve Ünlü, M., 2008, Türkiye’de Sulama ve Drenaj Sorunları: Genel Bakış. 5, *Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci DSİ Yurtiçi Bölgesel Su Toplantıları Sulama-Drenaj Konferansı Bildiri Kitabı*, S, 1-45.
- Kanlıtepe, Ç. V., Aras, S. ve Duman, D. C., 2010, Bitki Islahında Moleküler Belirteçlerin Kullanımı ve Gen Aktarımı, *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 67 (1), 33-43.
- Kılıç, G. Ç., 2018, Buğdayda kahverengi pas dayanıklılık genlerinin (Lr9, Lr19 ve Lr24) seleksiyonunda kullanılacak moleküler markırların belirlenmesi, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Kurt, P. ve Yağdı, K., 2021, Bazı ekmeklik buğday genotiplerinde SSR (mikrosatellit) markörü kullanılarak kahverengi pas dayanıklılık geni Lr10’un belirlenmesi, *Kahramanmaraş sütçü imam üniversitesi tarım ve doğa dergisi*, 24 (4), 850-858.
- Kwon, Y. S., Kim, C. H. ve Kim, K. M., 2004, A comparative study of the RAPD and SSR markers in establishing a genetic relationship of the various types of Cucurbita, *Genes & Genomics (구한국유전학회지)*, 26 (2), 115-122.
- Leopold, A. ve Willing, R., 1984, Evidence for toxicity effects of salt on membranes, *Boyce Thompson Institute, Cornell University, Ithaca, New York, USA*, 67-76.
- Maqsood, T., Akhtar, J., Farooq, M., Haq, M. ve Saqib, Z., 2008, Biochemical attributes of salt tolerant and salt sensitive maize cultivars to salinity and potassium nutrition, *Pak. J. Agri. Sci*, 45 (1), 1-5.
- Muhammed, S., Akbar, M. ve Neue, H., 1987, Effect of Na/Ca and Na/K ratios in saline culture solution on the growth and mineral nutrition of rice (*Oryza sativa* L.), *Plant and soil*, 104, 57-62.
- Munne-Bosch, S. ve Penuelas, J., 2003, Photo-and antioxidative protection, and a role for salicylic acid during drought and recovery in field-grown *Phillyrea angustifolia* plants, *Planta*, 217, 758-766.
- Munns, R. ve Tester, M., 2008, Mechanisms of salinity tolerance, *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59 (1), 651-681.
- Munns, R., James, R. A., Xu, B., Athman, A., Conn, S. J., Jordans, C., Byrt, C. S., Hare, R. A., Tyerman, S. D. ve Tester, M., 2012, Wheat grain yield on saline soils is improved by an ancestral Na⁺ transporter gene, *Nature biotechnology*, 30 (4), 360-364.
- Olgun, M., Sezer, O., Turan, M., Başçiftçi, Z. B., Ayter, N. G., Aydın, D., Ardiç, M. ve Koyuncu, O., 2017, Determination of Relationship Between Minerals and Yield Components by Different Statistic Methods in Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) under Irrigated Conditions, *Journal of Applied Biological Sciences*, 11 (1), 21-28.

- Omay, M. R., 2019, Geliştirilmiş melez ekmeklik buğday hatlarının yüksek bor ve tuz uygulamalarına karşı verdikleri fizyolojik cevapların araştırılması, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Ovesna, J., Poláková, K. ve Leišová, L., 2002, DNA analyses and their applications in plant breeding, *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 38 (1), 29-40.
- Öncel, I. ve Keleş, Y., 2002, Tuz stresi altındaki buğday genotiplerinde büyüme, pigment içeriği ve çözünür madde kompozisyonunda değişimler, *Fen Bilimleri Dergisi*, 23 (2), 9-16.
- Özdemir, E., Sade, B., Soylu, S. ve Atalay, E., 2012, Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.)’da Priming Uygulamalarının Kurak ve Normal Ortam Koşullarında Büyüme Parametreleri İle Bağlı Su İçeriği Değerleri Üzerine Etkileri, *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 26 (2), 25-30.
- Özgül, Ş., 1974, Tuzluluk ve sodiklik, Uluslararası Sulama ve Drenaj Komisyonu. Türk Milli Komitesi. DSI Mat., p.
- Öztürk, A., 2015, Sulamada Tuzlu Atık Suların Kullanımı ve Yönetimi, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notu*, 39.
- Pessarakli, M. ve Szabolcs, I., 2019, Soil salinity and sodicity as particular plant/crop stress factors, In: Handbook of Plant and Crop Stress, Fourth Edition, Eds: CRC press, p. 3-21.
- Plaschke, J., Ganai, M. ve Röder, M., 1995, Detection of genetic diversity in closely related bread wheat using microsatellite markers, *theoretical and Applied Genetics*, 91, 1001-1007.
- Poehlman, J. M., 1959, Breeding field crops. Henry holt and company, Inc. New York, 427.
- Richards, L. A., 1954, Diagnosis and improvement of saline and alkali soils, 60, US Government Printing Office, p.
- Rongwen, J., Akkaya, M., Bhagwat, A., Lavi, U. ve Cregan, P., 1995, The use of microsatellite DNA markers for soybean genotype identification, *Theoretical and Applied Genetics*, 90, 43-48.
- Sarı, D. S., 2009, Bor-toprak tuzluluğu ilişkisinin buğdayın gelişimi üzerine etkisi.
- Shabala, S. ve Munns, R., 2017, Salinity stress: physiological constraints and adaptive mechanisms, In: Plant stress physiology, Eds: Cabi Wallingford UK, p. 24-63.
- Siegel, S., Siegel, B., Massey, J., Lahne, P. ve Chen, J., 1980, Growth of corn in saline waters, *Physiologia plantarum*, 50 (1), 71-73.
- Singh, R. K. ve Chaudhary, B. D., 1981, Biometrical methods in quantitative genetic analysis, *Haryana Agric. Univ., Hissar, India*, x+304.
- Süslü, H., 2019, Tuza toleranslı Nax genleri için geliştirilen 3. geri melez makarnalık buğday popülasyonlarının fizyolojik taraması, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi*.
- Tamkoç, A., Hakkı, E. E. ve Akgün, N., 2018, Klasik ve Moleküler Islah Yöntemleri Kullanılarak Bazı Buğday Çeşitlerine Tuza Toleranslılık Genlerinin Aktarılması, *TÜBİTAK Proje no: 1003-214O072*.
- Taş, İ. ve Öztürk, A., 2011, Karaman-Ayrancı Tuzlu Alkali Topraklarının Islahında Jips Kullanımı, *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 14 (1), 1-15.
- Tayyar, Ş., 2005, Biga koşullarında yetiştirilen farklı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşit ve hatlarının verim ve bazı kalite özelliklerinin saptanması, *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 18 (3), 405-409.
- Torun, A. A., Gülmezoğlu, N., Tolay, İ., Duymuş, E., Aytaç, Z., Cenkseven, Ş. ve Torun, B., 2019, Çinko ve NaCl uygulamalarının makarnalık buğdayın

- (*Triticum durum* Desf.) kuru madde verimi ve besin elementi konsantrasyonları üzerine etkisi, *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 8 (1), 1-10.
- Tuna, A. L. ve Eroğlu, B., 2017, Tuz stresi altındaki biber (*Capsicum annuum* L.) bitkisinde bazı organik ve inorganik bileşiklerin antioksidatif sisteme etkileri, *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 32 (1), 121-131.
- Uauy, C., Distelfeld, A., Fahima, T., Blechl, A. ve Dubcovsky, J., 2006, A NAC gene regulating senescence improves grain protein, zinc, and iron content in wheat, *Science*, 314 (5803), 1298-1301.
- Van Hoorn, J., Katerji, N., Hamdy, A. ve Mastrorilli, M., 2001, Effect of salinity on yield and nitrogen uptake of four grain legumes and on biological nitrogen contribution from the soil, *Agricultural water management*, 51 (2), 87-98.
- Vishwakarma, M. K., Mishra, V. K., Gupta, P., Yadav, P., Kumar, H. ve Joshi, A. K., 2014, Introgression of the high grain protein gene Gpc-B1 in an elite wheat variety of Indo-Gangetic Plains through marker assisted backcross breeding, *Current Plant Biology*, 1, 60-67.
- Wright, A. F. ve Bailey, J. S., 2001, Organic carbon, total carbon, and total nitrogen determinations in soils of variable calcium carbonate contents using a Leco CN-2000 dry combustion analyzer, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32 (19-20), 3243-3258.
- Yakıt, S. ve Tuna, A. L., 2006, Tuz stresi altındaki mısır bitkisinde (*Zea mays* L.) stres parametreleri üzerine Ca, Mg ve K'nın etkileri, *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 19 (1), 59-67.
- Yıldırım, A., 2007, Moleküler genetik ders notları.
- Yıldırım, M., 2005, Seçilmiş altı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşidinin diallel fl melez döllerinde bazı tarımsal, fizyolojik ve kalite karakterlerinin kalıtımı üzerinde bir araştırma, *ÇÜ FBE TBAD Doktora Tezi, Adana*.
- Yorgancılar, M., Yakışır, E. ve Erkoyuncu, M. T., 2015, Moleküler Markörlerin Bitki Islahında Kullanımı, *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 4 (2), 1-12.
- Yossıf, A. M., Gökmen Yılmaz, F., Hamurcu, M. ve Gezgın, S., 2018, Tuz ve K-Humat Uygulamasına Farklı Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Çeşitlerinin Tepkileri, *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 32 (3), 312-320.

EKLER

Ek 1. (Kınacı x 5907) x Yecora Rojo melezlerindeki *Nax1* geni taramasına ait örnek bp tablosu

Result Table					
#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]	#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]
1	15	n/a	2	22	n/a
3	46	n/a	4	52	n/a
5	191	2.86	6	197	0.56
7	213	0.23	8	218	0.04
9	3000	n/a	Total		3.69

Result Table					
#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]	#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]
1	15	n/a	2	22	n/a
3	46	n/a	4	53	n/a
5	191	2.99	6	197	0.63
7	214	0.22	8	218	0.05
9	3000	n/a	Total		3.89

Result Table					
#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]	#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]
1	15	n/a	2	22	n/a
3	47	n/a	4	182	1.50
5	191	0.88	6	195	0.56
7	199	0.11	8	204	0.44
9	3000	n/a	Total		3.49

Ek 2. (Kınacı x 5907) x Yecora Rojo melezlerindeki *Gpc-B1* geni taramasına ait örnek bp tablosu

Result Table					
#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]	#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]
1	15	n/a	2	103	0.08
3	109	0.16	4	113	0.07
5	118	0.45	6	122	0.48
7	127	0.08	8	131	0.06
9	3000	n/a	Total		1.36

Result Table					
#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]	#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]
1	15	n/a	2	106	0.13
3	109	0.07	4	114	0.07
5	119	0.42	6	122	0.42
7	127	0.07	8	131	0.05
9	3000	n/a	Total		1.24

Result Table					
#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]	#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]
1	15	n/a	2	102	0.07
3	105	0.06	4	108	0.06
5	112	0.04	6	118	0.47
7	122	0.46	8	126	0.08
9	130	0.05	10	3000	n/a
Total		1.29			

Ek 3. (Kımacı x 5924) x Yecora Rojo melezlerindeki *Nax2* geni taramasına ait örnek bp tablosu

Result Table					
#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]	#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]
1	15	n/a	2	20	n/a
3	49	n/a	4	55	n/a
5	224	0.90	6	232	0.25
7	255	0.10	8	3000	n/a
Total		1.25			

Result Table					
#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]	#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]
1	15	n/a	2	20	n/a
3	50	n/a	4	55	n/a
5	59	n/a	6	64	n/a
7	224	0.99	8	257	0.11
9	3000	n/a	Total		1.11

Result Table					
#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]	#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]
1	15	n/a	2	21	n/a
3	49	n/a	4	56	n/a
5	65	n/a	6	224	0.56
7	232	0.15	8	256	0.06
9	3000	n/a	Total		0.77

Ek 4. (Kımacı x 5924) x Yecora Rojo melezlerindeki *Gpc-B1* geni taramasına ait örnek bp tablosu

Result Table					
#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]	#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]
1	15	n/a	2	103	0.08
3	109	0.16	4	113	0.07
5	118	0.45	6	122	0.48
7	127	0.08	8	131	0.06
9	3000	n/a	Total		1.36

Result Table					
#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]	#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]
1	15	n/a	2	106	0.13
3	109	0.07	4	114	0.07
5	119	0.42	6	122	0.42
7	127	0.07	8	131	0.05
9	3000	n/a	Total		1.24

Result Table					
#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]	#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]
1	15	n/a	2	102	0.07
3	105	0.06	4	108	0.06
5	112	0.04	6	118	0.47
7	122	0.46	8	126	0.08
9	130	0.05	10	3000	n/a
Total		1.29			

Ek 5. ((Kınacı x 5907) x Yecora Rojo) x ((Kınacı x 5924) x Yecora Rojo) melezlerindeki *Nax1* geni taramasına ait örnek bp tablosu

Result Table					
#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]	#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]
1	15	n/a	2	42	n/a
3	48	n/a	4	54	n/a
5	62	n/a	6	65	n/a
7	68	n/a	8	191	0.04
9	200	0.59	10	222	0.12
11	3000	n/a	Total		0.74

Result Table					
#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]	#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]
1	15	n/a	2	43	n/a
3	47	n/a	4	53	n/a
5	62	n/a	6	65	n/a
7	191	0.05	8	200	0.64
9	220	0.10	10	3000	n/a
Total		0.79			

Result Table					
#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]	#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]
1	15	n/a	2	21	n/a
3	47	n/a	4	61	n/a
5	186	1.30	6	191	0.18
7	198	0.98	8	209	0.36
9	3000	n/a	Total		2.82

Ek 6. ((Kınacı x 5907) x Yecora Rojo) x ((Kınacı x 5924) x Yecora Rojo) melezlerindeki *Nax2* geni taramasına ait örnek bp tablosu

Result Table					
#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]	#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]
1	15	n/a	2	19	n/a
3	22	n/a	4	26	n/a
5	41	n/a	6	46	n/a
7	50	n/a	8	58	n/a
9	224	0.48	10	232	0.20
11	3000	n/a	Total		0.68

Result Table					
#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]	#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]
1	15	n/a	2	19	n/a
3	22	n/a	4	26	n/a
5	41	n/a	6	46	n/a
7	50	n/a	8	58	n/a
9	224	0.48	10	232	0.20
11	3000	n/a	Total		0.68

Result Table					
#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]	#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]
1	15	n/a	2	20	n/a
3	49	n/a	4	55	n/a
5	224	0.90	6	232	0.25
7	255	0.10	8	3000	n/a
Total		1.25			

Ek 7. ((Kınacı x 5907) x Yecora Rojo) x ((Kınacı x 5924) x Yecora Rojo) melezlerindeki *Gpc-B1* geni taramasına ait örnek bp tablosu

Result Table			
#	Size [bp]	#	Size [bp]
1	15	2	18
3	21	4	26
5	107	6	112
7	115	8	119
9	122	10	130
11	134	12	139
13	143	14	160
15	171	16	177
17	187	18	193
19	3000		

Result Table			
#	Size [bp]	#	Size [bp]
1	15	2	18
3	21	4	107
5	111	6	115
7	122	8	129
9	133	10	139
11	143	12	149
13	160	14	171
15	176	16	187
17	192	18	2915
19	3000		

Result Table					
#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]	#	Size [bp]	Conc. [ng/μl]
1	15	n/a	2	18	n/a
3	22	n/a	4	51	n/a
5	61	n/a	6	101	0.05
7	104	0.19	8	109	0.07
9	112	0.05	10	115	0.06
11	122	0.52	12	126	0.45
13	130	0.19	14	135	0.17
15	142	0.06	16	152	0.48
17	162	0.05	18	167	0.30
19	176	0.06	20	182	0.15
21	3000	n/a	Total		2.86