



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

DOKTORA PROGRAMI

**TUZ STRESİ VE ALKALİ KOŞULLARDA FARKLI ANAÇLAR
ÜZERİNE AŞILAMANIN PATLICANDA VERİM, KALİTE VE
BİYOKİMYASAL İÇERİĞE ETKİSİ**

DOKTORA TEZİ

Emine POLAT

Danışman: Prof.Dr. Naif GEBOLOĞLU

TOKAT- 2025



Bu tez çalışması;

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından 2024/17 nolu proje ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 124O289 nolu proje ile 1002 Hızlı Destek Programı kapsamında desteklenmiş; ayrıca YÖK 100/2000 Öncelikli Alanlar “Sürdürülebilir Tarım” programı kapsamında burs ve maddi destek sağlanmıştır.

ETİK SÖZLEŐME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof.Dr. Naif GEBOLOĞLU danıŐmanlıđında hazırlamıŐ olduğum “Tuz Stresi ve Alkali Koşullarda Farklı AnaÇlar Üzerine AŞılamanın Patlıcanda Verim, Kalite ve Biyokimyasal İeriğe Etkisi” adlı Doktora tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

08/10/2025

Emine POLAT

JÜRİ KABUL VE ONAY

Emine POLAT tarafından hazırlanan “**Tuz Stresi ve Alkali Koşullarda Farklı Anaçlar Üzerine Aşılamanın Patlıcanda Verim, Kalite ve Biyokimyasal İçeriğe Etkisi**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 02/10/2025 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı’nda Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmzası

Üye (Başkan): Prof.Dr. Naif GEBOLOĞLU

Üye: Prof.Dr. Haluk ÇAĞLAR KAYMAK

Üye: Prof.Dr. Şebnem KUŞVURAN

Üye: Prof.Dr. Onur SARAÇOĞLU

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Ayşegül DURUKAN KUM

ONAY

...../...../.....

Lisansüstü Eğitim Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

“Tuz Stresi ve Alkali Koşullarda Farklı Anaçlar Üzerine Aşılamanın Patlıcanda Verim, Kalite ve Biyokimyasal İçeriğe Etkisi” başlıklı doktora tezimin yürütülmesi sürecinde, bilgi birikimi, engin tecrübeleri ve yol gösterici vizyonuyla bana her zaman rehberlik eden; akademik desteğinin yanı sıra insani değerleriyle de varlığını hissettiren, sabrı ve anlayışıyla güven vererek bu zorlu süreçte bana ışık tutan değerli danışmanım Sayın Prof. Dr. Naif GEBOLOĞLU’na şükranlarımı sunarım.

Çalışmamın her aşamasında yanımda olan, titiz akademik yaklaşımının yanı sıra içten desteğiyle de beni cesaretlendiren hem tezimdeki gözlem ve analizlere yaptığı değerli katkılar hem de moral ve motivasyon desteğiyle tezimin şekillenmesinde büyük emeği bulunan saygıdeğer hocam Dr. Öğr. Üyesi Ayşegül DURUKAN KUM’a en içten teşekkürlerimi iletirim.

Tez izleme komitemde yer alarak fikirleri ve önerileriyle çalışmamı daha nitelikli hale getiren kıymetli hocalarıma teşekkür ederim.

Denemelerimin farklı aşamalarında özverili katkılarını gördüğüm TOĞÜ MTAL öğrencilerine, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü öğrencilerine ve TOĞÜ Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi personellerine teşekkür ederim. Deneme sürecinde teknik bilgisini ve desteğini esirgemeyen Zir. Müh. Ahmet Jamaal YUSUF’a ayrıca teşekkür ederim.

Doktora sürecim boyunca her zaman yanımda olan, sevgisini ve manevi desteğini esirgemeyen aileme; zor zamanlarımda yanımda olarak moral ve motivasyon kaynağı olan değerli arkadaşlarım Dr. Esra Nur GÜL, Zir. Yük. Müh. Şükran BORAN, Dyt. Aybüke ERDOĞAN ve Uzm. Hem Narin Betül ÖZTÜRK’e gönülden teşekkür ederim.

Çalışmamda kullanılan anaç ve kalemlerin aşılanarak fide haline getirilmesini sağlayan, Samsun ili Bafra ilçesinde faaliyet gösteren UNITED GENETICS TÜRKİYE fide firmasına desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Bir kadın olarak bilimin içinde yer alma yolculuğumda, bizlere bu imkânı sağlayan, “Kadınlara sosyal hayatta ve bilimde eşit haklar” ilkesiyle yolumuzu aydınlatan Ulu Önder Gazi Mustafa Kemal ATATÜRK’e saygı ve minnetlerimi sunarım.

“Tez çalışmamın, emekleriyle toprağı işleyerek üretimin ve hayatın devamlılığını sağlamada ilk adımı üstlenen çiftçilerimize, ülkemiz tarımına ve dünya bilimine katkılar sağlamasını içtenlikle temenni ederim”.

Tokat, 2025

Emine POLAT



Doktora tez çalışmamı çocukluk yıllarımdan ilk oyun arkadaşı, en eksik yanımda ve her daim kalbimde yaşayacak olan, canım kardeşim **Ömer Faruk POLAT**'a ithaf ediyorum.

ÖZET

TUZ STRESİ VE ALKALİ KOŞULLARDA FARKLI ANAÇLAR ÜZERİNE AŞILAMANIN PATLICANDA VERİM, KALİTE VE BİYOKİMYASAL İÇERİĞE ETKİSİ

Polat, Emine

Doktora, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Naif GEBOLOĞLU

Ekim, 2025 286 sayfa

Bu çalışma, patlicanda aşılamanın tuz ve alkali stresi koşullarındaki etkilerini belirlemek amacıyla 15 Nisan–1 Aralık 2025 tarihleri arasında serada topraksız tarım koşullarında yürütülmüştür. Denemede sekiz farklı patlıcan anacı (AG38R F₁, AGR 703 F₁, Boğaç F₁, Kingkong F₁, Hercules, Hikyaku F₁, Yula F₁, Hawk) ile ticari kültür çeşidi Anamur RZ F₁ kullanılmıştır. Aşısız ve kendi üzerine aşıli bitkiler kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. Tuz stresi denemesinde kontrol uygulaması (NaCl 0) dışında 25 ve 50 mM NaCl dozları, alkali stresi denemesinde kontrol uygulaması (pH 6,5) dışında pH 8,1 ortamı denenmiştir. Çalışmada tuz kaynağı olarak %99 saflıkta NaCl, alkali koşulları oluşturmak için %99 saflıkta NaHCO₃ kullanılmıştır. Her iki stres denemesi, bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü kurulmuştur. Deneme süresince bitkilere modifiye edilmiş Hoagland besin çözeltisi uygulanmıştır. Çalışma kapsamında bitki boyu, gövde çapı, biyomas, yaprak indeksi içeriği, fizyolojik bozukluk, makro ve mikro besin elementi içerikleri, antioksidan enzim aktiviteleri (SOD, CAT, APX), MDA, H₂O₂ ve prolin düzeyleri incelenmiştir.

Tuz stresi pazarlanabilir verimi önemli düzeyde azaltmış, kontrol ortamında 192,16 t/ha olan verim 25 ve 50 mM NaCl uygulamalarında sırasıyla 130,67 ve 95,69 t/ha olmuştur. Benzer durum erkenci verimde de yaşanmıştır. Meyve ağırlığı, gövde çapı, bitki boyu ve biyomas da tuz stresine bağlı olarak azalmış, kontrol ortamında 34,48 kg/bitki olan biyomas 50 mM NaCl ortamında 20,07 kg/bitki'ye gerilemiştir. Ayrıca, bazı anaçlar klorofil içeriğini ve kalite parametrelerini daha iyi korumuştur. Tuz stresine bağlı olarak bitki boyu 4,66 m'den 3,32 m'ye düşmüştür. Yaprak klorofil indeksi (SPAD) ise 53,97-55,54 arasında değişmiştir. Tuz stresi patlıcan yapraklarında antioksidan enzim aktivitelerini önemli ölçüde artırmıştır. SOD 130,35 U/g'dan 365,35 U/g'a (%180 artış), CAT 278,91 µM'den 537,73 µM'a (%92,7 artış), APX 3,62 µM/dk/mg'dan 6,68 µM/dk/mg'a (%84,6 artış), MDA 4,34 µM/g'dan 10,69 µM/g'a yükselmiştir. Makro ve mikro besin elementlerinin alımı tuz stresine bağlı olarak önemli düzeyde azalırken aşılama ile bu etki önemli ölçüde sınırlanmıştır. Na birikimi ise artmış, ancak aşılama Na alımını sınırlandırmıştır. Stres uygulamaları aynı zamanda önemli fizyolojik bozukluklara yol açmış, buda kalite kayıplarına ve verimde ciddi kayıplara neden olmuştur.

Alkali stres pazarlanabilir verimde önemli azalışlara neden olmuş, kontrol ortamında 215,21 t/ha olan verim alkali koşullarda ortalama %26 azalarak 158,22 t/ha düzeyine inmiştir. Erkenci verimde %54'lük düşüş, meyve sayısında %28 azalma ve meyve ağırlığında %9,6 gerileme kaydedilmiştir. Bitki boyu %16,5 azalarak 4,03 m'ye, gövde

çapı ve biyomas sırasıyla %14,2 ve %26,5 oranlarında düşüş göstermiştir. Biyomas kontrol ortamında 33,30 kg/bitki iken alkali ortamda 24,49 kg/bitki'ye gerilemiştir. Alkali stres, patlıcan yapraklarında antioksidan savunma sistemlerini aktive etmiş; SOD aktivitesi %119,1, CAT %67,4 ve APX %70'in üzerinde artmıştır. MDA içeriği %79,7 oranında artarken, prolin %127,2, H₂O₂ ise %71,2 yükselmiştir. Bu durum, alkali stresin oksidatif stres yükünü artırdığını göstermektedir. Makro besin elementleri (P, K, Ca, Mg) ve mikro besin elementleri (Fe, Cu, Zn, B, Mn) alkali stres altında anlamlı düzeyde azalmıştır. Buna karşın aşılama ile besin alımındaki azalma sınırlandırılmış, yapraklardaki Na birikimi azaltılmış, K/Na ve Ca/Na oranları daha dengeli seyretmiştir. Alkali stres, meyve kabuk rengi bozukluğu, kabarma, tohumlu meyve ve çiçek burnu çürüklüğü gibi fizyolojik bozuklukları artırmıştır. Bu bozukluk oranları %4–5 düzeylerinden %9–12'ye kadar çıkmıştır. Aşılama, bu bozuklukların şiddetini azaltmada etkili olmuş, kalite kayıplarını sınırlamıştır.

Anaçlar üzerinde yürütülen çalışmada tuz ve alkali stresi büyüme parametrelerini önemli düzeyde azaltmış, tuz stresinde bitki boyu %30, gövde çapı %25, biyomas %35 azalma meydana gelirken, alkali stresinde de benzer baskılayıcı etki görülmüştür. Stres koşullarında bazı anaçlar %15–20 daha az kayıp yaşarken, duyarlı anaçlarda %40'a varan kayıplar kaydedilmiştir. Potasyum ve fosfor alımı %20–30 oranında azalmış, tolerant anaçlar bu kayıpları %10–15 düzeyinde sınırlayabilmiştir. Benzer durum mikro besin elementlerinde de gözlenmiş, tuz stresine bağlı olarak Fe içeriği %35,1, Cu %27,8, Zn %39,8 ve B %27,3 oranlarında azalmıştır. Alkali stres de benzer şekilde element içeriklerini düşürmüştür. Stres koşullarında anaç yapraklarda prolin içeriği tuz stresinde %142, alkali stresinde %105 oranında artmıştır. Benzer şekilde stres koşullarında H₂O₂ düzeyinde %157, MDA birikiminde %171 artış meydana gelmiştir. Antioksidan savunma sistemleri stresle birlikte aktive olmuş, SOD %213, CAT %85 ve APX %100 artış göstermiştir.

Çalışmada tuz ve alkali stresi incelenen parametrelerin tümünde kayıplara yol açarken, aşılama ile bu kayıplar önemli düzeyde azaltılmış, özellikle *S. torvum* orijinli Hawk ve Hercules anaçları ile Boğaç F₁, AG38R F₁ anaçları tuz ve alkali stresine karşı önemli düzeyde koruma sağlamıştır. Domates anacı olan KingKong F₁ aşı uyuşmasında yaşanan sorunlar nedeniyle etkili olmazken, Yula F₁ anacı da en zayıf anaç olmuştur. Aşısız ve kendi üzerine aşıltı bitkiler KingKong F₁ ve Yula F₁ anaçları gibi en zayıf uygulamalar olmuştur. Sonuç olarak, bu çalışmada tuz ve alkali stresinin patlıcanda bitki gelişimi, verim, fizyolojik ve biyokimyasal parametrelerde önemli kayıplara yol açtığını, ancak tolerant anaçlar üzerine aşılanmanın bu olumsuz etkileri önemli ölçüde azaltarak tuz ve alkali stresine karşı toleransın artırılmasında etkili bir strateji olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Alkali stresi, Anaç, Aşılama, Enzim aktivitesi, Patlıcan, Sürdürülebilir tarım, Tuz stresi

ABSTRACT

EFFECT OF GRAFTING ON DIFFERENT ROOTSTOCKS ON YIELD, QUALITY AND BIOCHEMICAL CONTENT OF EGGPLANT UNDER SALT STRESS AND ALKALINE CONDITIONS

Polat, Emine

Doctorate, Horticulture Department

Advisor: Prof.Dr. Naif GEBOLOĞLU

October, 2025 + 286 pages

This study was conducted in a greenhouse under soilless conditions between April 15 and December 1, 2025, to determine the effects of grafting on eggplant under salt and alkaline stress conditions. Eight different eggplant rootstocks (AG38R F₁, AGR 703 F₁, Boğaç F₁, Kingkong F₁, Hercules, Hikyaku F₁, Yula F₁, and Hawk) and the commercial cultivar Anamur RZ F₁ were used as plant material in the experiment. Non-grafted and self-grafted plants were evaluated as control groups. In the salt stress experiment, 25 and 50 mM NaCl doses were used in addition to the control treatment (0 mM NaCl). In the alkaline stress experiment, a pH level of 8.1 was tested alongside the control treatment (pH 6.5). NaCl (99% purity) and NaHCO₃ (99% purity) were used to induce salt and alkaline conditions, respectively. Both trials were established in a randomized split-plot design with three replications. During the experiment, plants were supplied with a modified Hoagland nutrient solution. Parameters assessed included such as plant height, stem diameter, biomass, leaf chlorophyll index (SPAD), physiological disorders, macro and micronutrient contents, antioxidant enzyme activities (SOD, CAT, APX), MDA, H₂O₂, and proline levels.

Salt stress significantly reduced marketable yield, decreasing from 192.16 t/ha under control conditions to 130.67 and 95.69 t/ha under 25 and 50 mM NaCl, respectively. A similar trend was observed in early yield. Fruit weight, stem diameter, plant height, and biomass also decreased due to salt stress with plant biomass declining from 34.48 kg/plant (control) to 20.07 kg/plant under 50 mM NaCl. Additionally, some rootstocks better maintained chlorophyll content and quality parameters. Plant height decreased from 4.66 m to 3.32 m under salt stress, and the SPAD values ranged between 53.97 and 55.54. Salt stress significantly increased antioxidant enzyme activities in eggplant leaves: SOD rose from 130.35 U/g to 365.35 U/g (180% increase), CAT from 278.91 μ M to 537.73 μ M (92.7% increase), and APX from 3.62 μ M/min/mg to 6.68 μ M/min/mg (84.6% increase). MDA increased from 4.34 μ M/g to 10.69 μ M/g. While salt stress significantly reduced the uptake of macro and micronutrients, grafting largely mitigated this effect. Sodium accumulation increased under salt stress, but was restricted in grafted plants. Stress conditions also led to notable physiological disorders, resulting in significant quality losses and yield reductions.

Alkaline stress also caused substantial reductions in marketable yield, decreasing from 215.21 t/ha (control) to an average of 158.22 t/ha under alkaline conditions (a 26%

reduction). A 54% decline in early yield, 28% reduction in fruit number, and 9.6% decrease in fruit weight were recorded. Plant height decreased by 16.5% to 4.03 m, and stem diameter and biomass decreased by 14.2% and 26.5%, respectively. Biomass declined from 33.30 kg/plant (control) to 24.49 kg/plant under alkaline conditions. Alkaline stress activated antioxidant defense systems in eggplant leaves, increasing SOD activity by 119.1%, CAT by 67.4%, and APX by over 70%. MDA content increased by 79.7%, proline by 127.2%, and H₂O₂ by 71.2%, indicating elevated oxidative stress. The uptake of macro nutrients (P, K, Ca, Mg) and micronutrients (Fe, Cu, Zn, B, Mn) was significantly reduced under alkaline stress. However, grafting mitigated these reductions, reduced Na accumulation in leaves, and stabilized K/Na and Ca/Na ratios. Alkaline stress also increased physiological disorders such as skin discoloration, blistering, seeded fruit formation, and blossom-end rot, with incidence rising from 4–5% to 9–12%. Grafting was effective in reducing the severity of these disorders and limiting quality losses.

The study showed that salt and alkaline stresses significantly reduced growth parameters of rootstocks. Under salt stress, plant height, stem diameter, and biomass decreased by 30%, 25%, and 35%, respectively, while similar suppressive effects were observed under alkaline stress. Some rootstocks experienced 15–20% fewer losses under stress, while sensitive rootstocks exhibited losses up to 40%. Potassium and phosphorus uptake decreased by 20–30%, whereas tolerant rootstocks limited these losses to 10–15%. A similar trend was observed for micronutrients; under salt stress, Fe content decreased by 35.1%, Cu by 27.8%, Zn by 39.8%, and B by 27.3%. Alkaline stress caused similar reductions. Under stress conditions, proline content in rootstock leaves increased by 142% (salt) and 105% (alkaline). Similarly, H₂O₂ levels increased by 157% and MDA accumulation by 171%. Antioxidant defense systems were activated under stress, with increases of 213% in SOD, 85% in CAT, and 100% in APX activities.

While salt and alkaline stresses caused losses in all evaluated parameters, these losses were significantly reduced by grafting. In particular, rootstocks derived from *S. torvum*, such as Hawk and Hercules, as well as Boğaç F₁ and AG38R F₁, provided substantial protection against salt and alkaline stress. The tomato rootstock KingKong F₁ was ineffective due to graft incompatibility, and Yula F₁ was identified as the weakest rootstock. Non-grafted and self-grafted plants, as well as KingKong F₁ and Yula F₁, were among the least effective treatments. In conclusion, this study demonstrated that salt and alkaline stress cause significant reductions in growth, yield, physiological, and biochemical parameters in eggplant. However, grafting onto tolerant rootstocks was found to be an effective strategy to mitigate these negative effects and enhance tolerance to salt and alkaline stress.

Keywords: Alkali stress, Rootstock, Grafting, Enzyme activity, Eggplant, Sustainable Agriculture, Salt stress.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ETİK SÖZLEŞMESİ.....	ii
JÜRİ KABUL VE ONAY.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET	vi
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	x
ÇİZELGE LİSTESİ	xv
ŞEKİL LİSTESİ	xvi
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ	xix
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ	6
2.1. Patlıcanın Anavatanı, Sistematiği, Yayılışı ve Ekonomik Önemi	6
2.2. Patlıcanda Biyotik ve Abiyotik Stres Faktörleri	9
2.3. Tuzluluk.....	10
2.3.1. Bitkilerde tuz stresine karşı savunma mekanizmaları	13
2.3.2. Tuz toleransını artırmaya yönelik bitki ıslah stratejileri	14
2.4. Alkalinite	15
2.5. İklim Değişikliğinin Toprak Tuzluluğu ve Alkaliliğine Etkisi	17
2.6. Sebzelerde Aşılamanın Amacı ve Önemi	19
2.7. Aşılamanın Tarihsel Gelişimi	20
2.8. Aşılama Anaç ve Kalem İnteraksiyonu	24
2.9. Sebzelerde Aşılamanın Abiyotik Stres Faktörlerine Karşı Kullanılması	26
2.9.1. Sıcaklık stresi	26
2.9.2. Tuzluluk stresi	28
2.9.3. Ağır metal ve iz element toksisitesi	30
2.9.4. Kuraklık stresi	32
2.10. Aşılamanın Biyotik Stres Faktörlerine Karşı Kullanılması	35
2.11. Aşılamanın Verim ve Kalite Üzerine Etkisi	38
2.11.1. Verime etkisi	39

2.11.2. Kaliteye etkisi	40
2.12. Patlıcanda Aşılamanın Amacı ve Önemi	43
2.13. Patlıcanda Aşılamanın Tuz Stresine Etkisi	46
2.14. Patlıcanda Aşılamanın Alkali Stresine Etkisi	51
2.15. Çalışmanın Amacı ve Önemi.....	54
3. MATERYAL VE YÖNTEM	55
3.1. Materyal	55
3.2. Yöntem.....	58
3.2.1. Tuz stresi uygulamaları.....	59
3.2.2. Alkali stresi uygulamaları.....	60
3.2.3. Yetiştirme tekniği ve hasat.....	60
3.3. Gözlem ve Analizler.....	62
3.3.1. Anaç denemesinde yapılan gözlemler.....	63
3.3.2. Pazarlanabilir verim.....	63
3.3.3. Iskarta verim.....	63
3.3.4. Ortalama meyve ağırlığı.....	63
3.3.5. Bitki boyu (cm) ve gövde çapı (mm)	64
3.3.6. Biyomas (kg/bitki)	64
3.3.7. Yaprak ve meyve kuru madde miktarı (%).....	64
3.3.8. Suda çözünebilir kuru madde (SÇKM-Brix) (%).....	65
3.3.9. Elektriksel iletkenlik (EC) (dS/m)	65
3.3.10. pH.....	65
3.3.11. Titre edilebilir asit miktarı (Titrasyon Asitliği) (%).....	65
3.3.12. Yaprak klorofil indeksi (SPAD).....	66
3.3.13. Meyve eti sertliği (N).....	66
3.3.14. Meyve kabuk rengi ve yaprak rengi	66
3.3.15. Yapraklarda besin elementi analizleri.....	66
3.3.16. Lipid peroksidasyon (Malondialdehit, MDA) tayini ($\mu\text{mol/g/FW}$).....	67
3.3.17. Yaprakta hidrojen peroksit (H_2O_2) tayini ($\mu\text{mol g}^{-1}$ T.A).....	68
3.3.18. Prolin Tayini ($\mu\text{mol prolin/g FW}$).....	68
3.3.19. Spektrofotometrik enzim aktiviteleri tayini	69

3.3.20. Fizyolojik bozukluklar.....	73
3.4. Deneme deseni ve verilerin analizi.....	74
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	75
4.1. Patlıcanda Tuz Stresi Koşullarında Aşılamanın Etkileri	75
4.1.1. Tuz stresi koşullarında aşılamanın patlıcanda verim parametrelerine etkisi	75
4.1.2. Tuz stresi ve aşılamanın bitki boyu, gövde çapı ve biyomas üzerine etkisi	88
4.1.3. Tuz stresi ve aşılamanın yaprak ve meyve kuru madde miktarına etkisi	95
4.1.4. Tuz stresi ve aşılamanın meyve biyokimyasal özelliklerine etkisi	97
4.1.5. Tuz stresi ve aşılamanın meyve eti sertliğine etkisi	106
4.1.6. Tuz stresi ve aşılamanın yaprak klorofil indeksi üzerine etkisi.....	108
4.1.7. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcan yapraklarında antioksidan enzim aktivitesine etkisi	111
4.1.8. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcan yapraklarında malondialdehit (MDA) düzeyine etkisi ($\mu\text{M/g FW}$)	119
4.1.9. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcan yapraklarında prolin içeriğine etkisi	121
4.1.10. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcan yapraklarında hidrojen peroksit (H_2O_2) düzeyine etkisi ($\mu\text{M/g FW}$)	123
4.1.11. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcan yapraklarında makro besin elementi içeriğine etkisi	127
4.1.12. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcan yapraklarında sodyum (Na) içeriği (mg/100g) ve K/Na ile Ca/Na oranlarına etkisi	133
4.1.13. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcan yapraklarında mikro besin elementi içeriğine etkisi	139
4.1.14. Tuz stresi koşullarında aşılamanın patlıcan meyvelerinde fizyolojik bozukluklara etkisi	144
4.1.15. Tuz stresi ve aşılamanın meyve kabuk rengi parametrelerine etkisi....	150
4.1.16. Tuz stresi ve aşılamanın yaprak renk parametrelerine etkisi	156
4.2. Patlıcanda Alkali Stresi Koşullarında Aşılamanın Etkileri	159
4.2.1. Alkali stresi koşullarında aşılamanın patlıcanda verim parametrelerine etkisi	159
4.2.2. Alkali stresi ve aşılamanın bitki boyu, gövde çapı ve biyomas üzerin etkisi	167

4.2.3.	Alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda yaprak ve meyve kuru madde miktarına etkisi	172
4.2.4.	Alkali stresi ve aşılamanın meyve biyokimyasal özelliklerine etkisi..	175
4.2.5.	Alkali stresi ve aşılamanın meyve eti sertliğine etkisi	179
4.2.6.	Alkali stresi ve aşılamanın yaprak klorofil indeksi üzerine etkisi.....	180
4.2.7.	Alkali stresi ve aşılamanın patlıcan yapraklarında antioksidan enzim aktivitesine etkisi (U/g/FW)	182
4.2.8.	Alkali stresi ve aşılamanın malondialdehit düzeyine etkisi	187
4.2.9.	Alkali stresi ve aşılamanın prolin içeriğine etkisi	188
4.2.10.	Alkali stresi ve aşılamanın hidrojen peroksit düzeyine etkisi	189
4.2.11.	Alkali stresi ve aşılamanın patlıcan yapraklarında makro besin elementi içeriğine etkisi	191
4.2.12.	Alkali stresi ve aşılamanın patlıcan yapraklarında sodyum (Na) içeriği (mg/100g) ve K/Na ile Ca/Na oranlarına etkisi	197
4.2.13.	Alkali stresi ve aşılamanın patlıcan yapraklarında mikro besin elementi içeriğine etkisi	201
4.2.14.	Alkali stresi koşullarında aşılamanın patlıcan meyvelerinde fizyolojik bozukluklara etkisi	206
4.2.15.	Alkali stresi ve aşılamanın meyve kabuk rengi parametrelerine etkisi...	211
4.2.16.	Alkali stresi ve aşılamanın yaprak renk parametrelerine etkisi.....	215
4.3.	Tuz Stresi ve Alkali Uygulamalarının Anaçlar Üzerindeki Etkileri	219
4.3.1.	Bitki boyu	219
4.3.2.	Gövde çapı etkisi (mm)	220
4.3.3.	Biyomas (kg/bitki)	221
4.3.4.	Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarında makro besin elementi içeriğine etkisi	223
4.3.5.	Tuz stresi ve alkali uygulamalarının Na içeriği ile K/Na ve Ca/Na oranlarına etkisi	229
4.3.6.	Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarının mikro besin elementleri içeriğine etkisi	232
4.3.7.	Tuz stresi ve alkali uygulamalarının yaprak kuru madde miktarı, pH ve EC üzerine etkisi	237
4.3.8.	Tuz stresi ve alkali uygulamalarının yaprak klorofil indeksi (SPAD) ve renk parametrelerine etkisi	242
4.3.9.	Tuz stresi ve aşılamanın prolin içeriğine etkisi	246
4.3.10.	Tuz stresi ve aşılamanın hidrojen peroksit düzeyine etkisi	248

4.3.11. Tuz stresi ve aşılamanın malondialdehit düzeyine etkisi	249
4.3.12. Stres uygulamalarının anaçların antioksidan enzim aktivitesine etkisi.....	251
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	256
6. KAYNAKLAR	267
ÖZGEÇMİŞ.....	287



ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Önemli patlıcan üreticisi ülkeler ve üretim parametreleri	9
Çizelge 2.2. Türkiye’de önemli patlıcan üreticisi iller ve üretim durumları	9
Çizelge 3.1. Denemede kullanılan anaçlar ve özellikleri.....	57
Çizelge 3.2. Modifiye besin solüsyonunda kullanılan besin elementleri ve miktarları.....	59
Çizelge 4.1. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda pazarlanabilir verim parametrelerine etkisi	86
Çizelge 4.2. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda ıskarta verim parametrelerine etkisi.....	87
Çizelge 4.3. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda bitki boyu, gövde çapı ve biyomas üzerine etkisi	94
Çizelge 4.4. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda yaprak ve meyve kuru madde miktarına etkisi	98
Çizelge 4.5. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda meyve biyokimyasal içeriğine etkisi.....	105
Çizelge 4.6. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcan yapraklarında makro besin elementi içeriğine etkisi (mg/100 g, D.W.)	132
Çizelge 4.7. Tuz stresi koşullarında aşılamanın patlıcan yapraklarında mikro besin elementi içeriğine etkisi (mg/kg D.W.)	143
Çizelge 4.8. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda pazarlanabilir verim parametrelerine etkisi	165
Çizelge 4.9. Alkali stresi ve aşılamanın ıskarta verim parametrelerine etkisi.....	166
Çizelge 4.10. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda bitki boyu, gövde çapı ve biyomas üzerine etkisi	171
Çizelge 4.11. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda yaprak ve meyve kuru madde miktarına etkisi	174
Çizelge 4.12. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda meyve biyokimyasal içeriğine etkisi.....	178
Çizelge 4.13. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcan yapraklarında makro besin elementi içeriğine etkisi (mg/100g D.W.)	196
Çizelge 4.14. Alkali stresi koşullarında aşılamanın patlıcan yapraklarında mikro besin elementi içeriğine etkisi (mg/kg D.W.)	205

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1. Seradan genel görünüm, otomasyon, sulama ve uygulama tankları.....	56
Şekil 3.2. Anamur RZ F1 patlıcan çeşidinin bitki ve meyve görünümü.....	58
Şekil 3.3. Bitkilerin dikimi ve askıya alınmış görünümleri.....	61
Şekil 3.4. Ölçüm ve gözlem aşamalarından görünümler.....	67
Şekil 3.5. H ₂ O ₂ standart eğri grafiği.....	69
Şekil 3.6. Prolin standart eğri grafiği.....	69
Şekil 3.7. Yaprak örneklerinin besin elementi analizi için hazırlanması.....	71
Şekil 3.8. Antioksidan enzim ile H ₂ O ₂ , MDA ve prolin analizlerinden görünümler..	72
Şekil 3.9. Meyvelerde fizyolojik bozukluklar.....	73
Şekil 4.1. Tuz stresi koşullarında aşılamanın patlıcanda meyve eti sertliğine etkisi.....	108
Şekil 4.2. Tuz stresi koşullarında aşılamanın patlıcanda klorofil indeksine etkisi....	111
Şekil 4.3. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda SOD aktivitesine etkisi	118
Şekil 4.4. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda CAT aktivitesine etkisi	118
Şekil 4.5. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda APX aktivitesine etkisi	118
Şekil 4.6. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda MDA düzeyine etkisi	121
Şekil 4.7. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda prolin içeriğine.....	126
Şekil 4.8. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda H ₂ O ₂ içeriğine etkisi	126
Şekil 4.9. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda sodyum birikimine etkisi	138
Şekil 4.10. Tuz stresi ve anaçlara göre patlıcan yapraklarının K/Na oranı	138
Şekil 4.11. Tuz stresi ve anaçlara göre patlıcan yapraklarının Ca/Na oranı	138
Şekil 4.12. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcan meyvelerinde renk bozulmasına etkisi .	149
Şekil 4.13. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcan meyvelerinde kabarma üzerine etkisi ..	149
Şekil 4.14. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda tohumlu meyve oluşumuna etkisi	150
Şekil 4.15. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda çiçek burnu çürüklüğüne etkisi	150
Şekil 4.16. Tuz stresi ve aşılamanın meyve kabuk rengi açıklığına (L*) etkisi	155
Şekil 4.17. Tuz stresi ve aşılamanın meyve renk doygunluğuna (Croma) etkisi	155
Şekil 4.18. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda meyve renk tonu üzerine etkisi.....	155
Şekil 4.19. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda yaprak renk açıklığına etkisi	158
Şekil 4.20. Tuz stresi ve aşılamanın yaprak renk doygunluğu üzerine etkisi	159

Şekil 4.21. Tuz stresi ve aşılamanın yaprak renk tonu (Hue°) üzerine etkisi	159
Şekil 4.22. Alkali stresi koşullarında aşılamanın meyve eti sertliğine etkisi	180
Şekil 4.23. Alkali stresi koşullarında aşılamanın yaprak klorofil indeksine etkisi.....	182
Şekil 4.24. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda SOD aktivitesine etkisi	186
Şekil 4.25. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda CAT aktivitesine etkisi	186
Şekil 4.26. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda APX aktivitesine etkisi	186
Şekil 4.27. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda MDA düzeyine etkisi	188
Şekil 4.28. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda prolin içeriğine etkisi.....	189
Şekil 4.29. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda H ₂ O ₂ içeriğine etkisi	191
Şekil 4.30. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda sodyum birikimine etkisi.....	200
Şekil 4.31. Tuz stresi ve anaçlara göre patlıcan yapraklarının K/Na oranı	201
Şekil 4.32. Tuz stresi ve anaçlara göre patlıcan yapraklarının Ca/Na oranı.....	201
Şekil 4.33. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcan meyvesinde renk bozulmasına etkisi	209
Şekil 4.34. Alkali stresi ve aşılamanın meyvelerinde kabarma üzerine etkisi.....	210
Şekil 4.35. Alkali stresi ve aşılamanın tohumlu meyve oluşumu oranına etkisi.....	210
Şekil 4.36. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda çiçek burnu çürüklüğüne etkisi	210
Şekil 4.37. Alkali stresi ve aşılamanın meyve kabuk rengi açıklığına (L*) etkisi	214
Şekil 4.38. Alkali stresi ve aşılamanın meyve renk doygunluğuna (Croma) etkisi	214
Şekil 4.39. Alkali stresi ve aşılamanın meyve renk tonu (Hue) üzerine etkisi	215
Şekil 4.40. Alkali stresi ve aşılamanın yaprak renk açıklığına (L*) etkisi	218
Şekil 4.41. Alkali stresi ve aşılamanın yaprak renk doygunluğuna (Croma) etkisi	218
Şekil 4.42. Alkali stresi ve aşılamanın yaprak renk tonu (Hueo) üzerine etkisi	218
Şekil 4.43. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaçların bitki boyuna etkisi	220
Şekil 4.44. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaçların gövde çapına etkisi	221
Şekil 4.45. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaçların biyoması üzerine etkisi....	222
Şekil 4.46. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarının potasyum (K) içeriğine etkisi	227
Şekil 4.47. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarının fosfor (P) içeriğine etkisi	228
Şekil 4.48. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarının kalsiyum (Ca) içeriğine etkisi	228
Şekil 4.49. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarının magnezyum (Mg) içeriğine etkisi	228

Şekil 4.50. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarında sodyum (Na) birikimine etkisi	231
Şekil 4.51. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaçların K/Na oranına etkisi	231
Şekil 4.52. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaçların Ca/Na oranına etkisi.....	231
Şekil 4.53. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarında demir (Fe) birikimine etkisi	236
Şekil 4.54. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarında bakır (Cu) birikimine etkisi	236
Şekil 4.55. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarında çinko (Zn) birikimine etkisi	236
Şekil 4.56. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarında bor (B) birikimine etkisi	237
Şekil 4.57. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarında mangan (Mn) birikimine etkisi	237
Şekil 4.58. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarının kuru madde miktarına etkisi.....	239
Şekil 4.59. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaçların pH içeriğine etkisi	240
Şekil 4.60. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarının elektiksel iletkenliğine etkisi.....	241
Şekil 4.61. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarının klorofil indeksine (SPAD) etkisi	243
Şekil 4.62. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaçların yaprak renk açıklığına (L*) etkisi.....	244
Şekil 4.63. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaçların yaprak renk tonu (Hue°) üzerine etkisi	245
Şekil 4.64. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaçların yaprak renk doygunluğu (Chroma) üzerine etkisi	246
Şekil 4.65. Tuz stresi ve aşılamanın anaçların prolin içeriğine	247
Şekil 4.66. Stres uygulamalarının anaçlarda hidrojen peroksit düzeyine etkisi	249
Şekil 4.67. Stres uygulamalarının anaçlarda malondialdehit düzeyine etkisi	250
Şekil 4.68. Stres uygulamalarının anaçlarda süproksit dismutaz aktivitesine etkisi ...	252
Şekil 4.69. Stres uygulamalarının anaçlarda katalaz aktivitesine etkisi	253
Şekil 4.70. Stres uygulamalarının anaçlarda askorbat peroksidaz aktivitesine etkisi..	255

KISALTMALAR VE SİMGELER

Simge	Açıklama
μM	Mikromolar (konsantrasyon birimi)
dS/m	Desisiemens/metre (elektriksel iletkenlik birimi)
g ha^{-1}	Gram/hektar (alan başına madde miktarı)
kg ha^{-1}	Kilogram/hektar (alan başına madde miktarı)
NaCl	Sodyum klorür
NaHCO_3	Sodyum bikarbonat
t	Zaman veya ton (bağlama göre)
U	Enerji, potansiyel fark veya istatistiksel test sembolü
η^2	Eta kare, ANOVA etki büyüklüğü ölçütü

Kısaltma	Açıklama
ANOVA	Analysis of Variance (Varyans analizi)
DW	Dry Weight (Kuru ağırlık)
EC	Electrical Conductivity (Elektriksel iletkenlik)
FAO	Food and Agriculture Organization (BM Gıda ve Tarım Örgütü)
FW	Fresh Weight (Yaş ağırlık)
TA	Titrateable Acidity (Titre edilebilir asitlik)
TSS	Total Soluble Solids (Toplam çözünebilir katı madde)
TSİ	Toplam Suda İndirgen Madde/Şeker
LSD	Least Significant Difference (En küçük anlamlı fark)

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızla artması, tarımsal üretimin artırılmasını zorunlu kılmaktadır. Ancak iklim değişikliği, su kaynaklarının kısıtlılığı, toprakların bozulması ve çevresel stres faktörlerinin artışı, tarımın sürdürülebilirliğini ciddi biçimde tehdit etmektedir (FAO, 2021). Bitkisel üretimde verim ve kaliteyi olumsuz etkileyen abiyotik stres faktörleri arasında kuraklık, aşırı sıcaklık, ağır metal toksisitesi, tuzluluk ve alkalilik başı çekmektedir (Munns ve Tester, 2008). Bu stres koşulları, bitkilerin büyüme ve gelişme süreçlerinde fotosentez, solunum, su dengesi ve mineral besin alımı gibi temel fizyolojik mekanizmaları bozarak üretim kayıplarına yol açmaktadır. Özellikle sulamalı tarımın yoğun yapıldığı bölgelerde tuzluluk ve alkalilik en önemli sınırlayıcı faktörlerden biri haline gelmiştir (Shrivastava ve Kumar, 2015).

Toprak tuzluluğu, toprak çözeltisinde bulunan çözünmüş tuzların yüksek konsantrasyonlarda bulunması ile tanımlanır ve dünya genelinde yaklaşık 800 milyon hektarlık tarım alanını etkilemektedir (FAO, 2021). Tuzluluk, bitki köklerinde ozmotik baskıyı artırarak su alımını güçleştirmekte, ayrıca Na^+ ve Cl^- iyonlarının toksik birikimi nedeniyle hücre metabolizmasını bozarak bitki gelişimini sınırlandırmaktadır (Munns ve Gilliam, 2015). Bitkilerde iyon toksisitesi sonucu membran bütünlüğü bozulmakta, reaktif oksijen türleri (ROS) artmakta ve oksidatif stres meydana gelmektedir (Zhu, 2001). Bunun yanı sıra tuzluluk temel besin elementlerinin alımını engelleyerek iyon dengesini bozmaktadır (Tester ve Davenport, 2003). Bu durum, fotosentetik etkinliğin azalmasına, klorofil kaybına ve sonuçta ciddi verim düşüşlerine neden olmaktadır.

Tuzluluğun yanı sıra, alkali stresi de bitkisel üretimde önemli bir sınırlayıcı faktördür. Alkali stresi genellikle NaHCO_3 ve Na_2CO_3 gibi tuzların birikimi ile ilişkilidir ve pH'nın 8'in üzerine çıkmasıyla karakterize edilir. Yüksek pH koşulları, besin elementlerinin çözünürlüğünü ve alımını olumsuz etkilemekte, özellikle Fe, Mn, Zn ve P gibi elementlerde yetersizliklere yol açmaktadır (Li ve ark., 2010). Bu durum, bitkilerde kloroz, zayıf büyüme ve düşük verim ile sonuçlanmaktadır. Alkali stresin, yalnızca ozmotik baskı ve iyon toksisitesiyle değil, aynı zamanda kök ortamındaki pH dengesizliğiyle de ilişkili olması, alkali stresini tuzluluktan farklı ve daha karmaşık bir stres faktörü haline getirmektedir (Guo ve ark., 2015). Nitekim aynı tuz

konsantrasyonlarında, alkali stresin tuzluluk stresine göre daha şiddetli büyüme kısıtlamalarına yol açtığı rapor edilmiştir (Shi ve Sheng, 2005).

Küresel ölçekte değerlendirildiğinde, tuzluluk ve alkalilik sorunu en çok kurak ve yarı kurak bölgelerde yoğunlaşmaktadır. FAO verilerine göre, sulanan tarım alanlarının %20'si tuzluluktan etkilenmiş durumdadır ve bu oran giderek artmaktadır (FAO, 2021). Güney Asya, Orta Doğu, Akdeniz Havzası ve Orta Asya ülkeleri hem iklim koşulları hem de sulama uygulamaları nedeniyle risk altında olan bölgeler arasında yer almaktadır (Evans ve ark., 2014). Türkiye gibi Akdeniz iklim kuşağında yer alan ülkelerde ise düzensiz yağış rejimi, yüksek buharlaşma oranları ve kontrolsüz sulama uygulamaları toprakların tuzlanma ve alkalileşme eğilimini artırmaktadır (Kaya ve ark., 2019). Özellikle sulama suyu kalitesinin düşük olduğu bölgelerde Na^+ ve HCO_3^- iyonlarının fazlalığı hem tuzluluk hem de alkalilik sorununu birlikte gündeme getirmektedir.

Literatürde yapılan çalışmalar, tuz ve alkali stresinin bitki büyümesi üzerindeki etkilerini ayrıntılı biçimde ortaya koymuştur. Örneğin, Munns (2002) tuzluluk altında büyüme gerilemesinin temel nedeninin ozmotik baskı olduğunu, iyon toksisitesinin ise uzun vadede büyümeyi kısıtladığını belirtmektedir. Benzer şekilde, Shi ve ark. (2013) alkali koşullarında pH'nın yüksek olmasının iyon dengesizliğini derinleştirdiğini ve Fe klorozunu tetiklediğini bildirmektedirler. Kaya ve ark. (2019) Türkiye koşullarında yaptıkları çalışmada, sulama suyu kaynaklı tuzluluk ve alkalilik sorununun özellikle sebze üretiminde verim kayıplarına yol açtığını, Li ve ark. (2010) yüksek pH'nın fosfor çökmesine neden olduğunu ve bitkilerin P yetersizliği yaşadığını belirlemişlerdir. Bu bağlamda, tuz ve alkali stresinin bitkisel üretimde yarattığı sorunların anlaşılması ve çözüm yollarının geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Geleneksel yöntemler arasında tuz toleranslı çeşitlerin geliştirilmesi, sulama yönetiminin iyileştirilmesi, toprak ıslahı ve kimyasal düzenleyicilerin kullanımı yer almaktadır (Qadir ve ark., 2007). Ancak bu yöntemlerin çoğu zaman maliyetli, sınırlı etkiye sahip veya çevreye olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bu nedenle, son yıllarda stres toleransını artırmak için biyoteknolojik ve fizyolojik temelli yaklaşımlar ön plana çıkmıştır. Bunlardan biri de sebze yetiştiriciliğinde yaygın şekilde kullanılan aşılama tekniğidir (Lee, 1994; Colla ve ark., 2010).

Patlıcan (*Solanum melongena* L.), *Solanaceae* familyasının önemli türlerinden biri olup dünya genelinde ekonomik değeri yüksek sebzeler arasında yer almaktadır. FAO (2021) verilerine göre, patlıcanın küresel üretimi 57 milyon tonun üzerindedir ve Türkiye, Çin, Hindistan ile birlikte önde gelen üretici ülkeler arasında bulunmaktadır. Özellikle Akdeniz havzasında yaygın üretim alanına sahip olan patlıcan sofralık tüketimin yanı sıra işleme sanayinde de değerlendirilmesi nedeniyle önemli bir pazara sahiptir (Daunay ve Janick, 2007). Ancak patlıcan, fizyolojik olarak tuzluluk ve alkalilik gibi abiyotik stres faktörlerine oldukça duyarlı türlerden biridir (Colla ve ark., 2013a). Bu nedenle, üretim alanlarında karşılaşılan stres koşulları, verim ve kalite kayıplarına yol açarak üretimin sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir.

Tuz stresinin patlıcandaki olumsuz etkileri çeşitli araştırmalarla ortaya konmuştur. Kaya ve ark. (2010) tuz stresinin patlıcanda yaprak Na^+ birikimini artırdığını, K^+/Na^+ oranını düşürdüğünü ve bu durumun bitki metabolizmasında dengesizliklere yol açtığını, Savvas ve Lenz (2000) ise patlıcanda artan tuzluluk seviyelerinin meyve verimini önemli ölçüde düşürdüğünü ve pazar kalitesini olumsuz etkilediğini rapor etmişlerdir. Alkali stres konusunda ise çalışmalar sınırlı olmakla birlikte, yüksek pH'nın demir alımını sınırladığı ve bu nedenle kloroz semptomlarının yaygın olarak görüldüğü bildirilmiştir (Li ve ark., 2010).

Bu olumsuzlukları azaltmak amacıyla uygulanan yöntemlerden biri aşılama tekniğidir. Aşılama, özellikle Asya ülkelerinde uzun yıllardır kullanılmakta olup, Avrupa ve Akdeniz ülkelerinde de sebze üretiminde giderek yaygınlaşmıştır (Lee, 1994). Başlangıçta toprak kökenli hastalıklarla mücadele için geliştirilen bu teknik, zamanla abiyotik stres koşullarına karşı dayanıklılığı artırmada da etkin bir araç haline gelmiştir (Colla ve ark., 2010). Uygun anaç seçimi, bitkinin kök sistemini güçlendirerek su ve besin alımını artırmakta, iyon toksisitesine karşı koruma sağlamakta ve bitkinin genel fizyolojik dayanıklılığını geliştirmektedir (Rouphael ve ark., 2018).

Aşılamanın tuz stresi koşullarında sağladığı avantajlar birçok çalışmada rapor edilmiştir. Estañ ve ark. (2005), tuza dayanıklı anaçlara aşılanan patlıcanlarda Na^+ birikiminin sınırlandığını, K^+ ve Ca^{2+} alımının ise arttığını, Colla ve ark. (2013b), aşılı patlıcan bitkilerinde tuz stresi altında bile daha yüksek verim ve daha iyi meyve kalitesi elde edildiğini bildirmektedirler. Aşılı bitkilerde iyon homeostazının korunması, su kullanım etkinliğinin artması ve fotosentetik aktivitenin yüksek kalması stres

toleransının başlıca mekanizmaları arasında yer almaktadır (Schwarz ve ark., 2010). Ayrıca, prolin ve diğer osmolitlerin birikiminin aşılı bitkilerde daha fazla olduğu, bunun da hücrel osmotik düzenlemede önemli rol oynadığı belirlenmiştir (Colla ve ark., 2010). Antioksidan savunma mekanizmaları da aşılamanın önemli katkılarından biridir. Tuz stresi altında reaktif oksijen türlerinin (ROS) aşırı birikimi, hücre membranlarına zarar vererek lipid peroksidasyonuna yol açmaktadır (Mittler, 2002). Ancak aşılı patlıcan bitkilerinde süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve peroksidaz (POD) gibi enzimlerin aktivitesinin daha yüksek olduğu, böylece oksidatif stresin etkilerinin hafifletildiği rapor edilmiştir (Talhouni ve ark., 2019). Bu bulgular, aşılamanın yalnızca iyon ve su dengesini değil, aynı zamanda hücrel savunma sistemlerini de güçlendirdiğini göstermektedir. Alkali stres altında aşılamanın etkilerine dair bulgular ise daha sınırlı olmakla birlikte umut vericidir. Wu ve ark. (2020) yüksek pH koşullarında aşılı bitkilerin Zn ve Mn alımında avantaj sağladığını ortaya koymuşlardır. Bu durum, alkali stresin besin elementi alımını sınırlandırıcı etkilerinin, güçlü kök sistemine sahip anaçlar aracılığıyla kısmen telafi edilebileceğini göstermektedir. Ancak, literatürde bu konuda yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır ve kullanılan anaç-kalem kombinasyonları farklılık göstermektedir.

Patlıcan üretiminde aşılamanın sağladığı diğer faydalar arasında kök sistemi mimarisinin güçlendirilmesi, hormonal sinyallerin düzenlenmesi ve karbon metabolizmasının optimize edilmesi sayılabilir. Kökten sürgüne taşınan absisik asit (ABA), jasmonat ve sitokininler gibi fitohormonlar, stres koşullarına verilen adaptif tepkilerin düzenlenmesinde kritik rol oynamaktadır (Albacete ve ark., 2015). Bu mekanizmaların bir sonucu olarak, aşılı patlıcanlarda hem vejetatif gelişim hem de generatif performans daha iyi düzeyde korunabilmektedir.

Patlıcanda tuz ve alkali streslerinin etkileri üzerine yapılan araştırmalar, özellikle tuz stresine odaklanmakta olup, alkali stres koşullarında bitkinin fizyolojik ve biyokimyasal tepkilerini detaylı şekilde inceleyen çalışmalar oldukça sınırlıdır (Li ve ark., 2010; Wu ve ark., 2020). Mevcut literatürde çoğu çalışma yalnızca NaCl uygulamalarına dayalı stres koşullarını değerlendirmekte ve genellikle verim, yaprak klorofil içeriği veya iyonik dengedeki değişimleri rapor etmektedir (Kaya ve ark., 2010; Colla ve ark., 2013b;). Ancak, yüksek pH ve alkali iyonların etkilerini, özellikle Fe, Zn ve Mn alımı

üzerindeki sınırlayıcı etkileri ele alan çalışmalar nadirdir. Bu durum, patlıcanın alkalilik tolerans mekanizmalarının yeterince anlaşılmasına yol açmaktadır.

Patlıcanda tuz ve alkali stresine karşı aşılamanın etkilerinin yürütüldüğü çalışmaların büyük çoğunluğunda sınırlı sayıda anaç kullanılmış, bu çalışmalarda da genellikle kısa süreli yetiştiricilikler (45-60 gün) değerlendirilmiştir. Ayrıca mevcut çalışmaların çoğu, yalnızca tek bir stres düzeyi veya sınırlı sayıda fizyolojik parametreyi incelemektedir. Oysa, stresin şiddeti ve süresi ile bitkinin yanıtları arasında karmaşık bir ilişki bulunmaktadır ve bu ilişki farklı anaç-kalem kombinasyonlarında değişiklik gösterebilmektedir (Rouphael ve ark., 2018). Bu bağlamda, özellikle tuz ve alkali streslerinin fazla sayıda anaç kullanılarak patlıcanda ortaya çıkan fizyolojik, biyokimyasal ve morfolojik tepkilerin karşılaştırmalı olarak incelenmesi gereklidir.

Bu çalışma, patlıcanda farklı anaçlar üzerine aşılamanın alkali ve tuz stresine karşı etkilerini kapsamlı bir şekilde incelemeyi amaçlamıştır. Literatürde, patlıcanda aşılamanın alkali stresine karşı kullanımını araştıran bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ayrıca aşılamanın abiyotik stres faktörlerine karşı etkilerinin incelendiği çalışmalarda anaçların aşısız olarak kullanımı da değerlendirilmemiştir. Bu bağlamda, ticari patlıcan çeşidi Anamur F1 8 farklı patlıcan anacı üzerine aşılanarak topraksız tarım koşullarında yetiştirilmiş, tuz (EC: 4.0 ve 6.0 dS/m) ve alkali (pH: 8.1) stresine maruz bırakılmıştır. Çalışmada hem aşı uygulamalarında hem de anaçlarda morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal etkiler değerlendirilmiştir. Çalışma patlıcanda aşılamanın stres koşullarındaki etkilerini bütüncül bir perspektifle ortaya koymayı hedeflemektedir.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

2.1. Patlıcanın Anavatanı, Sistematiği, Yayılışı ve Ekonomik Önemi

Solanaceae familyasının önemli türlerinden olan patlıcan (*Solanum melongena* L.), başta Asya, Orta Doğu ve Akdeniz ülkeleri olmak üzere dünya genelinde yaygın olarak yetiştirilen sebze türlerinden biridir. *Solanum* cinsinin *Leptostemonum* alt cinsine dâhil olup, bu grupta *S. melongena* dışında Afrika kökenli *Solanum aethiopicum* L. ve *Solanum macrocarpon* türlerinin de kültürü yapılmaktadır. Ancak bu iki tür daha çok Afrika kıtasında ve sınırlı alanlarda üretilmekte olup, *S. aethiopicum* meyvesi için, *S. macrocarpon* ise hem meyvesi hem de yaprakları için yetiştirilmektedir (Sekara ve ark., 2007). Bu tez çalışmasında patlıcan ifadesi sadece *S. melongena* için kullanılacaktır. *S. melongena*'nın anavatanı konusunda farklı görüşler bulunmaktadır. Uzun yıllar patlıcanın anavatanının Asya kıtası ve özellikle de Hindistan, Myanmar ve Çin arasında kalan bölge olduğu kabul görmüştür. Çin'de patlıcan hakkında M.Ö. 5. yüzyıla ait bilgilerin bulunduğu belirtilmektedir. Ancak Weese ve Bohs (2010) ile Knapp ve ark. (2013), yapılan genetik çalışmalara dayanarak patlıcanın atasının Afrika/Orta Doğu kökenli *Solanum incanum* olduğunu, *S. incanum*'un Hint-Çin bölgesine taşındığını, burada evrimleşme sonucu bu türden *Solanum insanum*'un evrimleştiğini ve *S. melongena*'nın da *S. insanum*'dan geliştiğini savunmaktadırlar. Weese ve Bohs (2010), DNA dizi verilerini kullanarak patlıcanın Afrika'da ortaya çıktığını ve Orta Doğu üzerinden Asya'nın diğer bölgelerine yayıldığını kanıtlarıyla ortaya koymaktadırlar. Wang ve ark. (2008), patlıcanın Çin'de 2000 yıldan uzun süredir gıda olarak kullanıldığını; Kashyap ve Weber (2013), Hindistan'da patlıcanın kullanıldığına dair kanıtların 4500 yıl öncesine dayandığını belirtmektedirler. Swarup (1995), kültürü yapılan ilk patlıcanların çanak yapraklarının dikenli, meyvelerinin acı ve farklı iriliklerde olduğunu; Frary ve ark. (2007), kültürü yapılan ilk patlıcanların günümüze kadar önemli bir süreçten geçtiğini ve genetik değişime uğradığını, insan eliyle gerçekleşen seleksiyonlar, doğal melezlenmeler ve mutasyonlar sonucunda şekil, renk, dikensizlik, morfolojik yapı ve tohumsuzluk gibi birçok özelliğin geliştiğini belirtmektedirler.

Patlıcanın Asya'dan Orta Doğu'ya ve dünyanın diğer bölgelerine yayılması ticaret yolu

ve kültürel etkileşimlerle gerçekleşmiştir. Arapların 12. yüzyılda İber Yarımadası'nda patlıcan yetiştirmeye başlamasının ardından Avrupa'ya yayılmıştır. Daha sonra 15. yüzyılda İtalya ve Fransa'ya getirilmiştir (Daunay ve Janick, 2007). Zhukowsky (1958), patlıcanın Avrupa'da 13. ve 14. yüzyıllarda yetiştirildiğini bildirmektedir. Patlıcanın Anadolu'ya girişi ise 16. yüzyılın sonları ve 17. yüzyılın başlarına denk gelmektedir. Türkiye'ye patlıcanın girişi İpek Yolu aracılığıyla gerçekleşmiştir. Yüzyıllar boyunca Anadolu'da üretim alanlarında ve patlıcan ticareti sayesinde biriken genetik çeşitlilik dikkat çekmektedir (Janick, 2001). Dünya üzerinde hâkim tür olan *S. melongena*, geniş bir morfolojik çeşitliliğe sahiptir. Martin ve Rhodes (1979), botanik anlamda meyve şekillerine göre patlıcanı üç varyeteye ayırmışlardır. Bunlar:

- *S. melongena* var. *esculentum* Dunal (Nees): Meyveleri yuvarlak, oval veya yumurta şeklindedir.
- *S. melongena* var. *serpentinum* L.: Meyveleri uzun ve ince yapılıdır.
- *S. melongena* var. *depressum* L.: Meyveleri küçük ve minyatür yapıda olup, bitki bodur ve erkencidir.

Martin ve Rhodes (1979), dünya genelinde toplanmış 475 patlıcan çeşidini 18 farklı özelliğe göre sayısal taksonomik yöntemlerle inceleyerek 11 gruba ayırmışlardır. Bu 11 grubun altısına giren tiplere Türkiye'de de rastlandığını belirtmektedirler. Bugüne kadar, botanik ve morfolojik özelliklerinin yanı sıra yapılan genetik değerlendirmeler sonucunda patlıcanda geniş gruplamalar yapılmıştır. Meyve şekillerine göre:

Batı tipi koyu mor patlıcanlar: Amerika ve Avrupa'ya özgü olup daha sonra Asya'da da tanınmış, bitkiler daha az güçlü ve yüksek verimli, meyveler genellikle oval veya uzun şekilli ve büyük boyutludur (200–600 g).

Oval çeşitler: Meyveleri oval, çoğunlukla beyaz, bazen pembe ve beyaz üzerine mor çizgili çeşitlerdir. 'Black Beauty', 'Listada de Grandia' (beyaz üzerine mor çizgili), 'Neon F1' (pembe mor), 'Rosita' (pembe lavanta), 'Zebra F1' (beyaz üzerine mor çizgili) bu gruba dâhil bazı çeşitler olup bitki gelişimi güçlü çeşitlerdir.

Uzun çeşitler: Meyveleri uzun, beyaz, lavanta çizgili beyaz veya yeşil renkte olabiliyor. 'Long Purple', 'New Purple', 'Lavender Tough F1' (beyaz), 'Casper' (beyaz), 'Louisiana Long Green' (yeşil) bu gruba dâhil örnek çeşitlerdir.

Minyatür patlıcanlar: Bu grup patlıcanlar İtalyan tipi, bebek patlıcanı veya parmak patlıcan olarak da isimlendirilmektedir. Genellikle birkaç inç uzunluğunda, ince veya yuvarlak; daha tatlı ve yumuşak, kabukları ince ve az tohumludur. Meyveleri siyah, mor veya lavanta çizgili beyaz olabilmektedir.

Doğu tipi patlıcanlar: Tropik Asya kökenli olup Japonya, Çin, Hindistan, Tayland ve Filipinler'de yaygın olarak yetiştirilen, erkenci ve güçlü yapılı, meyveleri mor, eflatun, yeşil veya çizgili; yuvarlak ya da ince uzun şekillidir. Tatlı ve yumuşak yapıda olup, genellikle ilkel yapılı patlıcan tipleridir.

Çin patlıcanları: Meyveleri genellikle uzun, eflatun veya lavanta-beyaz renkte, çok az tohumlu, tatlı ve yumuşaktır. Bitkileri verimli ve güçlüdür.

Japon patlıcanları: Meyveleri sıkı yapılı ve ağır, tatlı lezzetli, koyu mordan siyaha çalan renkte; uzun veya yumurta şeklindedir.

Thai patlıcanları: İki gruba ayrılır. Küçük, yuvarlak, domates benzeri meyvelere sahip grup (40–80 g), tatlı ve hafif lezzetli, kalın kabuklu, bol tohumlu, meyveleri ince uzun (25 cm, 100–200 g) ve meyve sayısı çok olan tiplerdir. Süs bitkisi olarak da yetiştirilir.

Hint patlıcanları: Meyveleri küçük olanlar 30–100 g, orta boyutlu olanlar 200–300 g ağırlığındadır. Oval, mor tonlarında veya çizgili meyvelere sahiptirler.

Patlıcanın dünya üzerindeki yayılışı dikkate alındığında, dünya için ekonomik önemi yüksek türlerden biri olduğu kolayca anlaşılmaktadır. Asya'dan Avrupa'ya, Afrika'dan Amerika'ya kadar dünya üzerinde 94 ülkede yetiştiriciliğinin yapıldığı bilinmektedir (FAOSTAT, 2023). FAO 2023 yılı verilerine göre, dünyada 1.92 milyon hektar alanda 60.79 milyon ton patlıcan üretilmiştir. Dünyada ilk iki sırayı Çin ve Hindistan almakta olup, bu iki ülkenin toplam üretimi dünya patlıcan üretiminin %85.65'ini oluşturmaktadır. Türkiye, dünyada önemli üretici ülkelerden biri konumunda olup, Mısır'ın ardından 16.66 bin hektar alanda 817.59 bin ton üretimi ile dünyada dördüncü sırada yer almaktadır. Türkiye'de patlıcan üretimi, dünya üretiminin %1.34'üne denk gelmektedir. Türkiye, birim alan verimliliği bakımından dünyada 49.07 ton/ha ile 12. sırada yer almaktadır. Türkiye'de patlıcan, örtü altı yetiştiriciliğinin de önemli türlerinden biridir. Örtü altında 2024 yılında 29.163 dekar alanda 368.186 ton patlıcan üretimi gerçekleşmiş olup, Türkiye üretiminin %44.52'sini oluşturmaktadır. Örtü altında birim alan verimi 126.25 ton/ha olarak gerçekleşmiştir. Dünyada önemli patlıcan üreticisi

ülkelerin üretim miktarları, üretim alanları ve verimlilikleri Çizelge 2.1’de, Türkiye’de en önemli 20 ilin patlıcan üretim miktarları ve alanları Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Önemli patlıcan üreticisi ülkeler ve üretim parametreleri

Ülkeler	Üretim (1000 ton)	Alan (1000 ha)	Verim (ton/ha)
Çin	39244.17	831.87	47.18
Hindistan	12792.00	681.00	18.78
Mısır	1859.44	63.47	29.30
Türkiye	817.59	16.66	49.07
Endonezya	699.90	49.46	14.15
Bangladeş	681.20	49.46	12.41
İran	596.55	19.19	31.08
İtalya	317.98	9.73	32.68
Japonya	282.46	7.84	36.01
İspanya	260.41	3.57	72.94
Dünya	60793.94	1922.78	31.62

Kaynak: FAOSTAT, 2023

Çizelge 2.2. Türkiye’de önemli patlıcan üreticisi iller ve üretim durumları

İller	Alan (1000 da)	Miktar (1000 ton)	İller	Alan (1000 da)	Miktar (1000 ton)
Antalya	23.87	261.74	Hatay	7,19	18,95
Mersin	10.91	104.64	Samsun	5,09	16,98
Gaziantep	15.55	46.54	Aydın	3,52	15,78
Manisa	6.46	43.96	Karaman	4,04	13,65
Muğla	4.84	39.40	Balıkesir	2,63	13,00
Bursa	6.75	31.24	Tokat	2,63	11,08
Adan	5.43	29.19	Amasya	2,17	9,39
Şanlıurfa	5.44	26.97	Mardin	3,17	7,58
Diyarbakır	7.57	24.70	Elazığ	2,81	6,73
İzmir	5.48	21.34	Iğdır	1,83	5,26
Türkiye	160.73	827.04			

Kaynak: TÜİK, 2024

2.2. Patlıcanda Biyotik ve Abiyotik Stres Faktörleri

Gerek Türkiye’de gerekse dünyada patlıcan yetiştiriciliğini tehdit eden birçok faktör bulunmaktadır. Bunları biyotik ve abiyotik stres faktörleri olarak gruplandırmak mümkündür. Dubay ve ark. (2020), stresi bitkinin büyüme ve gelişimini olumsuz etkileyen herhangi bir faktör olarak tanımlamaktadırlar. Biyolojik olarak stres, bireysel

varlığın normal işlevlerine müdahale eden baskın bir güç ya da bitkilerin büyüme, genetik kapasite ve üreme potansiyellerini tam olarak ortaya koymalarını engelleyen koşullar olarak tanımlanabilir. Tarımda stres, biyokütleyi yok ederek ürün verimliliğini azaltan bir süreç olarak ifade edilmektedir (Gupta ve ark., 2021).

Biyotik stres faktörleri arasında bitkinin yeşil aksamında zarar yapan *Cercospora* yaprak lekesi (*Cercospora melongenae*), erken yaprak yanıklığı (*Alternaria solani*) ve külleme (*Erysiphe cichoracearum*) en yaygın hastalık etmenleridir. Toprak kökenli stres faktörleri arasında *Verticillium* solgunluğu (*Verticillium dahliae*), *Fusarium* solgunluğu (*Fusarium oxysporum* f. sp. *melongenae*), bakteriyel solgunluk (*Ralstonia solanacearum*) ve kök ur nematodu (*Meloidogyne* spp.), patlıcan yetiştiriciliğinde sıklıkla görülen ve ciddi verim ile kalite kayıplarına neden olan patojenlerdir (Khan ve ark., 2021; Aumentado ve Balendres, 2024). Bunların dışında biyotik stres faktörleri arasında yaprak, meyve ve gövdede zarar yapan lepidopterler, yaprak bitleri, beyaz sinek, kırmızı örümcek ve trips patlıcanın toprak üstü aksamında zarar yapan başlıca zararlılardır (Nayak ve ark., 2021).

Abiyotik stres faktörleri, dünya genelinde tarımsal üretimi en fazla etkileyen faktörler arasında yer almaktadır. Abiyotik stres faktörleri arasında kuraklık, yüksek sıcaklık, düşük sıcaklık (soğuk stresi), toprak tuzluluğu, alkali stres, besin yetersizlikleri, aşırı ışık, UV radyasyonu ve ağır metal toksisitesi gibi unsurlar yer alır. Bu stres faktörleri arasında özellikle kuraklık, toprak ve sulama sularının tuzluluğu ve yüksek pH (alkalilik) en önemli tehditlerdir ve bu tehditler artarak devam etmektedir. Patlıcan, sözü edilen bu faktörlerin çoğuna orta düzeyde hassas olup, bitkinin büyümesini, gelişimini, verim ve kalite özelliklerini ciddi şekilde olumsuz etkileyen çevresel koşullardır (Bhatti ve ark., 2013; Rao ve ark., 2016).

2.3. Tuzluluk

Antarktika ve iç sular hariç tutulduğunda, dünya kara alanı yaklaşık 13 milyar hektardır. Bu alanın üçte biri tarım, üçte biri orman ve kalan kısmı ise çorak araziler, çöller, kentsel alanlar ve altyapı gibi diğer kullanımlarla kaplıdır. 2021 yılı verilerine göre, tarım arazileri 4,8 milyar hektar olup, bunun 1,6 milyar hektarı ekili arazi, 3,2 milyar hektarı ise kalıcı çayır ve meralardan oluşmaktadır. Ekili arazilerin %88'i (1,4 milyar ha) ekilebilir arazi, %12'si (183 milyon ha) ise kalıcı mahsullerden oluşurken, ekilebilir

alanların büyük bölümü geçici ürünlere (%80) ayrılmış, kalan kısmı ise geçici meralar veya nadas sistemlerinde kullanılmaktadır (FAO, 2023).

Toprak tuzluluğu, dünya genelinde sürdürülebilir kalkınmayı tehdit eden önemli çevresel sorunlardan biri olarak kabul edilmektedir. Hem doğal süreçler (örneğin, tuzlu ana materyal, düşük yağış miktarı ve yüksek buharlaşma oranları) hem de insan kaynaklı faktörler (bilinçsiz sulama, yetersiz drenaj ve yer altı su seviyesinin yükselmesi) nedeniyle oluşan tuzluluk, dünya genelinde etkili olmaktadır. Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde yoğunlaşan tuzluluk, toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini olumsuz etkileyerek tarımsal üretimde önemli kayıplara yol açmaktadır (Singh, 2022). Tuzluluk, dünya yüzeyinin yaklaşık %7'sini kaplayan 1.1 milyar hektarlık bir alanı etkileyen önemli bir abiyotik stres faktörüdür (FAO, 2023b). Bu süreç hem doğal jeokimyasal olaylarla hem de insan kaynaklı faaliyetlerle meydana gelmektedir (Singh, 2022). İnsan etkisiyle, aşırı gübreleme, hatalı sulama ve yoğun tarım uygulamaları gibi nedenlerle sulanan arazilerin %30'unda tuzlanma şiddetlenmiştir (Machado ve ark., 2017; Hpmans ve ark., 2021). Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde tuz stresine bağlı tarımsal verim kayıpları oldukça yüksek düzeydedir. Toprakta biriken başlıca çözünür tuz iyonları Na^+ , K^+ , Cl^- ve SO_4^{2-} olup, bu iyonların kök bölgesinde birikimi bitkilerin su alımını zorlaştırmakta ve hiperiyonik tuz stresi oluşturmaktadır. Tuz stresinin bitkilerdeki ilk etkisi osmotik stres olup, uzun dönemde bitki hücrelerinde toksik iyonların birikimi sonucunda hücreler işlevlerini kaybeder (Munns ve Tester, 2008). Bu durum morfolojik (boy kısalması, kloroz, çimlenme bozukluğu), fizyolojik (fotosentez azalması, besin dengesizliği) ve biyokimyasal (oksidatif stres, membran hasarı) sorunlara yol açar. Tuz stresinin özellikle bitkilerin üreme döneminde zararlı etkileri daha belirgin olmaktadır (Hannachi, 2022). Tuz stresi, bitki büyümesini baskılayan bir abiyotik stres faktörüdür ve bu etki bitki türü, gelişim evresi ve tuz konsantrasyonuna bağlı olarak değişir. Tuz stresinde köklerin su ve besin elementi alımı yavaşlar. Buna bağlı olarak da hücre su kaybeder, hücre bölünmesi azalır ve hücre büyümesi yavaşlar. Bunun sonucunda da büyüme yavaşlar, verim ve kalite düşer (Yadav ve ark., 2019; Petretto ve ark., 2019). Tuz stresi altındaki bitkilerde klorofil biyosentezi yavaşlamakta, enzimatik aktivitede değişimler meydana gelmekte, stomalar kapanmakta ve CO_2 alımı azalmaktadır. Bunun sonucunda bitkide fotosentez aktivitesi yavaşlamaktadır. Tuz stresine bağlı reaktif oksijen türlerinin (ROS) artışı,

klorofil ve fotosentetik proteinlerin oksidasyonunu hızlandırır. Patlıcan ve semizotunda düşük tuz konsantrasyonlarında fotosentez oranı azalmakta, orta ve yüksek konsantrasyonlarda ise kloroplast yapısında ciddi hasarlar meydana gelmektedir (Silva ve ark., 2011; Zahra ve ark., 2022).

Tuz stresi altında bitkilerin mineral besin maddelerinin alımı, taşınımı ve kullanımı etkinliğini yitirebilir. Topraktaki yüksek Na^+ ve Cl^- seviyeleri, $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$, Na^+/K^+ , $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ gibi oranları bozarak bitkide ozmotik stres, iyon toksisitesi ve beslenme bozukluklarına yol açabilir. Bu dengesizlikler, tuzluluğun besin maddesi bulunabilirliği, iyonlar arası rekabetli alım, taşınım ve bitki içi dağılım üzerindeki etkilerinden kaynaklanır. Toprak çözeltisinin pH'ı, redoks potansiyeli ve çözünen iyonların oranları da besin elementlerinin alınabilirliğini etkiler. Sodyum gibi iyonlar, kalsiyumun bitki içinde taşınmasını zorlaştırır; fosfor alımı, yüksek iyonik ortam nedeniyle düşer; Na^+ ile olan rekabet nedeniyle potasyum alımı yavaşlar. Besin elementi alımındaki bu engeller nedeniyle hücre fonksiyonları olumsuz etkilenir (Grattan ve Grieve, 1993; Grattan ve Grieve, 1998; Hu ve Schmidhalter, 2005).

Toprak tuzluluğu, bitkilerin su alım mekanizmaları üzerinde doğrudan ve dolaylı etkilere sahip olan kritik bir çevresel stres faktörüdür. Tuzluluk, özellikle Na^+ ve Cl^- gibi çözülmüş iyonların toprak çözeltisinde yüksek konsantrasyonlarda bulunmasıyla tanımlanır. Bu durum, bitki kökleriyle toprak arasındaki su potansiyeli farkını azaltarak suyun kök tarafından emilimini güçleştirir. Bitki kökleri suyu pasif osmoz mekanizması ile alır; ancak toprak çözeltisinin ozmotik potansiyeli düştüğünde, suyun bitki hücrelerine girişi kısıtlanır ya da tamamen engellenebilir. Bu olguya “ozmotik stres” ya da “fizyolojik kuraklık” adı verilir. Gerçekte toprakta yeterli su bulunmasına rağmen, yüksek tuz konsantrasyonu nedeniyle bu su bitki için erişilebilir değildir. Bu koşullarda bitkiler, kök hücrelerinde su potansiyelini daha da düşürerek su alımını sürdürmeye çalışır. Ancak bu, enerji gerektiren bir süreçtir ve büyüme, gelişme ve verim gibi temel fizyolojik süreçleri olumsuz etkiler (Munns ve Tester, 2008). Tuzlu koşullarda su alımını zorlaştıran ikinci önemli faktör ise iyonik toksisitedir. Özellikle Na^+ iyonları, hücre zarının geçirgenliğini etkileyerek suyun taşınmasını sağlayan protein aktivitesini düşürür. Bu durum, suyun hem köklerden ksileme geçişini hem de bitki boyunca taşınmasını sınırlar (Rodriguez ve ark., 1997; Alvarez ve Sanchez-Blanco, 2014).

Yukarıda belirtilen etkiler sonucunda tuzluluk, tarımsal üretimde önemli verim kayıplarına yol açmaktadır. Tuzluluğun verim üzerindeki etkisi, bitkilerin su alımından iyon dengesine kadar birçok fizyolojik süreç üzerinde olumsuz değişiklikler yaratmasıyla ortaya çıkmaktadır. Topraktaki yüksek tuz konsantrasyonuna bağlı olarak suyun bitki kökleri tarafından alınması zorlaşır ve su dengesi bozulan bitkilerde yaprak gelişimi, fotosentez kapasitesi ve kök büyümesi olumsuz etkilenir. Besin elementi alımının engellenmesi, hücresel fonksiyonların bozulmasına neden olur. Tuzlu ortamda besin elementlerinin dengesizliği, özellikle azot, fosfor ve kalsiyum alımının azalması, bitkide metabolik aktivitelerin yavaşlamasına ve verimin düşmesine yol açar. Tuzluluğun etkisi sadece büyüme safhasıyla sınırlı kalmaz; aynı zamanda tohum çimlenmesi, çiçeklenme ve tohum oluşumu gibi üretimin kritik dönemlerini de olumsuz etkiler. Yüksek tuzluluk, tohumların çimlenmesini geciktirir veya engellerken, çiçek ve meyve gelişimini olumsuz etkileyerek toplam verimi azaltır. Ayrıca, tuz stresine bağlı olarak ürün kalitesi de düşer. Her bitki türü tuzluluğa karşı farklı tolerans seviyelerine sahiptir. Bazı bitkiler yüksek tuz konsantrasyonlarına karşı daha dayanıklı iken, çoğu kültür bitkisi nispeten düşük tuzluluk seviyelerinde dahi verim kaybı yaşar. Bu tolerans, tuz konsantrasyonu, tuzların türü, çevresel koşullar ve genetik faktörlere bağlı olarak değişir (Heuvelink ve ark., 2003; Munns ve Gilliam, 2015; Zörb ve ark., 2019).

2.3.1. Bitkilerde tuz stresine karşı savunma mekanizmaları

Bitkiler, çevresel stres faktörlerine karşı yüksek derecede esneklik gösteren karmaşık adaptasyon sistemleri geliştirmiştir. Özellikle tuzluluk stresi, tarımsal üretimde verim düşüklüğü, fizyolojik bozulmalar ve ürün kalitesinde azalmalar gibi olumsuzluklara neden olan en yaygın abiyotik stres faktörlerinden biridir. Bitkilerin bu strese karşı geliştirdiği tepkiler morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler düzeyde gerçekleşmektedir. Tuz toleransı iyon dengesinin (homeostazis) korunması ve iyonların uygun hücre bölmelerine taşınması (kompartimentalizasyon) başta olmak üzere, ozmotik adaptasyon ve reaktif oksijen türlerinin (ROS) detoksifikasyonu gibi çeşitli fizyolojik süreçlerle sağlanmaktadır. Absisik asit, auksin, salisilik asit, jasmonik asit, sitokininler, giberellinler ve etilen gibi fitohormonlar bitkilerin tuzluluğa verdiği tepkileri düzenlemede ve tuz toleransının tesisinde temel roller üstlenmektedir. Ayrıca, tuz

stresine özgü çok sayıda gen ve transkripsiyon faktörü bu koşullarda regüle edilmekte ve bitkilerin stres ortamına adaptasyonunu sağlamaktadır.

Tuzluluğa karşı geliştirilen fizyolojik adaptasyonların başında ozmotik düzenleme yer almaktadır. Bu süreçte prolin, çözünür şekerler, glisin ve betain gibi organik bileşikler ön plana çıkar. Bu bileşikler, düşük molekül ağırlığına sahip olup hücre zar yapısını stabilize ederken aynı zamanda ROS detoksifikasyonuna da katkı sağlamaktadır (Zhang ve Shi, 2013; Fahad ve ark., 2015; Sharma ve ark., 2019; Arif ve ark., 2020; Yu ve ark., 2020).

Glisin betain, bu bağlamda birçok bitkide susuzluk ve tuz stresi koşullarında önemli miktarda biriken kuaterner bir amonyum bileşiğidir. Özellikle kloroplastta sentezlenip burada biriken glisin betain, tilakoid zarının ozmotik dengesini düzenleyerek fotosentez verimliliğini sürdürür (Gül ve ark., 2020; Zhu ve ark., 2022). Prolin, tuz stresine karşı tepki veren diğer önemli osmolitlerden biridir. Bu bileşik, hem osmotik dengeyi sağlamakta hem de hücre turgorunun korunmasına yardımcı olmaktadır. Aynı zamanda prolin bir antioksidan olarak görev yaparak ROS'ların nötralize edilmesine katkı sunar. Tuz stresinin, prolin biyosentezinden sorumlu genlerin ekspresyonunu tetiklediği ve bunun sonucunda prolin birikiminin gerçekleştiği çeşitli çalışmalarla gösterilmiştir (Çelik ve Atak, 2012; Abdelhamid ve ark., 2013).

Çözünür şekerler de tuz toleransı açısından önemli bileşiklerdir. Bu şekerler (glukoz, sakkaroz gibi), hücre içi iyon toksisitesine karşı proteinleri ve enzimleri stabilize ederek koruyucu görev görür (Singh ve ark., 2022; Rocchi ve ark., 2024). Tuz stresi, iyonik dengesizliklere yol açarak bitkinin gelişimi, fotosentezi, kök mimarisi ve besin elementi alımını olumsuz etkiler. Ancak bitkiler, iyon alımını düzenleyerek ve iyonları hücre içindeki farklı bölmelere yönlendirerek bu stresle baş edebilir. Bu süreçte iyon homeostazı temel bir mekanizmadır. Özellikle Na⁺'un aşırı birikimi bitki hücreleri için toksik olduğundan, bu iyonun hücre içine girişinin sınırlandırılması, hücre dışına atılması veya vakuole alınarak zararsız hâle getirilmesi gerekir (Demidchik ve Maathuis, 2007; Sevgi ve Leblebici, 2023).

2.3.2. Tuz toleransını artırmaya yönelik bitki ıslah stratejileri

Tuzluluğa karşı toleransı artırmak amacıyla bitki ıslahı, uzun yıllardır bilim insanlarının yoğunlaştığı bir araştırma alanı olup bu konuda birçok çalışma yapılmıştır. Son yıllarda

moleküler ve biyoteknolojik teknikler ile genetik kaynakların modifikasyonuna yönelik tekniklerin ilerlemesi, tuz toleransının artırılmasında kayda değer gelişmelere yol açmıştır. Bu süreçte, geleneksel ıslah yöntemleri — örneğin melezleme, seleksiyon, poliploidi oluşturma ve introgresyon teknikleri — özellikle yabancı akrabaların tuz toleransına katkı sağlayacak gen kaynakları olarak kullanılması sayesinde oldukça etkili sonuçlar vermiştir. Yabancı türler, modern çeşitlerin gen havuzunda bulunmayan genetik varyasyonları barındırdıkları için tuz toleransının iyileştirilmesinde önemli bir genetik kaynak oluşturmaktadırlar.

Ancak geleneksel ıslah yöntemlerinde bazı sınırlamalar mevcuttur. Birçok kültür bitkisinin gen havuzu, tuz stresi gibi abiyotik streslere karşı sınırlı genetik çeşitliliğe sahiptir. Bu durum, ıslah sürecinin hem zaman alıcı hem de iş gücü açısından yoğun olmasına neden olmaktadır. Ayrıca istenmeyen genlerin istenilen özelliklerle birlikte taşınması, öngörülemez sonuçlar doğurabilmekte ve türler arası ya da cinsler arası gen transferini zorlaştıran üreme engelleri nedeniyle tuz stresine karşı dayanıklılık veya tolerans oluşturan genlerin aktarılması mümkün olmamaktadır. Islahçıların çoğunlukla denemelerini optimal çevre koşullarında gerçekleştirmesi de stres toleransı geliştirme çabalarının başarısını kısıtlayan önemli faktörlerden biridir. Bunun yanı sıra abiyotik streslerin karmaşık doğası ve bitkilerin bu streslere gelişim evrelerine göre farklı duyarlılıklar göstermesi, yüksek tuz toleransı seçimi için kriterlerin belirlenmesini daha da karmaşık hâle getirmektedir (Ashraf ve Wu, 1994; Turan ve ark., 2012; Afzal ve ark., 2023). Bununla beraber, tuz stresi başta olmak üzere abiyotik stres faktörlerine toleran veya dayanıklı akraba türler kullanılarak ya da bu türler ile kültür çeşitleri melezlenerek dayanıklı/toleran anaç ıslahında önemli başarılar sağlanmıştır. Domates, patlıcan, hıyar, karpuz gibi sebze türlerinde bu yolla geliştirilmiş çok sayıda ticari anaç bulunmaktadır (King ve ark., 2010).

2.4. Alkalinite

Toprak alkalitesi, bitki gelişimini doğrudan etkileyen temel toprak özelliklerinden biridir. Alkalinite, genellikle toprakta pH seviyesinin 7'nin üzerinde olmasıyla tanımlanır ve özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde yaygın olarak görülür. Dünya genelindeki toprakların yaklaşık %33,3'ü alkali özellik göstermektedir (Shang ve ark., 2021). Bu toprakların oluşumu; iklim, jeoloji, topoğrafya ve insan faaliyetlerinin uzun

dönemli etkileşimleri sonucunda şekillenmektedir (Sabljic, 2009; Wang ve ark., 2024). Alkalinite, toprakta biriken kalsiyum karbonat (CaCO_3) ve magnezyum karbonat (MgCO_3) gibi bazik bileşiklerden kaynaklanır. Özellikle düşük yağış miktarının görüldüğü ve buharlaşmanın yüksek olduğu bölgelerde, bu tuzlar toprak yüzeyinde kalır ve birikim oluşturur. Yetersiz drenaj ve düşük kaliteli sulama suyu da bu süreci hızlandıran faktörlerdendir.

Alkali topraklarda pH değeri genellikle 8'in üzerindedir ve bu yüksek pH, birçok makro ve mikro besin elementinin bitki tarafından alınabilirliğini düşürür. Özellikle demir (Fe), çinko (Zn), mangan (Mn) ve fosfor (P) gibi elementlerin çözünürlüğü azalır. Bu durum, bitkilerde kloroz gibi besin elementi eksikliği belirtilerine neden olur (Sabljic, 2009; Rengasamy ve ark., 2022). Toprak yapısı da alkali koşullardan olumsuz etkilenir. Yüksek sodyum (Na^+) seviyeleri, toprak partiküllerinin dağılmasına yol açar; bu da gözenekliliği ve su geçirgenliğini azaltır. Sonuç olarak, köklerin su ve hava alımı zorlaşır, kök gelişimi engellenir ve bitki, kuraklık benzeri stres semptomları gösterir (Rengasamy ve ark., 2022). Aynı zamanda, toprak mikroorganizmalarının aktivitesi de yüksek pH nedeniyle düşer. Organik maddenin ayrışması yavaşlar ve toprağın biyolojik aktivitesi azalır. Alkali topraklar, tuz içerikleri ve pH değerlerine göre hafif, orta ve şiddetli olmak üzere sınıflandırılabilir. Hafif alkali topraklarda tuz oranı %3'ten az ve pH 7.1–8.5 aralığındadır. Şiddetli alkali topraklarda ise tuz oranı %6'nın üzerinde ve pH 9.5'in üzerindedir (Bai ve ark., 2016). Bu tür topraklarda bitki gelişimi büyük ölçüde sınırlandırılır ve çimlenme ile çıkış oranları %50'nin altına düşebilir.

Alkalinite, tarımsal üretim açısından önemli bir kısıtlayıcı faktördür. Alkali topraklar, özellikle bitkilerin kök bölgesinde pH'ı yükselterek bitki gelişimini ve verimini azaltır. Bu durum, özellikle yarı kurak ve kurak iklimlerde gıda güvenliği açısından önemli sorunlara yol açabilir. Alkalinite sadece toprağı değil, sulama suyunu da etkileyebilir. Sulama suyunda yüksek düzeyde bikarbonat (HCO_3^-) ve kalsiyum karbonat (CaCO_3) bulunması, toprak alkalinitesini daha da artırabilir (Marschner, 1995). Topraktaki HCO_3^- iyonları, özellikle K^+ , Ca^{2+} ve Mg^{2+} gibi besin elementlerinin bitki tarafından alınmasını zorlaştırır. Ayrıca, HCO_3^- , demirin (Fe) bitki tarafından kullanılabilirliğini azaltarak klorozise ve buna bağlı verim kayıplarına yol açar (Pissaloux ve ark., 1995; Savvas ve ark., 2010).

Toprak alkalinitesinin yönetimi için çeşitli stratejiler geliştirilmiştir. Öncelikle, toprak pH'nın düşürülmesi hedeflenmelidir. Bu amaçla elementel kükürt, amonyum sülfat ve sülfürik asit gibi asitleştirici maddeler kullanılabilir (Sabljić, 2009). Bunlar, toprağın asiditesini artırarak pH'ı düşürür ve besin elementlerinin alımını kolaylaştırır. Organik madde uygulamaları da alkali toprakların yönetiminde önemli rol oynar. Kompost, çiftlik gübresi ve yeşil gübre gibi materyaller, toprak yapısını iyileştirerek su tutma kapasitesini ve hava geçirgenliğini artırır. Ayrıca, mikrobiyal aktiviteyi destekleyerek organik asitlerin üretimini ve toprak asitliğini artırır. Organik maddeler, aynı zamanda besin elementlerinin şelatlaşmasını sağlayarak bitkiler için daha kolay erişilebilir hâle getirir (Wang ve ark., 2023).

Yetersiz drenaj sistemleri, alkali toprakların yayılmasında önemli bir rol oynar. Bu nedenle drenajın iyileştirilmesi ve uygun sulama sistemlerinin kurulması gereklidir. Damla sulama gibi yöntemler, tuzların yüzeyde birikmesini önler ve toprak profilinin daha derinlerine su taşınmasını sağlar. Ayrıca, daha düşük pH seviyesine sahip sulama sularının kullanılması, toprak alkalinitesini düşürmede etkili olabilir (Wang ve ark., 2024). Bölgeye uygun alkali toleranslı türlerin seçimi, alkali koşulların olumsuz etkilerini azaltmada etkili bir yöntemdir. Örneğin *Hordeum vulgare* (arpa), *Avena sativa* (yulaf) ve bazı baklagiller yüksek pH koşullarına toleranslı türlerdir (Sabljić, 2009). Bu bitkiler, alkali koşullarda daha iyi gelişim göstererek tarımsal verimliliği koruyabilir. Ayrıca, düzenli toprak analizleri ile pH ve besin düzeylerinin izlenmesi, toprak yönetimi stratejilerinin başarısını değerlendirmek açısından önemlidir. Özellikle sebze yetiştiriciliğinde alkali toprak koşullarının olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla tolerant anaçlar üzerine aşılama, etkili bir yöntem olarak öne çıkmaktadır.

2.5. İklim Değişikliğinin Toprak Tuzluluğu ve Alkaliliğine Etkisi

İklim değişikliği, toprak tuzluluğu ve alkaliliği üzerindeki etkileri ile tarımsal üretim ve toprak sağlığı için önemli tehditler oluşturmaktadır. Özellikle kuraklıkların ve aşırı hava olaylarının artması, su yönetimi sorunları ve tarımsal uygulamalar, toprakların kimyasal özelliklerini olumsuz yönde değiştirmektedir. Bu durum hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde gıda güvenliği sorunlarını artırma potansiyeline sahiptir. İklim değişikliği, günümüz dünyasında tarımsal üretimden su kaynaklarına, ekosistemlerden toprak sağlığına kadar geniş kapsamlı etkiler yaratmaktadır. Özellikle

toprak tuzluluğu ve alkaliliği, iklim değişikliğinin etkileri altında giderek önem kazanan ancak yeterince derin incelenmemiş kritik toprak özelliklerindedir. Son yıllarda dünya genelinde yaşanan kuraklık ve sel olaylarının artışı, iklim değişikliğinin doğrudan bir yansıması olarak görülmektedir (Dai, 2011). Bu aşırı hava olaylarının artış eğilimi, iklim değişikliğinin etkilerinin sıklık ve şiddet bakımından arttığını göstermektedir (Dai, 2011).

Dünyanın en verimli tarım alanlarından bazıları, aynı zamanda su kaynaklarının kıt olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde yer almaktadır. Ancak iklim değişikliği, bu bölgelerde yağış rejimlerini olumsuz etkileyerek, özellikle su kıtlığına bağlı toprak tuzluluğu ve alkaliliğinin artmasına neden olmaktadır. İklim değişikliği, tarımsal üretimi doğrudan etkileyen pek çok faktörü değiştirmektedir. Sıcaklık artışı, yağış düzenlerindeki değişiklikler, kuraklık ve aşırı yağış gibi aşırı hava olaylarının yoğunlaşması, bitki büyümesini, ürün verimini, su kullanım etkinliğini ve toprak sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir (Zavaleta ve ark., 2003). Ayrıca, toprakların besin döngülerindeki değişiklikler ve mikrobiyal aktivitedeki artış, organik karbonun azalmasına ve toprak yapısının bozulmasına yol açabilir (Carney ve ark., 2007).

Kuraklıklar, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde toprak tuzluluğu sorununu artırmaktadır. Bu bölgelerde sulama suyu kıtlığı, toprakta biriken tuzların yıkanmasını engellediği için tuz birikimi giderek artar. Bunun yanı sıra, aşırı yağışlar da toprak yapısını bozarak tuzların toprak yüzeyinde düzensiz dağılmasına neden olabilir (Butcher ve ark, 2016). Tuzlu topraklarda bitki köklerinin su alımı zorlaşır; bu da bitki gelişimini ve verimini doğrudan olumsuz etkiler. Tuzluluk, toprak yapısını bozarak geçirgenliği azaltır; ayrıca bitki besin dengesini bozar ve spesifik iyon toksisitesi yaratabilir (Corwin ve Yemoto, 2017).

Toprak tuzluluğu ve alkaliliği, özellikle sulu tarım yapılan alanlarda toprak sağlığı için kritik önemdedir. Tuz birikimi yalnızca bitki büyümesini kısıtlamakla kalmaz, aynı zamanda çölleşme süreçlerini hızlandırır, arazi kullanımını kısıtlar ve toprak erozyonuna neden olur (D'Odorico ve ark., 2013). İklim değişikliğinin etkisiyle artan tuzluluk, tarımsal üretim ve gıda güvenliği açısından önemli bir tehdit olarak karşımıza çıkmaktadır. Toprak alkaliliği, genellikle yüksek pH değerlerine sahip topraklar olarak tanımlanır ve bitkilerin besin alımını zorlaştırır. İklim değişikliği, alkaliliğin artışına dolaylı olarak katkıda bulunabilir. Örneğin, kuraklık ve yüksek buharlaşma, toprağın

yüzeyinde alkali tuzların birikmesine yol açar (Wang ve ark., 2018). Ayrıca, sulama suyunun kalitesinin düşmesi, sodyum karbonat gibi alkali bileşiklerin toprakta birikmesine neden olabilir (Qadir ve ark., 2007). Toprak alkaliliği, özellikle kalsiyum, magnezyum, demir ve çinko gibi elementlerin bitki tarafından alınmasını engeller; böylece besin eksiklikleri ortaya çıkar.

2.6. Sebzelerde Aşılamanın Amacı ve Önemi

Sebzelerde aşılama, başlangıçta biyotik stres faktörlerinin etkilerini azaltmak için kullanılan etkili bir yöntem olarak ortaya çıkmıştır. Toprak fumigantlarının yasaklanmasıyla birlikte alternatif bir strateji olarak gelişen aşılama, günümüzde yalnızca toprak kaynaklı hastalıkları engellemekle kalmayıp, abiyotik streslere karşı da dayanıklılığı artırmak amacıyla yaygınlaşmıştır (Rouphael ve ark., 2010). Dayanıklı yabani genetik kaynakların kullanılması sayesinde, tuzluluk, besin yetersizliği, su stresi, organik kirleticiler ve alkalinite gibi zorlu çevre koşullarında sebze üretimi mümkün hâle gelmiştir (Savvas ve ark., 2010; Schwarz ve ark., 2010). Güçlü anaçların kullanımı, verim artışlarına katkı sağlamış; enerji maliyetlerinin daha etkin yönetilmesini desteklemiştir (Colla ve ark., 2011). Seralarda sürekli yetiştirilen ürünlerde yaygın görülen *Verticillium* solgunluğu, bakteriyel solgunluk ve *Fusarium* solgunluğu ile nematod gibi patojenlere karşı aşılama etkili bir koruma sunmaktadır (Jang ve ark., 2012). Ayrıca, kabakgillerde farklı anaçlar üzerine yapılan aşılama, su baskını, kuraklık ve tuzluluk gibi abiyotik streslere karşı dayanıklılığı artırmaktadır (Rouphael ve ark., 2008; Colla ve ark., 2010).

Aşılama yöntemi, sadece stres toleransını artırmakla kalmayıp; aynı zamanda meyve kalitesi ve verim üzerinde de önemli etkiler yaratmaktadır. Meyve kalitesi, kısmen kök sisteminin özelliklerine bağlıdır ve aşılama yoluyla kök sistemi değiştirilerek bu kalite iyileştirilebilmektedir (Flores ve ark., 2010). Örneğin, topraksız domates yetiştiriciliğinde aşıllı bitkiler, daha yüksek pazarlanabilir verim ve meyve kalitesi oluşturmaktadır (Geboloğlu ve ark., 2011). Ayrıca aşılama, meyve şekli, kabuk rengi, tat ve karoten miktarı gibi kalite parametrelerini de etkileyebilmektedir (Nicoletto ve ark., 2012). Bununla birlikte, bazı çalışmalarda patlıcanlarda *S. torvum* ve *S. sisymbriifolium* anaçlarına aşılamanın C vitamini içeriğinde azalma yaptığı da

bildirilmektedir (Arvanitoyannis ve ark., 2005). Çiçeklenme ve hasat zamanı da aşılama ile etkilenebilen önemli faktörler arasında yer almaktadır. Bazı kabakgillerde aşılama çiçeklenmeyi geciktirirken, anacın türüne bağlı olarak dişi çiçek oluşumunun erkene alınması da gözlenmiştir (Yamasaki ve ark., 1994; Sakata ve ark., 2007).

Gelecekte aşılama tekniklerinin sadece anaç veya kalem odaklı olmaktan çıkarak, her ikisinin birlikte verim verdiği yeni hibrit kombinasyonlara doğru ilerlemesi beklenmektedir. Bu gelişmeler, tarımda alan kullanımını optimize ederken bitkiler arası etkileşim ve kaynak paylaşımı konusunda yeni yaklaşımlar sunmaktadır. Sebze yetiştiriciliğinde aşılama, ekonomik değeri yüksek ancak streslere hassas çeşitlerin kök sistemlerini dayanıklı anaçlarla değiştirme prensibine dayanmakta olup, özellikle domates, patlıcan, biber gibi *Solanaceae* ile karpuz, kavun ve hıyar gibi *Cucurbitaceae* familyası türlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Lee ve ark., 2010; King ve ark., 2010). Bu yöntem, sebzelerde verim ve kaliteyi artıran önemli bir araç olarak benimsenmiştir (Gao ve ark., 2015). Böylece aşılama, sebze üretiminde hem toprak kaynaklı hastalıklarla mücadeleyi kolaylaştırmış hem de çeşitli abiyotik streslere karşı dayanıklılığı artırarak sürdürülebilir üretim olanaklarını genişletmiştir.

2.7. Aşılamanın Tarihsel Gelişimi

Aşılama, biri anaç, diğeri kalem olmak üzere iki farklı bitki parçasının fizyolojik olarak birleştirilmesiyle yeni bir bitkinin oluşturulması esasına dayanan ve doku birleşmesi (kambiyal birleşim) ile gerçekleştirilen eski ve köklü bir tarımsal uygulamadır (Janick, 1986). Bu teknik, uzun yıllar boyunca özellikle meyve ağaçlarında yaygın olarak kullanılmış olsa da sebzelerde kullanımının yaygınlaşması daha geç başlamıştır. Aşılama tekniği, insanlık tarihinin erken dönemlerinden itibaren doğadan edinilen gözlemler ve deneyimlerin bir sonucu olarak evrilmiş ve günümüze kadar ulaşan zengin bir tarihsel arka plana sahiptir. Doğada, birbirine yakın büyüyen bitkilerin dallarının veya köklerinin spontan biçimde birleşmesiyle oluşan “doğal aşılar”, insanlarda bitki parçalarının bilinçli olarak kaynaştırılabileceği fikrini doğurmuş ve aşılama tekniğinin temelini oluşturmuştur (Mudge ve ark., 2009). Bu bağlamda aşılama, sadece tarımsal bir yöntem değil, aynı zamanda doğayla uyumlu bir uygulama hâline gelmiş; uzun yıllar boyunca aktarılmış geleneksel bilginin bilimsel temellere dayandırılmasıyla gelişimini

sürdürmüştür. Aşılama için en erken yazılı kaynaklar, M.Ö. 5. yüzyıla kadar uzanmaktadır. Antik Yunan, Çin ve İncil metinlerinde meyve ağaçlarına yönelik aşı uygulamalarına atıflar yapılmaktadır. Antik Yunan döneminde özellikle zeytin, nar ve incir gibi meyve türlerinde aşılama ile çoğaltma yöntemleri yaygınlaşmıştır. Aynı şekilde, Orta Doğu ve Doğu Asya'da da tarımsal üretimin gelişmesiyle birlikte aşılama teknikleri eşzamanlı olarak ilerlemiştir (Melnik ve Meyerowitz, 2015).

Sebzelerde aşılama çalışmaları, meyve türlerine göre daha sonra başlamış olsa da oldukça köklü bir geçmişe sahiptir. Sebzelerde aşılama ile ilgili ilk uygulamaların yapıldığı Çin'de, aşılama uygulamalarına dair bilgiler M.Ö. 1. yüzyıla ait "Shi-Sheng-Zhi-Shu" adlı kaynakta yer almaktadır. Bu eserde, kabakgiller familyasından olan büyük kabakların "self-grafting" yöntemiyle nasıl üretildiği detaylı şekilde anlatılmaktadır. Bu yöntem, sebze aşılamasına dair ilk yazılı örneklerden biri olarak dikkat çekmektedir (Lee ve Oda, 2003). Daha sonra, 4. yüzyılda kaleme alınan "Qi Min Yao Shu" adlı eserde ise aşılamada anaç seçimi, aşı zamanlaması ve kalem hazırlığı gibi teknik detaylar ayrıntılı biçimde tanımlanmıştır. Sebzelerde aşılamanın ilk uygulamalarına ayrıca Kore'de rastlanmaktadır. Kore'de 17. yüzyılda yazılmış kitaplarda, özellikle *Solanaceae* familyasına ait sebzelerde aşılamaya dair bilgilere rastlanmaktadır. Bu kaynaklarda, sebze yetiştiriciliğinde verim ve meyve büyüklüğünü artırmak amacıyla aşılama tekniklerinin kullanıldığı görülmektedir (Lee ve Oda, 2003). Çin ve Kore'deki yazılı kaynaklar incelendiğinde, sebzelerde aşılamanın Asya kıtasında oldukça eski ve köklü bir geçmişe sahip olduğu anlaşılmaktadır. Avrupa'da ise özellikle Akdeniz havzasında aşılama teknikleri, Antik Yunan ve Roma dönemlerinden itibaren yaygınlaşmıştır. O dönemin tarımsal bilgi birikimi, yazılı metinler aracılığıyla nesiller boyunca aktarılmıştır. Anadolu, Mezopotamya ve Levant bölgesinde (batıda Akdeniz, doğuda ise Mezopotamya ile sınırlandırılan bölge) bu tekniklerin M.Ö. 5. yüzyıldan itibaren kullanıldığına dair veriler bulunmaktadır (Melnik ve Meyerowitz, 2015).

Modern anlamda sebze aşılaması, 20. yüzyılın başlarında özellikle toprak kökenli hastalıklarla mücadele amacıyla gündeme gelmiş ve bilimsel temellere dayalı şekilde uygulanmaya başlanmıştır. İlk sistematik uygulamalar, 1920'li yıllarda Japonya ve Kore'de gerçekleştirilmiştir (Louws ve ark., 2010). Japonya'da, *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*'a karşı dayanıklılığı artırmak amacıyla karpuz fideleri *Cucurbita* spp. anaçlarına aşılanmaya başlanmıştır (Ashita, 1927; Yamakawa, 1983). Bu dönemde

karpuzda aşılamanın önemi ve yararları üreticilere anlatılmış ve aşı fidelerin kullanımı hızla yayılmaya başlamıştır. 1930'lu yıllara gelindiğinde, Japonya'da karpuz yetiştiriciliğinde önemli bir sorun hâline gelen *Fusarium* solgunluğuna karşı aşılamanın etkileri araştırılmış ve karpuzun *Lagenaria siceraria* ve *Cucurbita moschata* anaçlarına aşılansıyla *Fusarium* solgunluğuna karşı etkili bir dayanıklılık sağlandığı anlaşılmıştır (Oda, 2002; Sakata ve ark., 2007). Japonya'da hıyarda aşılama çalışmalarına 1920'lerde başlanmasına karşın, ticari olarak yaygınlaşması 1960'lı yılları bulmuştur (Sakata ve ark., 2008). Sebzelede aşılama çalışmalarına *Cucurbitaceae* familyasında ve özellikle karpuzda başlanmasına karşın, daha sonra *Solanaceae* familyası sebzelede ve özellikle domates ile patlıcanda aşılama çalışmaları ve aşı fideleri kullanımı hızla yayılmıştır. Patlıcanda ticari anlamda ilk aşılama çalışmaları, 1950'li yıllarda patlıcan fidelerinin akraba türlerden *Solanum integrifolium* Lam. (scarlet patlıcanı) üzerine aşılansıyla başlamıştır (Oda, 1999).

Domateste aşılama, 1960'lardan itibaren yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Lee ve Oda, 2003). 1950'li yıllarda seracılık ve plastik tünel kullanımının yaygınlaşması ile birlikte tarımsal üretim yıl boyu sürdürülebilir hâle gelmiştir. Ancak bu durum, geleneksel ürün rotasyonunun bozulmasına ve toprak kökenli hastalıkların yaygınlaşmasına neden olmuştur. Bu bağlamda aşılama yöntemi, toprak hastalıklarına karşı etkili bir önlem olarak bu dönemde yaygınlaşmaya başlamış ve sürdürülebilir üretimde önemli rol oynamıştır (Kubota ve ark., 2008; Lee ve ark., 2010). 1960'lı yıllarda Kore'de anaç ıslah çalışmaları ve anaç-kalem aşı uyuşma denemeleri sistematik olarak artmaya başlamıştır. Bu çalışmalarda anaçların üzerine aşılansın ticari çeşitlerin, toprak kökenli hastalıklardan ve kök-ur nematotlarından korunmasının yanında abiyotik stres faktörlerine karşı etkileri ve anaçların kök gelişim kuvvetlerine bağlı olarak su ve besin elementi absorpsiyon yetenekleri de incelenmeye başlanmıştır.

Daha sonra 1990'lı yıllara gelindiğinde Japonya ve Kore, sebze aşılansında küresel liderliğe ulaşmışlardır. Nitekim Japonya'da *Solanaceae* ve *Cucurbitaceae* familyasına ait türlerin yaklaşık %59'u, Kore'de ise %81'i aşı fidelerle üretilmeye başlanmıştır (Lee, 1994). İnsan ve çevre sağlığı açısından önemli tehditler oluşturan metil bromid gibi kimyasal dezenfektanların kullanılmasının yasaklanması ile birlikte sebze yetiştiriciliğinde toprak kökenli hastalıkların kontrolü için alternatif mücadele yöntemlerinin geliştirilmesi kaçınılmaz hâle gelmiştir (Abawi ve Widmer, 2000). Bu

süreçte, toprak kökenli hastalık ve zararlılara karşı dayanıklı anaçlar üzerine aşılama daha çok önem kazanmıştır. Böylece 21. yüzyılda sebze aşılması, özellikle korumalı tarım uygulamalarında standart bir üretim yöntemi hâline gelmiştir. Çin, Japonya, Kore, Türkiye ve İsrail gibi ülkelerde ticari üretimin temel bileşeni hâline gelen bu teknik, dünya genelinde 20'den fazla ülkede yaygın olarak kullanılmaktadır. Domates, patlıcan, kabak, karpuz ve hıyar gibi türlerde, hem toprak kökenli hastalıkların baskılanmasında hem de verim ve kalite parametrelerinin iyileştirilmesinde etkili bir strateji olarak kabul edilmektedir. Son yıllarda ise alternatif anaçların abiyotik stres faktörlerine karşı tolerans özelliği öne çıkmıştır.

Sonuç olarak, sebze aşılması, tarihsel kökenleri Antik Çağ'a kadar uzanan, doğadaki gözlemlerle şekillenmiş ve zaman içinde bilimsel temellere dayandırılarak evrim geçirmiş bir tarımsal uygulama olmuştur. Sebze aşılmasının tarihsel gelişimi incelendiğinde, Asya'dan Avrupa'ya, İslam dünyasından modern seracılığa kadar geniş bir coğrafyada uygulamanın hem geleneksel hem de bilimsel bilgi birikimiyle beslendiği görülmektedir. Özellikle *Solanaceae* ve *Cucurbitaceae* familyalarındaki türlerde aşılamanın yaygınlaşması, sebze üretiminde sürdürülebilirliği ve hastalıklara karşı bitki sağlığını koruma açısından önemli katkılar sağlamıştır. 21. yüzyılda ise sebze aşılması, yalnızca geleneksel bir uygulama olmaktan çıkıp, korumalı tarım sistemlerinde entegre edilmiş, modern, yüksek verimli ve çevresel riskleri azaltan bir teknolojiye dönüşmüştür. Bu tarihsel seyir, sebze aşılmasının yalnızca bitki fizyolojisine değil, aynı zamanda küresel gıda güvenliğine, çevresel sürdürülebilirliğe ve modern tarım teknolojilerine olan katkılarını da açıkça ortaya koymaktadır. Önümüzdeki süreçte iklim değişikliği, hastalık baskısı ve yoğun üretim sistemleri gibi zorluklar karşısında sebze aşılmasının önemi daha da artacak; araştırma ve uygulama alanlarında yeni tekniklerin geliştirilmesi ile bu yöntem, modern tarımın vazgeçilmez bileşenlerinden biri olmaya devam edecektir.

Türkiye'de sebzelerde aşının kullanılması, dünyadaki gelişim seyrine bakıldığında çok geç başlamıştır. İlk çalışmalar 1980'li yıllarda akademik araştırmalar şeklinde başlamıştır. İlk aşı denemeleri domatesten başlamış (Dizdaroğlu, 1985), daha sonra domates anaçları üzerine patlıcanın aşılması (Vuruşkan, 1989) çalışılmıştır. Yine akademik düzeyde 1990'lı yılların sonu ve 2000'li yıllarda karpuz (Yetişir, 2001) ve kavunda (Yarsı, 2003) çalışmalar yapılmıştır. Türkiye'de ticari anlamda aşı sebze

fidesi üretimine ilk defa 1998 yılında, yaklaşık 70 bin adet aşılı domates fidesi üretilerek başlanmıştır (Tüzel ve Özçelik, 2004). Aşılı sebze fidesi konusunda bilgi ve deneyimin gelişmesi, özellikle örtü altında toprak kökenli patojenlerin zarar düzeyinin artması, metil bromid ve benzeri kimyasal dezenfektanların kullanımının yasaklanması, aşılamanın verim ve erkenciliğe katkı sağladığının anlaşılmasıyla beraber Türkiye’de aşılı fide kullanımı gelişmeye başlamıştır. Türkiye’de 1998 yılında aşılı fide üreten firma sayısı 4 iken, 2020 yılında bu sayı 40’a ve aşılı fide üretim miktarı 250 milyona ulaşmıştır (Yetişir ve Öztekin, 2022). Türkiye’de aşılı fidelerin önemli bir kısmı karpuz ve domateste üretilmekte olup, bunların yanında hıyar, patlıcan ve kavunda da önemli düzeyde üretimler başlamıştır. Sebzelerin aşılmasında kullanılan anaçlar çoğunlukla yabancı orijinli olup, son yıllarda özel sektör ve üniversitelerde anaç ıslahı çalışmalarının hızlandığı ve az sayıda da olsa yerli anaç ve anaç adaylarının geliştirildiği görülmektedir. Yine son yıllarda Balkan ülkelerine aşılı fide ihracatı da başlamıştır.

2.8. Aşılama Anaç ve Kalem İnteraksiyonu

Sebzelere aşılama sadece bir üretim tekniği değil, aynı zamanda genetik, moleküler, metabolik ve fizyolojik düzeylerde karmaşık bir interaksiyon sistemidir. Anaç-kalem uyumu, hormonal sinyalizasyon, metabolit profili, mineral element taşınımı ve moleküler regülasyonların bütünleşik şekilde anlaşılması, aşılamanın verimlilik ve ürün kalitesi açısından optimize edilmesini sağlar. Aşılama, farklı genetik kökenlere sahip iki bitkinin fizyolojik ve yapısal olarak birleşmesini sağlayarak yeni bir birey oluşturma tekniği olarak tanımlanır (Allevato ve ark., 2019). Bu yöntem, özellikle anaç ve kalem arasındaki karmaşık etkileşimlerin biyolojik temelleri incelendiğinde, sebze üretiminde önemli bir rol oynamaktadır. Anaç-kalem etkileşimleri, sadece bitki gelişimini değil, aynı zamanda streslere karşı tolerans, metabolik aktivite ve ürün kalitesini de etkileyen çift yönlü bir iletişim ağıdır. Bu iletişim, hormonal sinyallerden besin elementlerinin taşınmasına, uzun mesafeli RNA ve protein taşınımına kadar çeşitli moleküler mekanizmalarla sağlanır (Albacete ve ark., 2015; Fullana-Pericàs ve ark., 2020).

Aşılama en önemli sorunlardan biri olan aşı uyumsuzluğu, genellikle uzun vadede ortaya çıkan yapısal ve fizyolojik sorunlarla kendini gösterir. Anormal kallus dokusu

oluşumu, vasküler bağlanma problemleri ve metabolik dengesizlikler, uyumsuzluğun temel belirtilerindedir. Bu uyumsuzluk genellikle anaç ve kalem genetik uyumunun yetersiz olmasından kaynaklanır (Rasool ve ark., 2020). Uyumsuzluk durumlarında, aşı birliği zayıflar, su ve besin taşınımı kısıtlanır ve sonuç olarak bitki gelişimi olumsuz etkilenir. Öte yandan, başarılı aşıli kombinasyonlarda metabolit profilleri farklılık gösterir; örneğin domateste farklı anaçlara yapılan aşılama, uçucu bileşiklerin bileşimini değiştirerek meyve lezzetini etkiler (Jukic Spika ve ark., 2021). Benzer şekilde, karpuzda interspesifik aşılama meyve sertliğini artırmakta ve iç boşluk oluşumunu azaltmaktadır; bu, hücre duvarı polisakkaritlerindeki değişikliklerle ilişkilidir (Trandel ve ark., 2021). Bu veriler, anaç-kalem interaksiyonlarının sadece büyüme ve stres toleransını değil, aynı zamanda ürün kalitesini de önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymaktadır. Moleküler düzeyde yapılan araştırmalar, aşılama sonrası uzun mesafeli RNA ve protein taşınımının anaç-kalem uyumu ve stres tepkilerinde kritik rol oynadığını göstermektedir (Li ve ark., 2022). Örneğin, sebze türlerinde aşı birleşme bölgesinden taşınan moleküller hem gelişme düzenleyicileri hem de çevresel uyum sinyalleri olarak görev yapar.

Anaç seçimi, aşılamanın başarısında merkezi bir faktördür. Özellikle biyotik stresler altında farklı dirençli anaçların kullanımı, bitkilerin verim performansını önemli ölçüde etkiler. Expósito ve ark. (2020), domates ve kavunda nematod dirençli anaçların biyotik stres koşullarında da verimi koruduğunu, ancak bu etkinin tür ve genotipe özgü olduğunu belirtmektedirler. Anaç-kalem kombinasyonlarının genetik uzaklığı arttıkça, moleküler ve fizyolojik adaptasyon mekanizmaları daha karmaşık hâle gelir. Bu durum, transkriptom düzeyinde geniş değişimlere ve epigenetik modifikasyonlara neden olabilir (Bantis ve ark., 2022). Fizyolojik açıdan anaç-kalem etkileşimi, bitki büyümesi, gelişimi ve çevresel uyumu etkiler. Bu etkileşimler, fitohormon sentez ve taşınımını değiştirerek bitki içi sinyal ağlarını şekillendirir (Lee ve ark., 2010; Wang Q. ve ark., 2017). Örneğin, fitohormonlar arasında yer alan auksin (IAA), sitokinin, jasmonik asit, absisik asit, gibberellik asit ve strigolaktonlar; anaç ve kalem arasında taşınarak büyüme ve stres tepkilerini düzenler (Li ve Li, 2019). Mineral elementlerin kökten alınıp ksilem ile yukarı taşınması, aşıli bitkilerde bitki gelişimi ve stres toleransında önemli bir rol oynar. Mineral elementlerin alım ve taşınım süreçleri, anacın genotipine ve anaç-kalem

etkileşimine bağlı olup; bu süreçlerin gen ve protein düzeyinde düzenlenmesi henüz tam olarak çözülememiştir (Shabala, 2003).

Moleküler, biyoteknoloji ve biyoinformatik alanındaki gelişmeler, sebzelerde anaç-kalem arasındaki uzun mesafeli molekül taşınımı ve çift yönlü etkileşimlerin anlaşılmasında ilerlemeler sağlamıştır (Warschefsky ve ark., 2016). “Omics” yaklaşımlarının (transkriptom, proteom, metabolom) aşu uyuşmazlığı ve uyumu üzerine kullanılması, bu karmaşık mekanizmaların çözümünde önemli rol oynamaktadır. Ayrıca, genetik uzaklığı yüksek olan anaç-kalem kombinasyonlarında epigenetik değişiklikler de aşu performansını etkileyebilir (Bantis ve ark., 2021).

2.9. Sebzelerde Aşılamanın Abiyotik Stres Faktörlerine Karşı Kullanılması

Sebze yetiştiriciliği çoğunlukla açıkta yapılmakla beraber, dünyanın birçok bölgesinde örtü altında da yaygın olarak yapılmaktadır. Hem açıkta hem de örtü altında yapılan yetiştiriciliklerde birçok çevresel faktör, verim ve kaliteyi olumsuz etkilemektedir. Özellikle toprak kökenli stres faktörlerinden kuraklık, tuzluluk, yüksek ve düşük toprak sıcaklığı, alkalilik, ağır metal kirliliği ve düşük veya yüksek besin elementi toksisitesi, çözüm gerektiren abiyotik stres faktörleridir. Aşılama, sebzelerde biyotik stres faktörlerine karşı geliştirilmiş bir yöntem olmasına karşın; sahip oldukları kuvvetli ve toprak derinliklerine inen kök yapıları, köklerinde salgıladıkları bazı hormon ve enzimler ve köklerin yüksek su ve besin elementi absorpsiyonu sayesinde, aşılama kullanılan bazı anaçların toprak kökenli abiyotik stres faktörlerine karşı da önemli ölçüde tolerans sağladıkları bilinmektedir (Colla ve ark., 2010; Savvas ve ark., 2010; Schwarz ve ark., 2010).

2.9.1. Sıcaklık stresi

Cucurbitaceae ve *Solanaceae* familyasına ait sebzeler, kökenleri itibarıyla termofilik bitkilerdir. Bu nedenle dona dayanıklı değildir ve sıfırın altındaki hava sıcaklıkları, bitkilerin ölümüne neden olur. Öldürücü olmayan düşük sıcaklıklar, hücresel homeostazı bozar ve fotosentez, elektron taşınması, karbon indirgeme döngüsü ve stomatal iletkenlik gibi temel fizyolojik süreçleri etkileyerek bitki metabolizması

üzerinde yıkıcı etkiler yaratır (Suzuki ve Mittler, 2006; Allen ve Ort, 2001). Düşük ve yüksek sıcaklıklara maruz kalma süresi ve şiddetine bağlı olarak bitkilerde ölüme kadar varan zararlar oluşabilir.

Yüksek sıcaklık stresi, çoğunlukla örtü altı yetiştiriciliğinde sıkça karşılaşılan sorunlardan biridir ve serada yetişen sebzelerde morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler değişimlere neden olur (Wang ve ark., 2003; Wahid ve ark., 2007; Bita ve Gerats, 2013). 35°C üzerindeki sıcaklıklar, *Solanaceae* familyasına ait sebzelerin yetiştiriciliğini sınırlandırırken, *Cucurbitaceae* familyası için bu sınır daha yüksektir (Bita ve Gerats, 2013). Düşük ve yüksek hava ve toprak sıcaklıklarına karşı dayanıklı veya tolerant çeşitlerin ıslah çalışmaları çok yönlü sürdürülmekte olup, bu alanda elde edilen ilerlemeler sınırlı kalmıştır. Bitkileri zararlı sıcaklıklardan koruyan gelişmiş yetiştirme sistemleri kullanılmakta olup, bu sistemlerin uygulama zorlukları ve yüksek maliyetleri etkili olmaktadır. Alternatif çözüm önerilerinden biri de düşük ve yüksek sıcaklıklara karşı tolerant anaçlar üzerine aşılama yapılmasıdır (Schwarz ve ark., 2010). Sıcaklık stresine karşı tolerant olan bir anaç, kuvvetli ve yaygın kök yapısı sayesinde kök bölgesindeki düşük sıcaklıklara (toprak veya substrat içindeki) karşı dayanıklılığı artırarak kökün su alım potansiyelini yükseltmekte ve aynı zamanda üzerine aşılı bitkinin yüksek hava sıcaklıklarında terleme yoluyla kaybettiği suyu telafi ederek toleransını artırabilmektedir. Sebzelerde aşılamanın düşük ve yüksek sıcaklıklara etkisini inceleyen çalışmalar, sıcaklık stresinin olduğu ortamın (toprak veya hava), kalemin türü ve anacın özelliklerine bağlı olarak bu etkinin başarılı veya başarısız olabileceğini belirtmektedirler. El-Sayed ve ark. (2014), yüksek ve düşük sıcaklıklarda Ferro anacına yapılan aşılamalarda hıyarın bitki boyu, meyve özellikleri ve verimini artırdığını; düşük sıcaklık koşullarında Bottle Gourd anacının toplam şeker miktarını, Ferro anacının ise kuru madde ve indirgen şeker oranını artırdığını belirtmektedirler. Benzer şekilde den Nijs (1981), düşük sıcaklıkta *Cucurbita ficifolia* üzerine aşılamanın hıyarlarda hem hayatta kalma oranının hem de erkenci verimin %200'e varan oranlarda arttığını bildirmektedir. Aşılı domateslerde yapılan çalışmalarda da benzer etkiler gözlenmiştir. Ntatsi ve ark. (2014), soğuğa tolerant *S. habrochaites* (LA 1777) anacına aşılamanın domateslerde kök ve sürgün gelişiminin kontrole göre daha güçlü olduğunu; düşük sıcaklıklarda antioksidan enzim düzeylerini artırarak oksidatif stresi azalttığını

rapor etmişlerdir. Bununla beraber, bu anaç üzerine aşılamanın meyve tutumunu olumsuz etkilediğini de belirtmektedirler.

Biberde yapılan bir çalışmada Ropokis ve ark. (2019), düşük sıcaklıkta aşılamanın verimi artırdığını; su ve besin elementi alımındaki verimliliğin ise anaç-kalem kombinasyonuna bağlı olarak değiştiğini ortaya koymuşlardır. Qin ve Liu (2021), dört farklı domates anacına aşıladıkları patlıcan fidelerinin yüksek sıcaklık stresine karşı tepkilerini incelemişler ve anaca bağlı olarak değişmekle beraber, aşılamanın SOD aktivitesi ve klorofil içeriğini artırdığını, MDA miktarını ise azalttığını belirtmektedirler.

2.9.2. Tuzluluk stresi

Tarımsal üretimde kullanılan toprak ve sulama sularının tuzluluğu dünya genelinde üreticiler için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Tuz stresi, sebzelerde büyüme gerilemesi, verim kaybı ve kalitenin düşmesi gibi olumsuz sonuçlara yol açmaktadır. Bitkilerde tuz toleransının artırılması ise karmaşık ve çok sayıda genin etkileşimiyle belirlenen bir özellik olduğundan, geleneksel ıslah çalışmaları bu konuda sınırlı başarı sağlamaktadır. Bu nedenle, sebzelerde tuz toleransını iyileştirmek amacıyla kullanılan pratik ve sürdürülebilir bir yöntem olarak aşılamanın önemi giderek artmaktadır. Özellikle *Cucurbitaceae* ve *Solanaceae* familyalarına ait sebzelerde yaygın olarak kullanılan bu yöntem, tuz stresi altında verim kaybını azaltmak için günümüzde en etkili çözüm yollarından biri durumundadır (Singh ve ark., 2020; Niu ve ark., 2022). Tuz stresi kaynaklı iyon toksisitesi, bitkilerde Na^+ ve Cl^- iyonlarının aşırı birikimiyle oluşmaktadır. Aşılama, tolerant anaçların kök yapısı sayesinde bu zararlı iyonların sürgünlere taşınmasını sınırlandırmaktadır. Domateste tolerant anaçlar üzerine aşılamanın bitkilerde Na^+ ve Cl^- elementlerinin yapraklara taşınımı kısıtlanmakta, böylece iyon toksisitesi azaltılmaktadır (Estan ve ark., 2005). Benzer şekilde, hiyarda tolerant kabak anaçları üzerine aşılamanın bitkilerin sürgünlerinde Na^+ birikimi engellenerek yaprakların Na^+/K^+ oranı düşmekte ve K^+ içeriği korunmaktadır (Zhu ve ark., 2008). Qian ve ark. (2013), tuz stresi altında aşılı bitkilerde Na^+/K^+ oranının önemli ölçüde düştüğünü; N, P, Ca, Mg ve mikroelementlerin dengeli alımının devam ettiğini, aşılamanın besin elementi homeostazını koruyarak tuz stresi altında bitki metabolizmasının sürdürülebilirliğini sağladığını belirtmektedirler.

Aşılama, tuz stresinin iyonik zararlarını minimize ederek bitki büyümesini desteklemektedir. Tuz stresi, hücrelerde reaktif oksijen türlerinin (ROS) birikimine yol açarak oksidatif stresi artırır. Aşılı sebzelerde ise antioksidan enzim aktiviteleri (SOD, CAT, POD) önemli ölçüde artar; bu sayede ROS'ların zararlı etkileri azaltılır (Liu ve ark., 2007). Patlıcan üzerinde yapılan çalışmalarda, 'Torvum Vigor' anacına aşılamanın hidrojen peroksit ve malondialdehit seviyelerini düşürdüğü ve antioksidan enzim aktivitelerini %25–30 oranında artırdığı, aşılamanın hücresel düzeyde tuz stresine karşı koruyucu rol oynadığı belirtilmektedir (Liu ve ark., 2007).

Tuz stresinin yol açtığı fotosentez hızı ve klorofil içeriğindeki azalma, aşılı bitkilerde daha az gözlenmektedir (Liu ve ark., 2007). Ayrıca Zhou ve ark. (2010), aşılamaya bağlı olarak patlıcanlarda tuz hasar indeksinin önemli oranda azaldığını; prolin birikimi, kök aktivitesi ve çeşitli enzim aktivitelerinin arttığını, prolin gibi osmotik regülatörlerin artışının hücre içi su dengesinin korunmasına yardımcı olarak tuz stresine karşı dayanıklılığı desteklediğini bildirmektedirler. Domateste aşılamanın tuz stresine karşı koruyucu etkileri birçok araştırma ile doğrulanmıştır. Estan ve ark. (2005), tuzlu ortamlarda tolerant anaçlar üzerine aşılamanın domateslerin meyve verimlerinde %80'e varan oranlarda artış sağladığını; Singh ve ark. (2020) ise tolerant anaçların seçilmesi ve anaç-kalem etkileşimlerinin tuz stresi altında büyüme, verim ve kaliteyi olumlu yönde etkilediğini belirtmektedirler. Zhu ve ark. (2008), tolerant kabak anaçlarını kullanarak yaptıkları aşılama da hıyarda Na^+ birikiminin yapraklarda azaldığını, K^+ seviyelerinin korunduğunu ve böylece bitki büyümesinin iyileştiğini; tuz toleransının ise aşılı bitkilerde hem anacın hem de kalemin genotipine bağlı olduğunu vurgulamaktadırlar. Liu ve ark. (2007), patlıcanın 'Torvum Vigor' anacı üzerine aşılamanın 100 mM NaCl stresinde antioksidan enzim aktivitelerinde artış sağladığını ve reaktif oksijen türlerinin azaldığını; Zhou ve ark. (2010) ise *Solanum torvum*'un anaç olarak kullanıldığında patlıcanda 800 mmol/L'ye kadar NaCl konsantrasyonlarında tuz hasar indeksinin %45'e varan oranda düştüğünü belirtmektedirler. Qian ve ark. (2013), deniz suyunun kullanıldığı patlıcan yetiştiriciliğinde aşılı bitkilerin besin elementi alımını dengelediğini ve Na^+/K^+ oranını düşürerek deniz suyu stresine karşı önemli bir koruma sağlandığını bildirmektedirler.

Yukarıdaki çalışmalar, farklı sebze türlerinde aşılamanın tuzluluk stresine karşı büyüme, su ilişkileri, iyon alımı, antioksidan savunma mekanizmaları ve verim

açısından önemli iyileştirmeler sağladığını göstermektedir. Tuzluluk stresinin olumsuz etkilerinin azaltılmasında uygun anaç seçimi önemli rol oynamaktadır.

2.9.3. Ağır metal ve iz element toksisitesi

Tarım topraklarının ve sulama sularının kirlenmesi, gıda zincirinde toksik elementlerin birikimine neden olan önemli çevresel tehditlerden biridir. Kadmiyum (Cd), nikel (Ni), krom (Cr) gibi ağır metallerin yanı sıra bakır (Cu), manganez (Mn) ve bor (B) gibi iz elementlerin çevredeki antropojenik faaliyetlerle birlikte toprak ve su sistemlerinde birikmesi hem bitki sağlığını hem de insan beslenmesini tehdit eden önemli bir soruna dönüşmüştür. Bu elementlerin çoğu, çok düşük konsantrasyonlarda dahi toksik etki gösterebilmekte ya da bitki dokularında herhangi bir görünür semptom oluşturmadan birikerek verim ve kalite kaybına neden olabilmektedir (Rouphael ve ark., 2010; Alloway, 2012). Ağır metallerin ve iz elementlerin yüksek düzeylerde bulunması, bitkilerde büyüme geriliği, fotosentezde azalma, oksidatif stres, hücre zarı hasarı, klorofil sentezinin engellenmesi ve hatta hücre ölümü gibi sonuçlar doğurabilir. Cd, bitki hücreleri içerisinde Zn ve Ca gibi temel elementlerin yerini alarak enzim fonksiyonlarını ve kloroplast yapısını bozar. Cu, normal koşullarda mikronutrient olmasına rağmen, yüksek konsantrasyonlarda reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimini tetikler ve oksidatif strese neden olur. Benzer şekilde B, çok dar bir optimum aralığa sahip olup eksikliği kadar fazlalığı da ciddi fizyolojik bozukluklara yol açabilir (Brown ve ark., 2002; Edelstein ve ark., 2017). Bu elementlerin kökten alınıp ksilem yoluyla bitki organlarına taşınmasıyla birlikte, özellikle meyve dokularında birikimi insan tüketimi açısından ciddi bir risk oluşturmaktadır. Örneğin Japonya'da yapılan bir çalışmada, patlıcan meyvelerinin yaklaşık %7'sinde uluslararası kadmiyum sınır değerinin üzerinde Cd konsantrasyonu saptanmıştır (Arao ve ark., 2008). Bu durum, gıda güvenliği açısından son derece kritik olup, tarımsal üretim sistemlerinde ağır metal taşınımını azaltacak biyolojik yöntemlerin uygulanmasını zorunlu kılmaktadır.

Son yıllarda yapılan çok sayıda çalışma, sebzelerde farklı anaçlarla yapılan aşılama uygulamalarının ağır metallere karşı toleransı artırabildiğini göstermiştir. Aşılama, sadece bitkinin gelişmesini ve verimini artırmakla kalmaz, aynı zamanda toksik elementlerin kökten alınmasını ya da sürgünlere taşınımını da kısıtlayarak bitki

dokularındaki birikimi azaltabilir. Bu özellik, özellikle Cd, Cu, Mn ve B gibi toksik elementlerin kontrol altına alınması için umut verici bir biyolojik filtreleme stratejisi olarak görülmektedir (Savvas ve ark., 2010).

Rouphael ve ark. (2008), hıyarda Cu toksisitesine karşı aşılama uygulamasını araştırmış ve Shintoza tipi (*C. maxima* × *C. moschata*) anaç üzerine aşılamanın bitkilerin, Cu içeren çözeltilerle büyütüldüğünde daha düşük yaprak Cu konsantrasyonu gösterdiğini tespit etmiştir. Bu durum, Cu alımının ve sürgünlere taşınımının sınırlandırılması ile açıklanmıştır. Aynı çalışmada, 47 ve 94 µM Cu ile muamele edilen aşılı bitkilerde yaprak Cu seviyeleri sırasıyla %138 ve %181 artarken, aşısız bitkilerde bu oranlar %235 ve %392 artmıştır. Araştırmacılar, aşılamanın Cu toksisitesine karşı etkili bir tampon görevi gördüğünü ortaya koymuştur. Kavunda bor toksisitesinin aşılı bitkilerde etkisini araştıran Edelstein ve ark. (2011), *C. maxima* × *C. moschata* anacına aşılacakları kavunların kontrol bitkilerine göre bor toksisitesinden daha az etkilendiğini ve verimde düşüş yaşanmadığını belirtmektedirler. Araştırmacılar, aşılı bitkilerin yapraklarındaki bor konsantrasyonunun aşısız bitkilere göre anlamlı düzeyde daha düşük bulunduğunu; bu da aşılamanın yüksek konsantrasyonlu B elementinin kökler tarafından alınması ve taşınmasının sınırlandırıldığını ve anaçların kökleri sayesinde fazla boru kökte tutma ya da sürgüne taşımama yeteneğinden kaynaklandığını ileri sürmektedirler.

Cd, toprakta birikimi en çok tartışılan ağır metallere biridir. Patlıcan (*S. melongena*) gibi tüketimi yaygın sebzelerde Cd birikimi ciddi bir halk sağlığı sorunu hâline gelebilmektedir. Arao ve ark. (2008), Cd toksisitesi altında *S. torvum* üzerine aşılama yapılmış patlıcanların kontrole göre Cd taşınımını %63–75 oranında azaltabildiğini belirlemişlerdir. Araştırmacılar, aşılı bitkilerin yaprak ve gövdesindeki Cd konsantrasyonunun kendi üzerine aşılı *S. melongena* bitkilerine göre %67–73 oranında azaldığını, bu düşüşün Cd'un kökten ksilem ile taşınmasının sınırlandırılmasından kaynaklandığını belirtmektedirler.

Benzer sonuçları farklı bir çalışmayla elde eden Mori ve ark. (2009), *S. torvum* ve *S. melongena* bitkilerinin Cd stresi altında hidroponik yetiştiricilikte Cd alımını incelemişler ve *S. torvum* ve *S. melongena* bitkilerinin köklerinde Cd birikiminin benzer düzeyde bulunduğunu, ancak *S. melongena*'nın sürgünlerindeki Cd konsantrasyonunun *S. torvum*'a göre 3,6 kat daha fazla olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar, ksilem

özsuyundaki Cd düzeyinin *S. melongena*'da daha fazla olduğunu, bu durumun iki tür arasında ksilem yükleme afinitesinin farklılığından ve Cd taşınımının *S. torvum*'da daha sınırlı gerçekleşmesinden kaynaklandığını düşünmektedirler. Bu bulgular, Cd'un kökler tarafından alınmasından ziyade yaprak ve sürgünlere taşınmasının sınırlandırılmasının daha etkili bir tolerans mekanizması olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, *S. torvum* gibi anaçların, Cd taşınımında rol oynayan ksilem yüklenme sürecinde bir tür biyolojik bariyer oluşturduğu düşünülmektedir. Nitekim Yamaguchi ve ark. (2010), Cd ile ilişkili genetik engelleyicileri araştırdıkları çalışmalarında *S. torvum*'da kuraklıkla ilişkili transkripsiyon faktörleri ile akuaporin izoformlarının Cd taşınımını sınırlayıcı biyokimyasal faktörler olarak rol oynayabileceğini belirtmişlerdir.

Savvas ve ark. (2013), Cd ve Ni stresi altında hıyarda farklı anaçlar üzerine aşılamanın katyon alımına etkisini inceledikleri çalışmada, aşılamanın Cd birikimini %12–50 oranında azalttığını, birikimin anaçlara göre farklı olduğunu, Ni birikiminin aşılama ile önemli düzeyde düştüğünü, Cd, Fe ve Cu'nun kökte birikmesine rağmen bu elementlerin yukarı taşınmasının sınırlandığını belirtmişlerdir. Yue ve ark. (2016), seralarda yaygın görülen Cd kirliliğinin hıyarlarda birikime neden olduğunu ve aşılamanın bu birikimi azaltmadaki rolünü araştırdıkları çalışmada, Cd emilimi düşük ve toleransı yüksek olan anaçlar üzerine aşılamanın, aşılı bitkilerin sürgün ve meyvede Cd birikimini belirgin şekilde azalttığını, biyokütle ve meyve kalitesini artırdığını ve aşılamaya bağlı olarak Cd toleransının önemli ölçüde arttığını belirtmişlerdir. Ağır metallerin ve iz elementlerin bitkilerde toksisiteye neden olması, sadece tarımsal üretimi değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirliği ve insan sağlığını da tehdit etmektedir. Aşılama uygulamaları, bu toksik elementlerin bitki içinde birikimini azaltarak hem ürün verimini hem de kaliteyi koruma açısından etkili bir biyolojik strateji olarak öne çıkmaktadır. Özellikle Cd, Cu ve B gibi elementlere karşı aşılı bitkilerin gösterdiği yüksek tolerans, farklı tür ve genotiplere uygun anaç seçimlerinin önemini artırmıştır.

2.9.4. Kuraklık stresi

İklim değişikliğinin etkileri, dünya tarımını önemli ölçüde tehdit etmekte ve bu tehdidin başında su kıtlığı ve kuraklık stresi gelmektedir (IPCC, 2021). Özellikle sebzeler,

yüksek su tüketimleri ve su stresi karşısındaki duyarlılıkları nedeniyle kuraklık stresinin olumsuz etkilerine karşı kırılğan bir yapıya sahiptir (Farooq ve ark., 2009). Sebzeler, büyüme süreçlerinde kuraklığa maruz kaldıklarında stomaları kapanmakta, fotosentez hızları düşmekte, metabolik aktiviteleri bozulmakta ve pek çok fizyolojik ve biyokimyasal tepki ortaya koymaktadırlar (Chaves ve ark., 2009; Liu ve ark., 2016). Kuraklık, bitkilerde hücrel su kaybını tetikleyerek hücre turgorunun azalmasına yol açar. Bu durum, hücre genişlemesini engeller ve büyüme hızını düşürür (Farooq ve ark., 2009). Fotosentez, kuraklık stresine karşı en erken bozulan süreçlerden biridir; çünkü stomaların kapanmasıyla karbondioksit alımı kısıtlanır ve ışık reaksiyonlarında enerji dengesizliği ortaya çıkar (Lawlor ve Cornic, 2002). Bu durum, bitkinin büyüme ve verim potansiyelini önemli ölçüde azaltır. Ayrıca kuraklık, oksidatif stresin artmasına yol açar ve bu süreçte reaktif oksijen türlerinin (ROS) aşırı birikimi hücre yapısına zarar verir (Hasanuzzaman ve ark., 2013). Bitkiler, bu zararı önlemek için antioksidan savunma sistemlerini devreye sokar. Süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), peroksidaz (POD) gibi enzimlerin aktivitesi bu bağlamda yükselir (Mittler, 2002). Sebzelerde kuraklık stresi, türlere göre farklılıklar gösterir. Örneğin, domates su stresine karşı oldukça hassas iken, patlıcan daha toleranslıdır (Rouphael ve ark., 2012). Yapılan çalışmalar, özellikle sera ortamında yetiştirilen domates, biber ve hıyarın kuraklık altında yaprak turgoru, fotosentetik pigment içeriği, stomal iletkenlik, meyve sayısı ve meyve ağırlığında önemli düşüşler yaşandığını ortaya koymaktadır (Sarker ve Oba, 2020). Buna karşın, kuraklık stresi bazı sebzelerde meyve kalitesi parametrelerinde artışa da neden olabilmektedir. Örneğin, domateste brix değerinde yükselme gözlemlenmiştir (Mardani ve ark., 2017; Liang ve ark., 2020). Ancak verim kaybı, genellikle kalite artışının önüne geçmektedir.

Kuraklık stresi ile mücadelede çeşitli genetik ve agronomik stratejiler geliştirilmiştir. Bunlar arasında kuraklık stresine tolerant çeşitlerin yetiştirilmesi, sulama yönetim teknikleri, toprak ıslahı ve biyoteknik uygulamalar öne çıkmaktadır. Son yıllarda aşılama tekniği, sebzelerde kuraklık toleransını artırma yönünde etkili bir yöntem olarak öne çıkmıştır (Schwarz ve ark., 2010; Colla ve ark., 2013). Aşılamanın temel prensibi, stres toleransı yüksek anaçların kök kısmı ile genellikle yüksek verim ve kalite özelliklerine sahip kalem kısımlarının birleşimidir. Böylece, kalemin genetik özellikleri

korunurken, anaç sayesinde daha dirençli kök sistemi ve dolayısıyla daha iyi su ve besin alımı sağlanır (Schwarz ve ark., 2010).

Kuraklık stresine karşı aşılamanın sebzelerdeki etkileri üzerine çok sayıda araştırma yapılmıştır. Zhang ve ark. (2020), domateste su stresi altında aşılamanın kök su alım kapasitesini artırdığını, fotosentez kapasitesini koruduğunu ve antioksidan enzim aktivitelerini yükselttiğini; Nilsen ve ark. (2014), farklı anaç-kalem kombinasyonlarının orta kuraklık koşulları altında domateste büyüme, fotosentez ve su kullanımı üzerinde etkili olduğunu; Cantero-Navarro ve ark. (2016), anacın sahip olduğu hormonal mekanizma sayesinde aşılı domateslerde yaprak biyokütlesinin arttığını belirtmektedirler. Benzer şekilde Penella ve ark. (2014), biberde belirli anaçların su stresi koşullarında verim ve fotosentetik performansı yükselttiğini; Rouphael ve ark. (2008) ise mini karpuzda aşılamanın kısıtlı sulama altında karpuzun verimini ve su kullanım etkinliğini artırdığını bildirmektedirler.

Kök sistemi morfolojisindeki değişimler, aşılama ile elde edilen kuraklık toleransının temel sebeplerindedir. Anaçlar, güçlü ve derin kök yapıları sayesinde topraktaki ve özellikle daha derindeki toprak neminden daha iyi yararlanmaktadırlar (Rouphael ve ark., 2010). Aynı zamanda köklerin ince yapılı olması, suyun emilimini artıran yüzey alanını genişletmektedir (Suchoff ve ark., 2018). Aşılama kullanılan anaçların köklerinin bu özellikleri, toprakta suyun sınırlı olduğu koşullarda bitkinin su potansiyelini korumasına yardımcı olmaktadır.

Kuraklık stresi altındaki sebzelerde reaktif oksijen türlerinin neden olduğu oksidatif hasar artarken, aşılı bitkilerde antioksidan enzim aktiviteleri artmaktadır. Bu sayede hücre membranlarının stabilitesi korunarak kuraklık stresinin olumsuz etkileri azalmaktadır (Hussain ve ark., 2019). Prolin ve betain gibi moleküller, hücre içi su dengesinin korunmasına destek olur. Bu moleküller hem hücrelerin su tutmasını sağlar hem de protein ve membran yapısını stabilize eder (Hasanuzzaman ve ark., 2013). Kök ve sürgün arasındaki iletişimde hormonal sinyallerin önemli rolü vardır. Kuraklık koşullarında aşılamanın, kökten gelen sinyallerle stomal kapanmayı ve metabolik adaptasyonu yönlendirdiği anlaşılmıştır (Yang ve ark., 2022).

Sonuç olarak, sebzelerde kuraklık stresi, bitkilerin büyüme, gelişme ve verimini olumsuz etkileyen karmaşık bir çevresel stres faktörüdür. Aşılama, bu stresi hafifletmek için etkili bir yöntem olarak ortaya çıkmaktadır. Fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler

düzyeyde sağladığı uyum mekanizmaları, sebze üretiminde sürdürülebilirlik ve verimlilik açısından büyük önem taşır.

2.10. Aşılamanın Biyotik Stres Faktörlerine Karşı Kullanılması

Sebze yetiştiriciliğinde biyotik stres faktörleri, özellikle toprak kökenli hastalık etmenleri ve nematodlar verim ve kalite açısından ciddi kayıplara neden olmaktadır. Kimyasal mücadele yöntemleri, zamanla etkinliğini yitirmekte ve çevre ile insan sağlığı açısından olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bu nedenle alternatif ve sürdürülebilir mücadele stratejileri ön plana çıkmaktadır. Aşılama, bu bağlamda sebze üretiminde toprak kökenli hastalık ve nematodlara karşı etkili ve vazgeçilmez bir yöntem olmuştur. Aşılama da biyotik stres faktörlerine hassas olan ticari bir çeşidin hastalık ve zararlılara karşı dayanıklı bir anaç üzerine aşılınması esasına dayanır. Böylece kalem olarak adlandırılan ticari çeşit, dayanıklı anaç sayesinde patojen ve zararlılardan korunur; aynı zamanda bitki gelişimi ve verim potansiyeli artar. Bu yaklaşım, özellikle sürekli üretimin yapıldığı seralarda ve hastalık bulaşmış tarım alanlarında oldukça başarılı sonuçlar vermektedir. Aşılama, özellikle *Cucurbitaceae* ve *Solanaceae* familyalarına ait sebzelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu familyalara ait sebze türleri, toprak kökenli hastalıklara karşı hassastırlar ve aynı zamanda aşılama ya uygun türlerdir.

Cucurbitaceae familyası içinde aşılamanın en çok kullanıldığı tür karpuzdur. *Fusarium* ve *Verticillium* solgunlukları ile kök-ur nematodları gibi önemli toprak patojenlerine karşı oldukça duyarlı olan karpuz, dayanıklı anaçlara aşılınarak bu biyotik tehditlerden korunabilmektedir. Aşılama için kullanılan başlıca anaçlar arasında *L. siceraria*, *C. moschata*, *C. maxima* ve *C. moschata* × *C. maxima* interspesifik melezleri yer alır (King ve ark., 2010; Lee ve ark., 2010). ‘Shintoza’ ve ‘Super Shintoza’ gibi interspesifik anaçlar hem *Fusarium* hem de *Verticillium* solgunluklarına karşı yüksek düzeyde koruma sağlamakta ve aynı zamanda meyve iriliği ve verimi artırmaktadır (Álvarez-Hernández ve ark., 2015; Dabirian ve ark., 2017). Hıyar, aşılamanın en çok kullanıldığı türlerden biridir. *C. ficifolia*, *C. moschata* ve *C. maxima* × *C. moschata* gibi anaçlara aşılınan hıyarlarda *Fusarium* spp. ve *Pythium* spp. kaynaklı kök ve kökboğazı çürüklüklerinde %100’e varan oranda başarı sağlanmaktadır (Pavlou ve ark., 2002). Aynı şekilde, *C. moschata* anaçları kök-ur nematodlarına karşı yüksek tolerans

göstermektedir (Sigüenza ve ark., 2005). Bu sayede hıyar üretiminde hem biyotik streslere karşı direnç artmakta hem de ürün kalitesi ve raf ömrü gibi ticari özelliklerde iyileşme sağlanmaktadır. Karpuz ve hıyara kıyasla kavunda aşılama çalışmaları daha sonraları başlamıştır. Kavun, *F. oxysporum* f. sp. *melonis* (Fom) ve kök-ur nematodlarına karşı hassastır. Kavunda aşılama çalışmalarında çoğunlukla türler arası kabak melezi anaçlar tercih edilmektedir (Cohen ve ark., 2000; Zhou ve ark., 2014; Dhall, 2015). Kavunda yapılan aşılama çalışmalarında biyotik stres faktörlerine karşı dayanıklılığın arttığı, patojenlerin iletim dokularında kolonizasyonunun azaldığı ve verimin arttığı belirlenmiştir (Nisini ve ark., 2002; King ve ark., 2010).

Solanaceae familyası içinde aşılama en çok ve açık ara domateste uygulanmaktadır. Domatesten sonra patlıcan gelmekte olup, biberde aşılı fide kullanılması henüz çok düşük düzeylerde ve çoğunlukla da araştırma düzeyinde devam etmektedir. Aşılama, *Solanaceae* familyası sebzelerde de biyotik stres faktörlerine karşı oldukça yüksek düzeyde koruma sağlamaktadır. Özellikle toprak kökenli bakteriyel ve fungal hastalıklara ve kök-ur nematotlarına karşı dayanıklı anaçlar kullanılarak başarı elde edilmektedir. Domates (*Solanum lycopersicum* L.), dünya genelinde en yaygın yetiştirilen sebzelerden biridir ve biyotik stres faktörleri nedeniyle ciddi verim ve kalite kayıplarına uğrayabilmektedir. Bu stres faktörleri arasında toprak kökenli fungal hastalıklar (ör. *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, *Verticillium dahliae*), bakteriyel hastalıklar (ör. *Ralstonia solanacearum*), kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.) ve bazı önemli virüsler (ör. domates sarı yaprak kıvrıcılık virüsü - TYLCV) yer almaktadır. Aşılamanın, domatesin bu tür biyotik streslere karşı toleransını artırmada etkili bir strateji olduğu birçok araştırma tarafından doğrulanmıştır (Louws ve ark., 2010). McAvoy ve ark. (2012), dayanıklı melez anaçlar üzerine aşılansın domates bitkilerinin *R. solanacearum* enfeksiyonuna karşı belirgin şekilde daha dayanıklı olduğunu ortaya koymuştur. Domateste özellikle yabani *Solanum* türleri üzerine aşılansın, biyotik streslere karşı güçlü bir savunma mekanizması geliştirmektedir (Kawaguchi ve ark., 2008; Goto ve ark., 2013). Bu dayanıklı anaçlar, patojenin kök bölgesinde yayılmasını sınırlandırarak bitki sistemine girişini engelleyebilmekte ve böylece kalem sağlığını koruyabilmektedir (McAvoy ve ark., 2012). Ayrıca, aşılı bitkilerde daha gelişmiş kök sistemleri sayesinde su ve besin alımı artmakta, bu da bitkinin genel dayanıklılığını desteklemektedir. Domateste aşılamanın biyotik stres

faktörlerine karşı sürdürülebilir bir strateji olarak kullanımı, kimyasal mücadeleye olan bağımlılığı azaltmakta ve çevre dostu bir üretim modeli sunmaktadır (Kumar ve ark., 2017). Bu nedenle, aşılı domates yetiştiriciliği, biyotik stres koşullarında güvenli üretim için önemli bir alternatif olarak öne çıkmaktadır.

Verticillium solgunluğu, patlıcan için oldukça yıkıcı bir toprak kökenli patojendir ve tüm patlıcan çeşitleri bu hastalığa karşı hassastır. Yapılan araştırmalar, 'Beaufort' domates anaçları üzerine aşıl原因an patlıcanlarda, aşısız, kendine aşılı ve *S. aethiopicum* üzerine aşılı patlıcanlara kıyasla *Verticillium* solgunluğu şiddetinin daha düşük ve pazarlanabilir meyve ağırlığının daha yüksek olduğunu göstermiştir (Johnson ve ark., 2013). Benzer çalışmalarda *S. torvum* veya *S. integrifolium* × *S. melongena* türler arası melez anaçları üzerine aşıl原因an patlıcanlarda *Verticillium* etmeninin zarar düzeyi önemli ölçüde azalmıştır (Bletsos ve ark., 2003). Patlıcanda aşıl原因ama aynı zamanda *Fusarium* solgunluğunun kontrolünde de etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Domateste olduğu gibi, patlıcanın dayanıklı *Solanum* türleri üzerine aşıl原因ması, yüksek hastalık baskısı altında dahi iletim demetlerindeki kararmaları ve solgunluk belirtilerini önemli ölçüde azaltmaktadır (Ioannou, 2001; Gisbert ve ark., 2011). Aşıl原因amanın diğer dikkat çekici faydası ise sıcak iklimlerde yaygın olan ve oldukça yıkıcı bir patojen olan *Ralstonia solanacearum*'un neden olduğu bakteriyel solgunluğun kontrolüdür. Bu patojenin kimyasal yollarla kontrolü, toprakta uzun süre canlı kalabilmesi ve bitki dokularında kolonileşebilme yeteneği nedeniyle zordur. Ancak, patlıcanın *S. torvum* gibi dirençli anaçlar üzerine aşıl原因ması, bakterinin bitkiye girişini ve toprak üstü organlara taşınmasını büyük ölçüde engellemede son derece etkili olmaktadır (Grimault ve Prior, 1994; Huang ve ark., 2019; Musa ve ark., 2024).

Fungal ve bakteriyel hastalıklara ek olarak, kök-ur nematodları da patlıcan üretimi için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Dirençli anaçların kullanımı, nematod istilası altında bile köklerde ur oluşumunu sınırlamaktadır (Ioannou, 2001; Bogoescu, 2021). Bununla birlikte, bu direnç sıcaklık duyarlılığı göstermekte; özellikle *Mi* genini taşıyan anaçlarda, 28–30°C üzerindeki sıcaklıklarda direnç etkinliği kaybolabilmektedir (Dropkin, 1969). Bu nedenle yüksek toprak sıcaklıklarına sahip bölgelerde *Mi-3* genini taşıyan anaçlar veya alternatif direnç mekanizmalarına sahip anaçların kullanılması önerilmektedir.

Biberde toprak kökenli patojenlere karşı aşılama, pratikte henüz bir uygulama alanı bulabilmiş değildir. Ancak buna rağmen, özellikle *Phytophthora* solgunluğu, bakteriyel solgunluk ve *Fusarium* gibi ciddi hastalıkların kontrolünde aşılama çalışmaları yürütülmektedir. Hassas bitkiler dayanıklı anaçlara aşılandığında, patojen bulaşmış topraklarda hayatta kalma oranları önemli ölçüde artmaktadır (Attia ve ark., 2003; Jang ve ark., 2012).

Sonuç olarak, aşılama, sebze yetiştiriciliğinde biyotik streslere karşı etkili, sürdürülebilir ve ekonomik bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. Bu teknik, hem patojenlerle bulaşık alanlarda verim kaybını önlemekte, hem de kimyasal mücadele ilaçlarının kullanımını azaltarak çevre dostu bir üretim süreci sunmaktadır. Ancak aşılama tekniğinden en yüksek faydayı elde edebilmek için uygun anaç-kalem kombinasyonlarının belirlenmesi, bitki türüne özgü fizyolojik ve morfolojik uyumlulukların dikkate alınması ve uzun vadeli adaptasyon çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Mevcut literatür, farklı sebze türlerinde, farklı patojenlere karşı etkinlik gösteren çok sayıda anaç örneğini ortaya koymuştur.

2.11. Aşılamanın Verim ve Kalite Üzerine Etkisi

Sebzelerde aşılama, biyotik ve abiyotik stres faktörlerine etkisinin yanında, verim ve kaliteyi artırmak amacıyla da kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle yoğun ve uzun süreli üretim yapılan örtü altı yetiştiriciliğinde bitkilerin sağlıklı gelişimi ve yüksek ürün performansı büyük önem taşımaktadır. Aşılama ile, güçlü kök sistemine sahip anaçlar kullanılarak bitkinin su ve besin elementlerinden daha etkin yararlanması mümkündür. Bu durum, bitki gelişimini destekleyerek daha fazla ve düzenli meyve oluşumuna katkıda bulunmaktadır. Böylece toplam verim ve pazarlanabilir ürün miktarında artış elde edilmektedir. Kalite açısından ise aşılama, meyvelerin daha iri, homojen ve hasat sonrası dayanıklı olmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca meyvede şeker içeriği, sertlik, renk ve aroma gibi kalite kriterleri üzerinde de olumlu etkiler gözlemlenmektedir. Aşılı bitkiler, çevresel stres koşullarına karşı daha dirençli olduğundan kalite kayıpları daha az olmakta ve ürün standardı korunmaktadır. Aşılamanın doğru anaç-kalem kombinasyonlarıyla yapılması, bu olumlu etkilerin en üst düzeye çıkmasını sağlamaktadır.

2.11.1. Verime etkisi

Sebzelerde aşılama, toprak kökenli biyotik stres faktörlerine karşı başlamış olmakla beraber, anaçların kuvvetli yapılarının stres koşullarının yanı sıra stres faktörlerinin etkili olmadığı koşullarda da bitkinin verimine nasıl etki edeceği konusunda çalışmalara başlanmış ve aşılama için uygun sebze türlerinde verime etkisinin de önemli olduğu anlaşılmıştır. Yapılan çalışmalarda aşılama, bitki verimini artırmak için *Cucurbitaceae* ve *Solanaceae* familyasına ait türlerde verim artışı açısından başarılı sonuçlar vermiştir. Özellikle uygun anaç seçimleri sayesinde bitkinin morfolojisi, fizyolojisi ve streslere dayanımı iyileştirilmekte, bu da doğrudan verim bileşenlerini etkilemektedir. Aşılamanın verime katkısı stres koşullarında daha belirgin olup, bu bölümde ağırlıklı olarak stresten arı koşullarda aşılamanın verime etkisi incelenmiştir.

Alan ve ark. (2007), karpuzda farklı anaçların (TZ-148, RS-841, *L. siceraria* cv. 64-18) kullanıldığı çalışmada, aşıllı bitkilerde sürgün gelişiminin, yan dal sayısının ve kök kuru madde miktarının arttığını ve bu durumun verimi artırdığını bildirmektedirler. Meyve kalitesinde olumsuz bir değişim gözlenmediğini ve uygun anaç seçiminin karpuz yetiştiriciliğinde olumlu etkiler sağlayabileceğini savunmaktadırlar. Kyriacou ve ark. (2020), interspesifik kabak (*C. maxima* × *C. moschata*) anaçlarının karpuzda *Lagenaria siceraria* üzerine aşılama göre daha yüksek verim sağladığını ve aynı zamanda bunun meyve sertliği ile likopen içeriği gibi kalite parametrelerinde olumlu etkiler yarattığını belirtmektedirler. Hıyarda yapılan aşılama çalışmalarında da benzer etkiler görülmektedir. Noor ve ark. (2019) tarafından yürütülen bir çalışmada, *L. siceraria*'nın anaç olarak kullanıldığında diğer anaçlara göre daha yüksek verim elde edildiğini ve ayrıca aşılama tekniğinin de verimde etkili olduğunu bildirmektedirler.

Domateste yapılan kapsamlı bir analiz çalışmasında (Grieneisen ve ark., 2018), dünya genelindeki 159 yayından elde edilen 1023 farklı uygulama verisine göre, aşılamanın verimi ortalama %37 artırdığı, ancak bu etkinin anaç/kalem kombinasyonları ile yetiştirme koşullarına bağlı olarak değişkenlik gösterdiği ortaya konmuştur. Turhan ve ark. (2011), domateste 'Beaufort' ve 'Arnold' anaçlarını kullandıkları çalışmalarında aşılamanın meyve verimi, meyve ağırlığı ve salkım başına meyve sayısını artırdığını, ancak bazı kalite parametrelerinde (çözünür kuru madde, toplam şeker ve C vitamini) aşılsız bitkilerin daha başarılı olduğunu, Pogonyi ve ark. (2005) ise aşılamanın toplam

verimi önemli ölçüde artırdığı ve bu artışın özellikle meyve ağırlığındaki artıştan kaynaklandığı belirtilmektedir.

Patlıcanda aşılamanın verim parametrelerine etkisini araştıran Moncada ve ark. (2013), dört farklı patlıcan çeşidinin *S. torvum* üzerine aşılandığı çalışmada, çeşitlerin verim ve kalite performanslarının farklı olduğunu, aşılamanın bazı çeşitlerde pazarlanabilir verimi artırırken, bazılarında aşılı bitkilerde pazar dışı meyve oranının yükseldiğini bildirmektedirler. Sabatino ve ark. (2019), *S. aethiopicum* ve *S. melongena* × *S. aethiopicum* melez anaçlarının patlıcanın aşılmasında yaygın olarak kullanılan *S. torvum*'a göre daha yüksek aşı uyumu ve verimlilik sağladığını, aynı zamanda meyve kalitesi üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığını göstermişlerdir. Bu sonuçlar, patlıcanda aşılamanın verime etkisinde uygun anaç seçiminin etkili olduğunu göstermektedir. Yine Sabatino ve ark. (2020), patlıcanda aşılamanın verime etkisini araştırdıkları başka bir çalışmada da benzer sonuçları bulmuşlardır.

Sonuç olarak, sebzelerde aşılamanın verimi artırmada etkili bir yöntem olduğu çok sayıda çalışmayla ortaya konmuştur. Anaç seçimi, anaç-kalem uyumu, yetiştirme ortamı ve uygulanan tarımsal teknikler, aşılamanın başarısını ve verim üzerindeki etkisini doğrudan etkilemektedir.

2.11.2. Kaliteye etkisi

Sebzelerde kalite kavramı hem ürün odaklı hem de tüketici odaklı bir yapıya sahiptir. Ürün odaklı bakış açısında kalite, objektif olarak ölçülebilen içsel özelliklere dayanırken; tüketici odaklı bakış açısı, kaliteyi tüketici memnuniyeti üzerinden tanımlamakta, bu da daha az ölçülebilir bir yapıya sahiptir. Ancak kaliteyi anlamak ve yönetebilmek için bu özelliklerin ölçülebilir olması gereklidir (Shewfelt, 1999; Dris ve Jain, 2004). Geçmişte sebze yetiştiriciliğinde temel hedef verimi artırmak iken, günümüzde sebzelerin insan beslenmesindeki rolü nedeniyle kalite artık daha büyük önem taşımaktadır. Kalitenin artırılması için genotip seçimi, çevresel koşulların (ışık, sıcaklık, nem, CO₂, hava kirliliği) iyileştirilmesi, sulama, gübreleme, büyüme düzenleyicileri, budama, hasat zamanı ve aşılamaı içeren tarımsal uygulamaların optimizasyonu ön plana çıkmaktadır. Aşılama sonucunda bitki meyve kalitesinde ortaya çıkan değişimler, sadece kalıtsal faktörlere değil, aynı zamanda kullanılan aşı

kombinasyonlarına, çevresel koşullara, yetiştirme ortamına, sulama ve gübreleme rejimlerine de bağlıdır.

Sebzelerin kalite parametrelerinden biri dış görünüşüdür. Aşılama, kullanılan anacın kök yapısının güçlü olması ve su ile besin elementi alım kapasitesinin yüksek olması sayesinde daha iri meyvelerin oluşmasına katkı sağlar. Bu özellik, karpuz gibi sebzelerde aranan önemli özelliklerden biridir. Aşılamaya bağlı olarak karpuzda meyve büyüklüğünün 3.5 kat arttığı (Salim ve ark., 2002), Yetisir ve Sarı (2003)'e göre %52 arttığı belirtilmektedir. Passam ve ark. (2005) patlıcanda, Pogonyi ve ark. (2005) domatese aşılamaya bağlı olarak meyve iriliklerinin arttığını bildirmektedirler. Bu bulgular, meyve ağırlığı ve boyutunun *Cucurbitaceae* ve *Solanaceae* türlerinde aşılama ile olumlu yönde etkilendiğini göstermektedir.

Sebzelerde tat ve aromayı belirlemede etkili olan şeker, asit ve pH gibi parametrelerin bazı durumlarda aşılama ile etkilendiği bilinmektedir. Sebze yetiştiriciliğinde aşılı bitkilerin kullanılması durumunda, anaç-kalem uyumsuzluğuna bağlı olarak bitkinin su ve besin elementi alım düzeni bozulduğundan meyve kalitesi olumsuz etkilenebilmektedir. Bununla beraber, aşılamanın tat bileşenlerine etkisi türden türe, hatta aynı türde kullanılan anaçlara göre değişiklik göstermektedir. Örneğin, *Lagenaria siceraria* anacı üzerine aşılama yapılan karpuzların şeker içeriği aşısız bitkilere göre daha düşük bulunmuştur (Candir ve ark., 2013). Kavunlarda da benzer durum söz konusudur. Örneğin, *Cucurbita* spp. anaçlarına aşılama yapılan kavunlarda meyve gelişimi artarken, meyve kalitesi bozulmuş ve Brix %2–3 azalmıştır (Zaukuu ve ark., 2020). Hıyarda *C. ficifolia* gibi anaçlar üzerine aşılamanın tat bileşenlerini (özellikle çözünür katı madde ve fruktoz) düşürdüğü, fakat *Sicyos angulatus* gibi alternatif anaçların bu etkiyi azaltabildiği bildirilmiştir (Aslam ve ark., 2020). Domateslerde ise sonuçlar daha az belirgin ve genellikle tutarlıdır. Farklı *Solanum* türleri üzerine aşılama yapılan domateslerde aşılama ile bağlı olarak şeker ve asit içeriklerinde anlamlı değişiklikler görülmezken, anaçlar arasında da fark bulunmamıştır. Benzer şekilde, türler arası melez ve yabancı türler üzerine aşılama yapılan domateslerde çözünür katı madde içeriğinde belirgin bir değişiklik görülmemiştir (Matsuzoe ve ark., 1996; D. Gioia ve ark., 2010).

Cucurbitaceae türlerinin yanı sıra domates, patlıcan ve biberde meyve kalite parametreleri kullanılan anaçlara bağlı olarak değişmekle beraber, aşılamanın farklı etkileri görülmektedir. Aşılı domateslerde genellikle meyve ağırlığında ve buna bağlı

olarak meyve çapı ve boyutunda artışlar meydana gelmektedir (Passam ve ark., 2005; Moncada ve ark., 2013). Bu artış çoğunlukla anaçlara göre farklı düzeylerde gerçekleşmektedir (Romano ve ark., 2000). Benzer şekilde, aşılamanın meyve rengi üzerindeki etkisi de çalışmadan çalışmaya farklılık göstermektedir. Bazı çalışmalar, özellikle likopen içeriğiyle ilişkili olan a* renk değerinde artış bildirirken (Brajovic ve ark., 2012), bazı çalışmalar ise önemli değişiklikler bildirmemektedir (Krumbein ve Schwarz, 2013). Miskovic ve ark. (2016), aşılamanın renk üzerindeki etkisinin, meyvede likopen birikimini etkileyen anaçlara bağlı olduğunu belirtmektedirler. Domateste önemli kalite özelliklerinden biri meyve eti sertliğidir ve sertlik, aşılamaya bağlı olarak artış veya azalış göstermektedir. Bu etki, kullanılan anacın kök yapısına bağlı olarak K ve Ca gibi besin elementlerinin alımına, besin dengesi ve çevre koşullarına bağlı olarak değişmektedir (Schwarz ve ark., 2013; Riga, 2015).

Patlıcanda yapılan aşılama çalışmalarında, aşılamanın meyve ağırlığını artırdığı gibi (Cassaniti ve ark., 2011), herhangi bir değişiklik yapmadığı da belirtilmektedir (Sabatino ve ark., 2016). Araştırmacılar, meyve ağırlığı ve dolayısıyla meyve iriliği ile aşılama arasında kesin bir yargıyı ortaya koyamamaktadırlar. Stres koşulları, anaç türü vb. faktörler farklı sonuçlar vermektedir. Benzer şekilde, patlıcanda kabuk rengi ile ilgili bulgular da çelişkilidir. Araştırmalar, patlıcanın farklı organlarında yapılan renk ölçümlerinde aşılamaya bağlı olarak L* ve chroma gibi renk parametrelerinde artış sağlandığı gibi (Moncada ve ark., 2013), herhangi bir fark oluşmadığı da bildirilmektedir (Cassaniti ve ark., 2011). Literatürde, patlıcanda aşılamaya bağlı olarak meyve tat bileşenleri açısından da farklı bulgular belirtilmektedir. Genellikle aşılı bitkilerde şeker içeriği azalmakta, dolayısıyla tat ve duyuşsal özellikler azalabilmektedir (Arvanitoyannis ve ark., 2005). Bununla beraber, Lee ve ark. (2010) *S. torvum* gibi anaçların şeker içeriğine etkisinin olmadığını belirtmektedirler.

Sonuç olarak, bazı çalışmalarda etkisinin olmadığı veya azaltıcı etki yaptığı bildirilse de, aşılama sebzelerde meyve kalitesini artırmada önemli rol oynamaktadır. Doğru anaç seçimi, meyvenin dış görünüşü, rengi, sertliği ve raf ömrü gibi fiziksel özelliklerinde iyileşmeler sağlamaktadır. Aynı zamanda tat, aroma, kuru madde oranı ve çözünür katı madde miktarı gibi iç kalite parametreleri de olumlu yönde etkilenmektedir. Aşılı bitkiler, daha dengeli besin elementi ve su alımı sayesinde meyvede daha homojen gelişme sağlamak ve pazarlanabilir özelliği yüksek ürünler oluşturmaktadır. Özellikle

stres koşullarında kalite kaybını önlemede aşılama etkili bir yöntem olmaktadır. Ancak kalite üzerindeki bu etkiler, kullanılan anaç ve çevresel koşullara göre değişmektedir. Bu nedenle kaliteyi artırmak için doğru anaç-kalem kombinasyonunun seçilmesi büyük önem taşımaktadır.

2.12. Patlıcanda Aşılamanın Amacı ve Önemi

Dünya genelinde en önemli sebze türlerinden biri olan patlıcanın çok farklı ekolojilerde yetiştirilmesinin beraberinde getirdiği sorunlar da artmaktadır. Patlıcan bitkileri toprak kökenli hastalıklar, su yetersizliği, besin eksiklikleri, tuzluluk ve sıcaklık dalgalanmaları gibi birçok biyotik ve abiyotik stres faktöründen olumsuz etkilenmektedir. Geleneksel üretim sistemlerinde bu tür sorunlar genellikle kimyasal ilaçlar veya yoğun tarımsal girdilerle çözülmeye çalışılsa da bu yaklaşım hem ekonomik hem de çevresel açıdan sürdürülebilir değildir. Bu nedenle son yıllarda, patlıcanda üretim verimliliğini artırmak, bitki sağlığını korumak ve çevre dostu bir tarım modeli geliştirmek amacıyla aşılama uygulamalarına olan ilgi artmıştır. Patlıcanda aşılama kalem (üst kısım) ve anaç (kök sistemi) arasında dayanıklılık, verim ve kalite özelliklerinin optimize edilmesini hedefleyen etkili bir biyoteknolojik yöntemdir (Kyriacou et al., 2020). Patlıcanda aşılamanın ana amacı toprak kökenli hastalıklarla mücadele etmektir. Patlıcan üretiminde yaygın olarak görülen *V. dahliae* ve *F. oxysporum* gibi fungal solgunluk hastalıkları, *Ralstonia solanacearum* gibi bakteriel hastalıklar ile kök ur nematodları ciddi verim kayıplarına neden olmaktadır (Kumari ve ark., 2024; Musa ve ark., 2024; Bogoescu ve Doltu, 2015). Bu patojenlere karşı dayanıklı anaçlar üzerine patlıcan aşılama, hastalık ve zararlılara karşı genetik direnç kazandırmakta ve üretimde kimyasal ilaç kullanımını azaltarak daha çevreci bir yaklaşım sunmaktadır. Özellikle *S. torvum*, *S. integrifolium* ve bazı türlerarası melez anaçlar (*S. melongena* × *S. aethiopicum*) bu konuda oldukça başarılı sonuçlar vermektedir. Domates anaç üzerine aşılama patlıcan bitkilerinin kök hacmi, klorofil içeriği ve enzim aktivitelerinde artış sağlaması bitkinin hastalıklara karşı daha dirençli olmasına katkı sağlamaktadır (Na ve ark. (2012).

Aşılama yalnızca hastalık direncine değil, aynı zamanda genel bitki gelişimine de olumlu katkılar sağlamaktadır. Aşılı bitkiler genellikle daha uzun bitki boyuna, kalın

gövdeye, daha geniş yaprak alanına ve güçlü bir kök yapısına sahip olmaktadır (Na et al., 2012; Gökseven ve Akbudak, 2023). Bu fizyolojik ve morfolojik avantajlar meyve büyüklüğü ve ağırlığı üzerinde de doğrudan etkili olmaktadır (Kacjan-Maršić ve ark. 2013). Aşılama sayesinde kök sisteminden daha etkili bir su ve besin alımı gerçekleştiğinden, bitkinin genel metabolizması hızlanmakta ve meyve kalitesinde artış meydana gelmektedir. Özellikle yabani veya akraba türler üzerine aşılama patlıcanların meyvelerinin daha iri ve meyve sayılarının daha fazla olduğu (Musa ve ark., 2020), domates anacı üzerine aşılama patlıcanlarda verimin daha yüksek ve erkencilik sağladığı bilinmektedir (Khah, 2011).

Aşılama uygulamalarının bir diğer önemli avantajı ise abiyotik stres koşullarına karşı bitkilere tolerantlık kazandırmasıdır. Özellikle tuzluluk, düşük sıcaklık ve kuraklık gibi çevresel stres faktörleri, patlıcan gibi hassas bitkilerde büyüme geriliği, meyve deformasyonu ve ciddi verim kayıplarına neden olabilmektedir. *S. torvum* ve *S. grandiflorum* × *S. melongena* anaçları tuz stresi altında patlıcanın verimini koruyabilmekte ve bitkide Na⁺ iyonlarının köklerde tutulmasını sağlayarak tuz birikiminin önüne geçmektedir (Mozafarian ve ark., 2023). Bu da bitkide fotosentetik pigmentlerin korunmasına, dolayısıyla fotosentez etkinliğinin ve verimin devamlılığına katkı sağlamaktadır. Benzer şekilde düşük sıcaklık stresine karşı aşılı fideler daha dirençli yapı kazanmakta, elektrolit sızıntısı ve oksidatif hasar daha düşük düzeyde gerçekleşmektedir (Gao ve ark., 2006). Bu stres toleransına bağlı olarak, aşılama aynı zamanda su kullanım verimliliği (WUE) açısından da avantajlar sunmaktadır. Düşük sulama rejimi altında dahi *S. torvum* anacı ile aşılama patlıcan bitkileri yüksek verim verirken aynı zamanda en yüksek su kullanım verimliliği değerlerine ulaşabilmektedir (Argento ve ark., 2023). Bu bulgular, aşılama uygulamalarının su kaynaklarının verimli kullanımına katkı sağlayabileceğini ve kuraklık tehdidi altındaki bölgelerde önemli bir strateji olabileceğini göstermektedir.

Meyve kalitesi açısından bakıldığında ise aşılama karmaşık ancak genellikle olumlu etkiler göstermektedir. Kacjan-Maršić ve ark. (2013), aşılı patlıcan bitkilerinin meyvelerinin daha büyük ve ağır olduğunu, Sabatino ve ark. (2013), *S. torvum* anacı ile aşılama patlıcan bitkilerinin meyvelerinde kalsiyum, demir, çinko ve bakır içeriklerinin arttığını, buna karşın sodyum ve mangan düzeylerinin azaldığını belirtmektedirler. Diğer yandan, bazı anaçlar meyve renginde koyulaşma, parlaklıkta azalma veya fenolik

bileşiklerde azalma gibi kalite kayıplarına da yol açmaktadır (Gisbert et al., 2011; Moncada et al., 2013). Bu durum, aşı-kalem kombinasyonlarının meyve kalitesini nasıl etkilediğinin anaç seçiminde dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Patlıcanda aşılama uygulamaları bireysel bitki performansını artırmanın yanında ekosistem üzerinde de olumlu etkiler yaratmakta, rizosfer mikrobiyotasını olumlu yönde etkileyerek toprakta daha fazla faydalı bakteri ve aktinomiset oluşumu sağlamaktadır (Yin ve ark., 2009). Bu mikroorganizmalar, bitkinin doğal savunma sistemini güçlendirerek hastalıklara karşı biyolojik direnç sağlamaktadır. Aşılama ve biochar uygulaması birlikte uygulandığında patlıcanda *Verticillium solgunluğu* hastalığının %70 oranında azaldığı ve toprak mikrobiyotasında yararlı organizmaların daha baskın hale geldiği gözlemlenmiştir (Ogundeji ve ark., 2021). Bu durum, aşılamanın yalnızca genetik değil, aynı zamanda mikrobiyal düzeyde de hastalık kontrolü sağladığını göstermektedir.

Aşılama, patlıcanda toprak üstü aşamalarda hastalık ve zararlılara karşı da etkili bir savunma aracı olarak kullanılabilir. Abd El-Wanis Mona ve ark. (2018), *S. torvum* anacına aşılamanın patlıcan bitkilerinin beyaz küf (*Sclerotinia sclerotiorum*) hastalığına ve akarlar karşı yüksek direnç sağladığını ve bu aşı kombinasyonunun enfeksiyon oranını ciddi ölçüde azalttığını bildirmektedirler. Aynı şekilde Ismail ve Hussien (2024), *S. torvum* anacı ile yapılan aşılamalarda antioksidan enzim aktivitelerinin (SOD, CAT) yükseldiğini ve zararlı etkilerinin biyokimyasal düzeyde baskılandığını vurgulamaktadırlar. Bu tür fizyolojik tepkiler, aşılama sayesinde bitkinin bağışıklık sisteminin güçlendiğini ve stres faktörlerine karşı daha etkili savunma geliştirdiğini göstermektedir.

Her ne kadar aşılama genel olarak olumlu sonuçlar doğursa da, her anaç-kalem kombinasyonu istenilen başarıyı göstermeyebilir. Uyum sorunları, bazı kombinasyonlarda meyve iç dokusunda bozulma, düşük verim, geç çiçeklenme, fide ölümü veya meyve kalitesinde istenmeyen değişimler gibi sorunlara yol açmaktadır (Gökseven ve Akbudak, 2023; Miskovic et al., 2016). Bu nedenle, yetiştiriciliğin yapılacağı bölgeye, toprak yapısına, iklim koşullarına ve hedeflenen verim kriterlerine uygun anaçların seçilmesi büyük önem taşımaktadır. Yani aşılama, tek başına tüm sorunları çözen bir sihirli değnek değildir. Başarılı sonuçlar elde etmek için doğru anaç

seçimi, etkili yetiştirme teknikleri ve entegre yönetim stratejileriyle birlikte uygulanmalıdır (Kyriacou et al., 2020).

Sonuç olarak, patlıcanda aşılama; hastalık direnci, stres toleransı, verim artışı, su kullanım verimliliği, meyve kalitesi ve çevresel sürdürülebilirlik açısından çok yönlü katkılar sunan modern bir tarımsal uygulamadır. Giderek artan çevresel sorunlar, iklim değişikliği ve kimyasal kullanımının sınırlandırılması gerekliliği göz önüne alındığında, aşılama teknolojisi yalnızca bir üretim yöntemi değil, aynı zamanda sürdürülebilir tarımın geleceğini şekillendiren stratejik bir araç olarak değerlendirilmelidir. Patlıcan gibi önemli sebzelerde aşılama uygulamalarının yaygınlaştırılması; daha sağlıklı, verimli ve çevre dostu üretim sistemlerinin gelişmesine katkı sağlayacaktır.

2.13. Patlıcanda Aşılamanın Tuz Stresine Etkisi

Patlıcan, tuz stresine karşı orta derecede hassas bir sebze olarak sınıflandırılmaktadır (Maas, 1984). Ancak Bresler ve ark. (1982), patlıcanı tuz stresine hassas olarak tanımlamaktadır. Tuz stresi, patlıcanın çimlenme oranını, vejetatif gelişimini, meyve verimini ve kalitesini olumsuz yönde etkiler. Çimlenme döneminde tuzluluğun neden olduğu ozmotik stres, su alımını kısıtlayarak tohumun su potansiyelini düşürmekte ve böylece tohumun çimlenme kapasitesini azaltmaktadır. Vejetatif dönemde ise tuzluluğa bağlı iyonik dengesizlikler ve oksidatif stres, kök ve sürgün gelişimini sınırlamakta, fotosentetik etkinliği düşürmekte ve sonuçta bitkinin genel büyüme performansını olumsuz etkilemektedir. Bu stresin sürekliliği, generatif evreye geçişte çiçeklenme, meyve tutumu ve meyve gelişimini de ciddi şekilde sekteye uğratmakta ve verim kayıplarına neden olmaktadır (Hannachi ve Van Labeke; Assaha ve ark., 2013).

Patlıcanda tuz stresi, köklerin su alımını engelleyerek ozmotik strese neden olur. Ayrıca Na^+ ve Cl^- iyonlarının birikmesine bağlı olarak toksik etki meydana gelir (Munns ve Tester, 2008). Bu durum, özellikle tuz stresinin şiddetli olduğu durumlarda daha belirgin hâle gelir. Yüksek tuzluluk koşullarında patlıcanda Cl^- iyonları birikir ve yaprak kenarlarında yanıklık, yaprak damarları arasında kloroz ve zamanla ölümler görülür (Ünlükara ve ark., 2010). Aynı şekilde, Na^+ iyonlarının yaprak dokularında aşırı birikmesi, patlıcanın besin elementlerinin alım dengesini bozar ve besin elementi eksikliklerine yol açar (Tester ve Davenport, 2003; Dekoum ve ark., 2013). Besin

elementi eksiklikleri çoğunlukla iyonlar arasındaki rekabetten veya hücre zarı geçirgenliğinin ve seçiciliğinin değişmesinden kaynaklanır. Tuzluluk, özellikle Ca^{2+} ve K^+ gibi hayati öneme sahip makro besin elementlerinin alımını engelleyerek bu elementlerin eksikliğine sebep olmaktadır (Yaşar ve ark., 2006; Hakim ve ark., 2014; Mustafa ve ark., 2014).

Tuz stresinin neden olduğu iyonik ve ozmotik bozulmalar, patlıcanda çeşitli fizyolojik ve biyokimyasal değişiklikleri tetiklemektedir. Özellikle yüksek tuzluluk seviyelerinde yaprak dokularında MDA, H_2O_2 ve serbest radikal türlerinden hidroksil ve süperoksit üretiminde önemli artışlar meydana gelir. Bu parametrelerin yükselmesi, hücre zarının yapısal bütünlüğünün bozulduğunu ve reaktif oksijen türlerinin (ROS) birikimine bağlı olarak oksidatif stresin arttığını gösterir (Ding ve ark., 2012).

MDA, lipid peroksidasyonunun son ürünü olup, zar lipidlerinin oksidatif yıkımı sonucu oluşur ve hücre zarına yönelik oksidatif hasarın önemli bir biyokimyasal göstergesidir (Jadoon ve Malik, 2017). Patlıcan, tuz stresine bağlı olarak oluşan bu oksidatif strese karşı hem enzimatik hem de enzimatik olmayan antioksidan savunma mekanizmaları geliştirir (Shaheen ve ark., 2013). Tuz stresine karşı tepki olarak SOD ve CAT gibi antioksidan enzimlerin aktivitesinde artış görülür. SOD enzimi, süperoksit radikallerini daha az zararlı olan hidrojen peroksit'e dönüştürür; bu hidrojen peroksit ise APX ve CAT enzimleri tarafından parçalanarak bitki için zararsız hâle getirilir (Dai ve ark., 2009; Wu ve ark., 2012; Manar ve ark., 2013). *S. melongena* dışındaki yabancı veya akraba patlıcan genotipleri, tuzluluk stresine karşı daha yüksek düzeyde antioksidan enzim üretirken aynı zamanda daha düşük MDA birikimi gösterirler. Bu durum, yüksek enzimatik savunma kapasitesinin tuz stresine karşı toleransla doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir (Yaşar ve Ellialtıoğlu, 2013).

Tuz stresi, patlıcanda yalnızca iyonik ve ozmotik baskılarla sınırlı kalmayıp tüm fizyolojik ve biyokimyasal süreçleri etkileyen karmaşık bir stres faktörüdür. Bitki, bu tür stres koşullarıyla başa çıkabilmek için hücresel, metabolik ve bütün bitki düzeyinde çeşitli adaptasyon mekanizmaları geliştirir. Bu adaptasyonlar arasında stres sinyal iletimi, ozmotik dengeleme, iyon homeostazının sağlanması ve antioksidan üretimi yer almaktadır. Ancak bu mekanizmaların kompleksliği nedeniyle, patlıcanın tuz stresine toleransını değerlendirmede kullanılacak tek bir kriter belirlemek oldukça zordur. Bu nedenle, büyüme parametrelerinden ziyade, iyonik denge ve biyokimyasal göstergelerin

tuzluluk toleransının anlaşılmasında daha faydalı olduğu kabul edilmektedir (Ashraf, 2004).

Patlıcanda tuz stresinin üstesinden gelebilmek amacıyla çeşitli stratejiler geliştirilmiştir. Bu stratejiler arasında tuzluluğa toleranslı patlıcan çeşitlerinin ıslah edilmesi, optimum sulama rejimlerinin uygulanması, uygun gübreleme tekniklerinin kullanılması ve fizyolojik ve moleküler seviyede tuz stresini hafifletici uygulamaların gerçekleştirilmesi yer almaktadır (Assaha ve ark., 2013). Sebzelere aşılamanın gelişmesi ve aşılama kullanılan anaçların aynı zamanda tuz stresine karşı tolerant olmalarının anlaşılması sonucunda, patlıcanda tuz stresi ile mücadelede aşılama alternatif uygulamalardan biri olmuştur.

Son yıllarda yapılan çalışmalar, aşılamanın patlıcanda tuzluluk stresine karşı etkili bir strateji olduğunu pek çok çalışma ile ortaya koymuştur. Panagiotakis (2013), farklı NaCl konsantrasyonlarının (12.5–200 mM) hem toprakta hem de hidroponik sistemlerde yetiştirilen aşılı ve aşısız patlıcan bitkilerindeki etkilerini incelemiş ve tuzluluğun hem aşılı hem de kontrol bitkilerinde büyüme parametrelerini (bitki boyu, yaprak sayısı, yaş ve kuru madde, meyve verimi) belirgin şekilde olumsuz etkilediğini; ancak özellikle *S. torvum* üzerine aşılamanın bitkilerin hem diğer anaçlar hem de aşısız bitkilere kıyasla stres koşullarına karşı daha dayanıklı olduğunu göstermiştir. Araştırmacı, yapraklarda K^+/Na^+ oranındaki azalmanın iyon dengesizliğinden kaynaklandığını ve aşılamanın iyon dengesini sağlayarak antioksidan enzim aktivitelerinde önemli düzeyde artış sağladığını belirtmektedir. Giuffrida ve ark. (2014), farklı anaçlar (*S. torvum*, Beaufort F₁, He-Man F₁) üzerine aşıladıkları patlıcanlarda Na₂SO₄ ve NaCl kaynaklı tuz stresine karşı büyüme ve iyon birikimini karşıladıkları çalışmalarında, Beaufort F₁ ve He-Man F₁ gibi domates anaçlarına aşılamanın patlıcanlarda tuz toleransının yetersiz olduğunu; özellikle Beaufort F₁ anacına aşılamanın bitkilerde NaCl stresi altında büyümenin en düşük seviyede kaldığını, *S. torvum* üzerine aşılı bitkilerde Na⁺ iyonlarının köklerde tutunamadığını ve sürgünlere yüksek oranlarda taşındığını, dolayısıyla beklenen tuz dayanıklılığını sağlamadığını belirtmektedirler. Araştırmacılar, genel olarak anaçların iyon tutma kapasitesinin tuzlu ortamda sınırlı olduğunu ve bazı anaçlarda Mg²⁺ konsantrasyonundaki artışın tuz toleransına sınırlı katkıda bulunduğunu bildirmektedirler. Semiz ve Suarez (2019) ise domates anacı Maxifort üzerine aşıladıkları patlıcanın tuz stresi koşullarında önemli düzeyde tolerans sağladığını,

Maxifort anacının Na^+ alımını azaltırken Ca ve K alımını artırarak iyon seçiciliğini düzenlediğini ve verim kayıplarını önlediğini belirtmektedirler.

Aşılamanın tuz stresine karşı olumlu etkilerini destekleyen Taş ve ark. (2016), farklı tuzluluk ve bor içeriğine sahip sulama sularının aşılı ve aşısız patlıcanlar üzerindeki morfolojik etkilerini incelemişler ve aşılı bitkilerin özellikle yüksek tuzluluk seviyelerinde büyüme ve gelişme açısından üstünlük sağladığını belirlemişlerdir. Talhouni ve ark. (2016), farklı anaç/kalem kombinasyonlarını kullanarak yetiştirdikleri patlıcanlarda tuz stresinin etkisini yaprak alanı, klorofil içeriği ve yaprak iyon birikimi gibi fizyolojik parametreler açısından incelemişler ve Köksal F₁ ve Vista anaçlarının, Na^+ iyonlarının sürgünlere taşınmasını sınırlandırarak bitkide etkin koruma ve tuz stresine karşı yüksek tolerans sağladığını belirlemişlerdir. Kıran ve ark. (2018) tarafından hidroponik sistemde yapılan bir başka çalışmada ise aşılı ve aşısız patlıcan fideleri kuraklık ve tuz stresine karşı değerlendirilmiş; aşılı bitkilerin yaş ve kuru madde, göreceli su içeriği ile Ca^{2+} ve K^+ birikimi açısından üstün olduğu gözlenmiştir. Ayrıca aşılı bitkilerde Na^+ ve Cl^- iyonlarının birikiminde daha az artış kaydedilmiş, bu durumun iyon toksisitesine karşı koruyucu bir etki sunduğu sonucuna varılmıştır. Özellikle Köksal F₁ anacının bu streslere karşı dayanıklılığı artırmadaki rolü vurgulanmıştır.

Mozafarian ve ark. (2023), topraksız ortamda yürüttükleri çalışmada patlıcan bitkilerini türler arası melez *S. grandifolium* × *S. melongena* ve *S. torvum* anaçları üzerine aşılamışlar ve aşılı bitkilerin kontrol bitkilerine oranla tuz stresine karşı daha iyi tolerans gösterdiğini, 80 mM NaCl uygulamasının tüm aşı kombinasyonlarında klorofil içeriği ve SPAD değerlerinde azalmaya yol açtığını, aşılı bitkilerin daha yüksek fotosentetik pigment seviyeleriyle tuz stresine karşı direnç gösterdiğini belirtmişlerdir. Jyothi ve ark. (2023), *S. torvum* anacı üzerine dört farklı patlıcan çeşidini aşılayarak farklı tuz seviyelerinde büyüme performansını değerlendirdikleri çalışmada, aşılı bitkilerin özellikle bitki boyu, gövde çapı ve yaprak sayısının aşısız bitkilere göre daha üstün olduğunu, tuz seviyesi arttıkça aşısız bitkilerde büyümenin azaldığını, aşılı bitkilerde ise azalışın daha düşük olduğunu; yaprak klorofil içeriği ve taze-kuru madde miktarı n aşılı bitkilerde daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar, *S. torvum* anacının su ve iyon alımını düzenleyerek Na^+ birikimini azalttığını, tuzun zararlı

etkilerine karşı tampon görevi gördüğünü ve patlıcan için önemli bir anaç olduğunu belirtmektedirler.

Elliältioğlu ve ark. (2019) ise tuz ve kuraklık stresine duyarlı ve tolerant patlıcan genotiplerini, tuz toleransına sahip Köksal F₁ ve Vista anaçları üzerine aşılıyarak, hidroponik ortamda stres koşullarında klorofil içeriği, lipid peroksidasyonu ve antioksidan enzim aktivitelerini incelemiştir. Araştırmacılar, tuz stresi altında bütün bitkilerde klorofil içeriği düşerken MDA içeriğinin arttığını; ancak aşılı bitkilerin stresin olumsuz etkilerine karşı daha dirençli olduğunu ve özellikle Köksal F₁ anacının daha güçlü koruma sağladığını belirlemiştir. Sarıbaş ve ark. (2023), tuz stresi koşullarında *S. melongena* × *S. aethiopicum* türler arası melez anacı ile AGR-703 ve AGR-704 anaçları üzerine aşıladıkları patlıcanları tuz stresi altında denedikleri çalışmalarında, tuz stresinin büyüme ve gelişmeye olumsuz etkilerinin anaç/kalem kombinasyonlarına göre farklılık gösterdiğini; en iyi performansın AGR-704 ile RS-5 ve RS-7 anaçlarında gözlemlendiğini, aşılanmanın tuz stresine karşı etkili bir koruma sağladığını, Brenes ve ark. (2020), *S. melongena* ve *S. torvum*'un 25 günlük farklı NaCl dozlarında fizyolojik ve biyokimyasal tepkilerini karşılaştırmıştır. Tuz stresi, *S. melongena*'da büyümeyi daha fazla azaltırken, *S. torvum* yüksek tuz toleransı göstermiştir. *S. torvum*'un tuz tolerans mekanizmaları, toksik iyonların yapraklara taşınması ve vakuollerde depolanması ile yüksek prolin birikimine dayanmıştır. *S. torvum*'da MDA ve H₂O₂ düzeyleri değişmezken, *S. melongena*'da MDA içeriği %78 artmıştır. Tuz stresi her iki türde antioksidan mekanizmaları aktive etmemiştir. Bu sonuçlar, *S. torvum*'un tuzlu topraklarda anaç olarak kullanımının yanı sıra tuz tolerans genleri için genetik iyileştirmede değerli bir kaynak olduğunu göstermektedir.

Patlıcan anaçlarını domatesin aşılama için kullanan Sanwal ve ark. (2022), patlıcan kökenli tuz toleranslı anaçların, aşılı bitkilerde sodyumun köklerde tutulmasını sağlayarak iyon dengesini koruduğunu ve verim kayıplarını azalttığını göstermişlerdir. Bu sonuçlar, patlıcan anaçlarının sadece patlıcanda değil, domateste de tuz stresine karşı kullanılabilmesine işaret ederek genetik kaynakların çeşitlendirilmesine katkı sağlamıştır. Tuz stresi altında kök-sürgün arasında sodyumun bölünmesi, büyüme parametrelerinin korunması ve verim artışı, aşılanmanın etkinliğini ortaya koyan önemli göstergelerdir.

Genel olarak, bu kapsamlı çalışmalar, patlıcanın tuz stresine karşı aşılama ile geliştirilen toleransın; özellikle iyon dengesinin korunması, Na⁺ iyonlarının kökte tutulması ve sürgünlere taşınmasının sınırlandırılması, antioksidan savunma mekanizmalarının etkinleştirilmesi ve klorofil ile fotosentetik etkinliğin korunması gibi fizyolojik ve biyokimyasal yollarla sağlandığını göstermektedir. Anaç-kalem kombinasyonlarının seçimi tuz dayanıklılığında kritik rol oynarken, özellikle *S. torvum* ön plana çıkmaktadır. Bu sonuçlar, sulama suyu tuzluluğu ve tuzlu toprak koşullarında sürdürülebilir patlıcan üretimi için aşılamanın uygulanabilir ve etkili bir yöntem olduğunu güçlü biçimde desteklemektedir.

2.14. Patlıcanda Aşılamanın Alkali Stresine Etkisi

Sebze türleri, toprak pH'ına karşı oldukça duyarlıdır. Alkali topraklarda, sebzelerde demir ve diğer mikro besin eksikliklerinden dolayı ciddi verim kayıpları meydana gelmektedir. Alkali sulama suyu da benzer şekilde sebzelerin kök bölgesinde pH'ı yükselterek besin alımını zorlaştırmaktadır. Marschner (1995), yüksek pH seviyelerinin mikro besin elementlerinin biyoyararlılığını düşürdüğünü, bunun da kloroz ve büyüme geriliğine neden olduğunu belirtmektedir. Savvas ve ark. (2010), bikarbonat iyonunun (HCO₃⁻) özellikle demirin taşınmasını ve alınmasını engelleyerek kloroza yol açtığını ve bunun sebze veriminde belirgin düşüşlere neden olduğunu; Pissaloux ve ark. (1995), HCO₃⁻ iyonlarının diğer katyonlarla etkileşerek genel besin dengesizliğine neden olduğunu bildirmektedirler.

Bu sorunlara karşı geliştirilen çözüm yolları arasında, alkali koşullara toleranslı sebze türlerinin seçimi ve bu türlerin kullanımını öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, son yıllarda aşılamanın alkaliniteye karşı etkili bir çözüm yöntemi olabileceği ortaya konmuştur. Değişik sebze türlerinde alkali stresine karşı aşılamanın etkileri ile ilgili çalışmalar yürütülmüş olmasına karşın, literatürde alkali stresine karşı patlıcanda aşılamanın etkilerine ilişkin bir çalışmaya rastlanılamamıştır. Bu nedenle bu bölümde diğer sebze türlerinde aşılamanın alkali stresine etkisi ile ilgili araştırma sonuçlarına yer verilmiştir. Colla ve ark. (2010), karpuzda yaptıkları çalışmada farklı anaçların alkaliniteye karşı bitkilerin fizyolojik ve biyokimyasal tepkilerini etkilediğini; pH 8.1 olan besin çözeltisinde iki kabak anacı ('P360' ve 'PS1313') ve iki su kabağı anacı ('Macis' ve

‘Argentario’) kullanılarak yapılan aşılamalarda, kabak anaçlarına aşılı karpuz bitkilerinin su kabağı anaçlarına göre daha iyi performans gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu bitkilerde, CO₂ asimilasyonunun daha yüksek düzeyde gerçekleştiği ve sürgün dokularında daha fazla fosfor (P), magnezyum (Mg) ve özellikle demir (Fe) biriktiğini bildirmektedirler. Araştırmacılar ayrıca, aşılı bitkilerin köklerinde Fe(III)-şelat redüktaz aktivitesinin daha yüksek olduğunu ve bu enzimin demirin alınabilir formuna dönüşümünü sağlayarak kloroz oluşumunu engellemeye yardımcı olduğunu belirtmektedirler. Araştırmacılar, aşılamanın bu etkilerine bağlı olarak alkali koşullarda karpuzun veriminin de arttığını bildirmektedirler.

Aşılama, alkali stresi altında bitkilerin dayanıklılığını artırmak amacıyla kullanılacak alternatif çözüm yollarından biri olarak belirtilmektedir. Güçlü ve stres toleransına sahip kök anaçları, stres koşullarında besin elementi alımını optimize ederek bitkinin alkali ortamda gelişimini destekler. Ayrıca kök tarafından organik asitlerin salgılanması ve kök aktivitesinin artması, alkalinite kaynaklı besin elementlerinin çözünürlüğünü artırır.

Mohsenian ve ark. (2012), sera koşullarında yetiştirilen domateslerde alkali stresine karşı aşılamanın etkilerini araştırdıkları çalışmada, domates bitkilerini beş farklı anaç üzerine (patlıcan, datura, portakal patlıcanı, İran tütünü ve tarla domatesi) aşılı olarak 0, 5 ve 10 mM NaHCO₃ stresine maruz bırakmışlardır. Gelişim parametreleri, demir içeriği, fotosentetik pigmentler, verim, performans indeksi (PI), yaprak bağıl su içeriği (LRWC) ve çözünür şeker içeriklerinin değerlendirildiği çalışmada, yüksek NaHCO₃ seviyelerinde hem aşılı hem de aşısız bitkilerde yaprak alanı, kuru madde ve Fe içeriğinin önemli ölçüde azaldığı; ancak datura üzerine aşılama bitkilerde çözünür şeker, pigment, Fv/Fm ve PI değerlerinde diğer aşı kombinasyonlarına ve kontrole göre önemli artışlar gerçekleştiği, datura anacının domateste alkali toleransını artırabileceği belirtilmektedir.

Mohsenian ve Roosta (2015), domateste alkali stresine karşı farklı anaçların performansını araştırdıkları çalışmalarında *Datura stramonium* üzerine aşılama domateslerde büyüme, besin elementi alımı ve stres tepkilerinin iyileştiğini; aşılı bitkilerin kök ve gövde biyokütlesinin daha yüksek olduğunu, stresle mücadelede önemli göstergelerden biri olan yapraklarda prolin birikiminin arttığını ve sodyum (Na⁺) birikiminin ise önemli düzeyde azaldığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar, elde ettikleri

sonuçlara göre aşılı bitkilerde iyon homeostazının korunduğunu, *Datura* üzerine aşılamanın alkali stresine karşı domatesin metabolik ve fizyolojik dayanıklılığını artırarak üretimde kayıpları önlediğini belirtmektedirler.

Ulaş ve ark. (2021), karpuzda üç farklı hibrit kabak anacı üzerine aşılamanın alkalinite toleransına etkisini araştırdıkları çalışmalarında, pH 6.5 ve 8.5 uygulamalarında stres koşullarına aşılı bitkilerin tepkilerinin farklı olduğunu; anaçlara bağlı olarak tolerans düzeyi değişmekle beraber, aşılı bitkilerin kontrol bitkilerine göre alkali stresinden daha az etkilendiğini, yaprak alanı, gövde uzunluğu ve klorofil içeriğinin (SPAD) arttığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar, 'Crisby/Nun 9075' aşısı kombinasyonunda yapraklarda demir konsantrasyonu ve sürgün kuru madde miktarının daha yüksek olduğunu; 'CT/Strong Tosa' aşısı kombinasyonunda ise magnezyum ve bakır konsantrasyonlarının daha yüksek olduğunu, anaçların mineral alımı ve dağılımı üzerinde farklı etkiler gösterdiğini savunmaktadırlar. Alkali stresine karşı aşılamanın kavunda etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, iki kavun çeşidi hibrit kabak (*Cucurbita maxima* × *Cucurbita moschata*) anaçlarına aşılanmış ve pH 7 ile pH 9 ortamlarında karşılaştırılmıştır. Yüksek pH ortamında aşılı bitkilerde sürgün ve kök ağırlığı ile yaprak klorofil içeriğinde (SPAD) artış gözlenmiştir. Ayrıca aşılı bitkilerde dal sayısı ve sürgün uzunluğu yüksek pH koşullarında artış göstermiştir (Ulaş ve ark., 2019).

Roosta ve Karimi (2012) tarafından yapılan çalışmada, yerel kabak türleri (*Cucurbita moschata* ve *Cucurbita maxima*) anaç olarak kullanılmış ve hıyarda alkali ve tuz stresine karşı koruyucu etkileri incelenmiştir. 10 mM bikarbonat ve 10 mM sodyum klorür içeren besin ortamlarında, aşılı bitkilerde, aşılanmamışlara göre daha iyi büyüme performansı ve daha dengeli iyon homeostazı gözlenmiştir.

Sebzelerde aşılamanın alkali stresi üzerine etkileri konusunda literatürde az sayıda çalışma bulunmaktadır. Yukarıda bir kısmına değinilen çalışmalar domates, karpuz, hıyar ve kavunda yürütülmüş olup; patlıcanda alkali stresine karşı aşılamanın etkisi ile alakalı çalışmaya rastlanılmamaktadır. Yukarıda sonuçları verilen çalışmalar ışığında, aşılamanın alkali stresi altındaki sebzelerde önemli ölçüde büyüme, besin elementi alımı, fotosentez etkinliği ve biyokimyasal adaptasyonları iyileştirdiği görülmektedir. Güçlü ve alkali toleransına sahip anaçların üzerine aşılanan bitkilerin besin ve su alımını optimize ederek morfolojik ve fizyolojik fonksiyonların sürdürülmesini sağladığı; kök kaynaklı organik asit salgısı ve enzimatik aktivitelerin artması sayesinde

alkali stresine bağlı besin elementi alım problemlerinin üstesinden gelinmesini kolaylaştırdığı anlaşılmaktadır. Bu bağlamda, aşılama, alkali stresıyla mücadelede sürdürülebilir ve etkili bir biyoteknik uygulama olarak sebze yetiştiriciliğinde (özellikle de *Solanaceae* ve *Cucurbitaceae* türlerinde) önerilmektedir.

2.15. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Tuz ve alkali stresi patlıcanda bitki gelişimi, verim ve kalitede önemli kayıplara yol açmaktadır. Bu doktora çalışmasının amacı, serada topraksız tarım koşullarında 8 farklı patlıcan anacı üzerine aşılamanın Anamur F₁ patlıcan çeşidinin bitki gelişimi ve büyümesi üzerindeki çeşitli fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerine tzu stresi (NaCl) ve alkali stresinin (NaCO₃) etkilerini araştırmaktır. Bu maksatla tuz ve alkali koşullar altında ticari olarak kullanılan 8 patlıcan anacı üzerine aşılamanın ticari patlıcan çeşidinin aşısız ve kendi üzerine aşılama bitkileri ile karşılaştırılması yapılmıştır.

Çalışmada tuz ve alkali stresi altında aşılamanın etkileri ve çalışmanın amaçları aşağıda sıralanmıştır.

Stres uygulamalarının patlıcanda oluşturduğu kayıpları belirlemek.

Farklı anaçlar üzerine aşılamanın tuz stresi ve alkali stresi altında patlıcan bitkilerinin gelişimi, verim parametreleri ve meyve kalitesine etkisinin belirlenmesi.

Stres uygulamalarının aşılı ve aşısız patlıcanlarda fizyolojik ve biyokimyasal parametrelere etkisinin belirlenmesi.

Aşılamanın tuz ve alkali stresine karşı sağladığı toleransın fizyolojik ve morfolojik açıdan açıklamalarını yapmak.

Çalışmada kullanılan anaçlar arasında stres toleransı en yüksek anaçları belirlemek ve bunun gerekçelerini ortaya koymak.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışma, 15 Nisan-1 Aralık 2025 tarihleri arasında, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi'nde topraksız tarım serasında yürütülmüştür. Araştırma alanı, 39°51'-40°55' kuzey enlemleri ve 35°27'-37°39' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Denemenin yürütüldüğü sera 2000 m² kapalı alana sahip olup, 1000 m²'si fide üretimi, 1000 m²'si topraksız tarım yetiştiriciliğine uygun dizayn edilmiştir. Oluk altı yüksekliği 5 metredir. Seranın yanları polikarbon, çatısı PE kaplamalıdır. Isıtma, gölgeleme ve tam otomasyonlu gübreleme-sulama düzeneğine sahiptir.

Bitkilerin yetiştirilmesinde 75x25x21 cm ölçülere sahip 24 litre hacimli ayaklı saksılar ve yetiştirme ortamı olarak torf:perlit (3:1 oranında) karışımı kullanılmıştır. Besin solüsyonlarının hazırlanmasında 5000 litrelik su tankı, tuz uygulamaları için 500 litrelik tanklar, alkali uygulaması için 1000 litrelik tank kullanılmıştır. Projede tuz kaynağı olarak %99 saflıkta soyum klorür, alkali koşulları oluşturmak için %99 saflıkta sodyum bikarbonat (NaHCO₃) kullanılmıştır.

Denemede 8 farklı patlıcan anacı kullanılmış, anaçlar ve özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir. Kültür çeşidi olarak Anamur RZ F₁ (10-704) (Rijk Zwaan) patlıcan çeşidi kullanılmıştır. Anamur RZ F₁ patlıcan çeşidi örtü altı, Sonbahar, İlkbahar ve açık tarla yetiştiriciliğine uygun, silindirik meyveli, bitki yapısı güçlü, kompakt ve kapalı, üniform meyve yapısına sahip ve yüksek verimli, meyveleri uzun, silindirik ve kaliksi dikensiz, erkenci, meyve rengi koyu siyah ve parlak, meyve kaliksi koyu yeşil ve kararma yapmayan bir çeşit olup, üretici firma tarafından biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı dayanıklılığı veya toleransı konusunda bir beyan bulunmamaktadır.

Denemede kullanılan sulama suyunun pH'sı 6.7±2 düzeyinde, EC değeri ise 0.352±110 dS/m düzeyindedir.



Şekil 3.1. Seradan genel görünüm, otomasyon, sulama sistemi ve uygulama tankları

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan anaçlar ve özellikleri

Anaç Adı	Firması	Orijini	Özellikleri
AG38R F ₁	AG Tohum	Bilinmiyor	Bilinmiyor
AGR 703 F ₁	Agromar Tohum	<i>S.melongena</i> x <i>S.aethiopicum</i>	Güçlü ve homojen çimlenme özelliği vardır. Anaç-Kalem uyumu yüksektir. Verticillium dayanımı oldukça iyidir. Düşük sıcaklık koşullarında bile kök gelişimi devam eder, bitkinin kış verimini arttırır. Kuvvetli kök yapısı ile nematod ile bulaşmış topraklarda, aşısız bitkiye göre daha iyi gelişme gösterir.
Boğaç F ₁	Yüksel Tohum	<i>S. melongena</i>	Sera ve açık tarla aşılı patlıcan yetiştiriciliğine uygun, çok güçlü kök yapısına sahip, kazık-saçak kök dağılımı dengeli, aşı uyumu yüksek, stres koşullarına adaptasyonu yüksek, F. Oxysporum f. Sp. Melongena yüksek dayanımlı, V. Dahlia, V. Alboatrum, Ma, Mi, Mj orta dayanıklı
Kingkong F ₁	Rjik Zwaan	<i>S.lycopersicum</i> x <i>S.habroichates</i>	HR: ToMV0-2, Fol0,1, For IR: Pl, Va, Vd, Ma, Mi, Mj
Hercules	United Genetics	<i>S.torvum</i>	Bacterial Wilt – HR, Verticillium Wilt – HR, Fusarium Wilt – HR, Nematod – HR, kuvvetli kök yapısına sahip, sıcak koşullara tolerant.
Hikyaku F ₁	United Genetics	<i>S.melongena</i>	Verticillium Wilt – IR, Fusarium Wilt – IR, Soğuk koşullara tolerant, üniform çimlenme yeteneği
Yula F ₁	NGS Seed	Bilinmiyor	Verticillium, Nematod ve Fusarium'a yüksek tolerant, Kuvvetli gelişen, aşı uyumu iyi, su tüketimi yüksek, erkenciliği teşvik eder
Hawk	Vilmorin-Mikado	<i>S. torvum</i>	IR : Fol:0,1, V, Mi, Mj. Kök sistemi güçlü ve dirençlidir. Adaptasyon yeteneği yüksektir.



Şekil 3.2. Anamur RZ F₁ patlıcan çeşidinin bitki ve meyve görünümü

3.2. Yöntem

Denemede anaçların gelişme kuvveti farklı olduğundan tohum ekiminden önce çimlendirme testi yapılmıştır. Anaç ve kalem çeşitlerin tohumları çimlenme testi dikkate alınarak farklı zamanlarda ekilmiştir. Burada amaç aşılı dönemde anaç ve kalemin aşılı bölgesinin kalınlığının birbiri ile aynı veya yakın kalınlıkta olmasıdır. Bitkilerin aşılmasında sluntcut aşılı yöntemi (yatay kesitli aşılı) kullanılmış ve aşılı sonrası bakım koşulları Lee (1994)'ye göre yapılmıştır. Bitkilerin aşılması United Genetics Turkey fide firmasının Bafra fide üretim tesislerinde yapılmıştır.

Denemede aşılı bitkilerin verim, kalite ve biyokimyasal özellikleri iki farklı denemede ayrı ayrı incelenmiştir. Birinci denemede, aşılı bitkilerin tuz stresi altında performanslarını değerlendirmek amacıyla tuzluluk stresi oluşturulmuştur. İkinci denemede ise, aşılı bitkilerin alkali koşullardaki performanslarını belirlemek üzere alkali denemesi kurulmuştur. Her iki denemede de fideler ticari fide yetiştirme koşullarında yetiştirilmiş, dikimden sonra belirlenen dozlarda hazırlanan besin çözeltileri bitkilere uygulanmıştır. Dikimle beraber verilen can suyunun ardından, bitkiler günlük olarak sabah 1.5 litre ve akşam 1.5 litre olmak üzere saksı başına günlük 3 litre besin çözeltisi ile sulanmıştır. Sulamalar, suyun %20'si drene olacak şekilde gerçekleştirilmiş; ilerleyen günlerde ise verilen su miktarı drenaj dikkate alınarak artırılmıştır.

Besin çözeltileri hazırlanırken Hoagland besin çözeltisi modifiye edilerek kullanılmıştır. Kontrol bitkilerine verilen besin çözeltisinin elektriksel iletkenliği (EC) 2.0 dS/m olacak şekilde ayarlanmıştır. Hoagland ve Arnon (1950)'a göre kullanılan besin elementleri ve dozları Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çalışmada tuz stresi seviyeleri belirlenirken literatürde yapılan araştırmalar dikkate alınmıştır. Savvas ve ark. (2000), 4.7 dS/m (25 mM NaCl) düzeyinde, Semiz ve Suaresz (2019) ise 4.6 dS/m düzeyinde tuz uyguladıklarında patlıcanda önemli verim kayıplarının oluştuğunu bildirmektedirler. Benzer şekilde, patlıcanda tuz stresinin etkisinin araştırıldığı çalışmalar değerlendirildiğinde, sulama suyunun tuz konsantrasyonunun 4.0 dS/m ve üzerinde olduğu koşullarda stresin etkilerinin belirgin şekilde ortaya çıktığı görülmektedir. Bu nedenle çalışmada uygulanan tuz stresi düzeyleri söz konusu literatür bulguları dikkate alınarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.2. Modifiye besin solüsyonunda kullanılan besin elementleri ve miktarları

Makro Besin Elementleri (ppm)		Mikro Besin Elementleri (ppm)	
Azot (N)	210	Demir (Fe)	3.0
Fosfor (P)	100	Bakır (Cu)	0.03
Potasyum (K)*	200-300	Mangan (Mn)	0.5
Kalsiyum (Ca)	100	Bor (B)	0.5
Magnezyum (Mg)	50	Çinko (Zn)	0.05
Kükürt (S)	50	Molibden (Mo)	0.01

*Besin solüsyonunun potasyum miktarı çiçeklenmeye kadar 200 ppm, çiçeklenmeden sonra 300 ppm olarak ayarlanmıştır.

3.2.1. Tuz stresi uygulamaları

Tuz stresinin aşılı patlıcanlarda ve anaçlarda etkilerini belirlemek amacıyla üç farklı tuz konsantrasyonu kullanılmıştır. Kontrol uygulamasında, Çizelge 2'de belirtilen oranlarda hazırlanan besin çözeltisi dikimden sonraki ilk 15 gün boyunca EC 1.80 dS/m, daha sonraki dönemde ise vegetasyon sonuna kadar EC 2.0 dS/m olacak şekilde uygulanmıştır. Besin çözeltisinin pH'sı 6.3 ± 0.2 olacak şekilde ayarlanmıştır.

Tuzluluk uygulamalarında kontrol çözeltisine 25 mM NaCl ve 50 mM NaCl ilave edilerek iki farklı tuz konsantrasyonu oluşturulmuş ve bitkiler bu çözeltilerle sulanmıştır. Ön çalışmalarda, sulama suyunun EC değeri 2.0 dS/m olduğunda 25 ve 50 mM NaCl ilavesiyle EC değerinin sırasıyla yaklaşık 4.0 ve 6.0 dS/m olduğu

belirlenmiştir. Drenaj suyunda düzenli olarak EC ve pH ölçümleri yapılmış, tuz konsantrasyonunun aşılmasına ve pH'nın yükselmemesine dikkat edilmiştir. Drenaj suyunda EC değeri uygulama dozunu aştığında, kök bölgesindeki tuz konsantrasyonunu kontrol altında tutmak için tuz ilavesi yapılmamış (EC 2.0 dS/m) besin çözeltisi ile sulama yapılmıştır.

3.2.2. Alkali stresi uygulamaları

Aşılı bitkilerin alkali koşullara toleransını belirlemek amacıyla yürütülen çalışmada kontrol (pH 6,3±0,2) ve alkali (pH 8,1) uygulamaları yapılmıştır. Kontrol uygulamasında, Çizelge 2'de belirtilen oranlarda hazırlanan besin çözeltisi dikimden sonraki ilk 15 gün boyunca EC 1.80 dS/m, sonrasında ise vegetasyon dönemi boyunca EC 2,0 dS/m olacak şekilde uygulanmıştır. Besin çözeltisinin pH'sı 6.3±0.2 değerinde tutulmuştur.

Alkali uygulamasında ise kontrol çözeltisinin pH değeri sodyum bikarbonat kullanılarak 8.1'e ayarlanmış ve bitkiler bu çözeltiyle sulanmıştır. Düzenli olarak drenaj suyu ölçümleri yapılmış ve pH'nın 8.5'in üzerine çıkmamasına özen gösterilmiştir. Drenaj suyunda pH 8.5'in üzerine çıktığında kontrol çözeltisi uygulanmış, drenaj pH'sı 8.1'e ulaştığında yeniden alkali çözelti ile sulamaya devam edilmiştir.

Hem tuz hem de alkali stresi için hazırlanan çözelti tankları bir blower yardımıyla düzenli olarak karıştırılarak besin elementlerinin homojen dağılımı sağlanmış, tanklar başlangıçta iki günde bir, ilerleyen dönemlerde ise bitkilerin aratn su ihtiyacını karşılayabilmek için her gün yenilenmiştir.

3.2.3. Yetiştirme tekniği ve hasat

Fideler 15 Nisan 2024 tarihinde dikilmiştir. Dikimde sıra üzeri 50 cm, sıra arası 120 cm mesafe bırakılmıştır. 75 cm uzunluğundaki saksılar, topraksız tarım serasında gutter sistemi üzerine 25 cm aralıklarla yerleştirilmiş ve her saksıda iki bitki yetiştirilmiştir. Anaçların aşısız yetiştirildiği denemede ise anaçların kuvvetli gelişen bitkiler olduğu dikkate alınarak farklı sıra arası ve sıra üzeri mesafeler uygulanmıştır. Buna göre anaçların dikiminde sıra üzeri 60 cm, arası 120 cm olarak uygulanmıştır. Bitkiler

dallanmaya başladığında dört gövdeli olacak şekilde budanmış ve her gövde bir askı ipiyle askıya alınmıştır. Meyveler hasat olumuna ulaştıklarında hasat edilmiştir. Çalışmada sekiz farklı anaç kullanılmış; ayrıca aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkiler kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. Hasatlar meyvelerin olgunluğuna bağlı olarak yapılmış, bu kapsamda haftada bir hasat gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.3. Bitkilerin dikimi ve askıya alınmış görünümleri

Tuz ve alkali stresi denemeleri iki ayrı deneme şeklinde kurulmuş, her iki deneme de bölünmüş parseller deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Tuz stresi denemesinde ana parsellere tuz uygulamaları (NaCl 0, NaCl 25 mM, NaCl 50 mM), alt parsellere ise aşı kombinasyonları tesadüfi olarak yerleştirilmiştir. Alkali stresi denemesinde ana parsellere alkali uygulamaları (pH 6.3±0.2 ve pH 8.1), alt parsellere ise aşı kombinasyonları tesadüfi olarak dağıtılmıştır. Her iki denemede de aşısız ve kendi üzerine aşıları bitkiler aşı kombinasyonu gibi değerlendirilmiştir.

Her parselde üç saksı ve altı bitki yetiştirilmiştir. Buna göre tuz stresi denemesinde (kontrol dahil) 10 aşı uygulaması × 3 EC dozu × 3 tekerrür = 90 parsel ve 540 bitki; alkali denemesinde ise 10 aşı uygulaması × 2 pH dozu × 3 tekerrür = 60 parsel ve 360 bitki kullanılmıştır. Böylece toplamda 150 parsel, iki tekrarlı deneme ile birlikte 300 parsel ve 1800 bitki kullanılmıştır. Ayrıca anaçların aşısız olarak yetiştirildiği ayrı bir deneme daha kurulmuş ve bu amaçla 240 bitki değerlendirmeye alınmıştır. Böylece toplamda 2040 bitki üzerinde gözlem yapılmıştır.

Makro ve mikro besin elementi analizlerinin maliyeti yüksek olduğundan, bu analizler yalnızca tek bir denemede ve kontrol grubunda yapılmış, toplamda 216 numune hazırlanmıştır. Deneme tek yıl sürdürüldüğünden iki tekrarlı olarak yürütülmüştür. Ayrıca anaçlar aşısız olarak da yetiştirilmiş ve böylece tuz ve alkali stresine verdikleri tepkiler bağımsız olarak incelenmiştir.

3.3. Gözlemler

Denemede hem tuz stresi denemesinde hem de alaki stresi denemesinde aşağıdaki ölçüm, gözlem ve hesaplamalar uygulanmıştır. 3.3.1. bölümünde ise anaçların bağımsız olarak yetiştirildiği denemede uygulanan ölçüm ve gözlemler belirtilmiştir. Projede yaprak sayısı üzerinde de gözlem ve sayım yapılacağı belirtilmesine karşın, deneme boyunca budamalar nedeniyle çok sayıda yaprağın bitkiden uzaklaştırılması, stres uygulamalarına bağlı olarak bazı bitkilerin yaprak dökmeleri ve yere düzen yaprakların hangi bitkiye ait olduğunun kesin olarak belirlenememesi gibi nedenlerle sağlıklı bir yaprak sayımı yapılamadığından yaprak sayısı ölçümü gözlemlerden çıkarılmıştır.

3.3.1. Anaç denemesinde yapılan gözlemler

Anaç denemesinde, anaçlar aşılı bitkilerden bağımsız olarak değerlendirilmiştir. Gözlem ve örnek alımları dikimden sonraki 45. ve 60. günlerde yapılmış, 60. gündeki ölçüm ve örneklemelerin ardından anaç denemesi sonlandırılmıştır.

Alkali ve tuz stresi uygulanan anaçlarda; yaprak klorofil içeriği (SPAD), yaprak rengi (L*, a*, b*), yapraklarda makro ve mikro besin elementi içerikleri, MDA, SOD, CAT, APX, H₂O₂, prolin düzeyleri, yaprak kuru madde miktarı(%), bitki boyu, gövde kalınlığı, makro ve mikro besin elementi içerikleri incelenmiştir. Söz konusu gözlemlerde analiz gerektiren ölçümler aşağıda ilgili beölümlerde belirtilen yöntemlerle yapılmıştır.

3.3.2. Pazarlanabilir verim

Her hasatta toplanan pazarlanabilir meyveler sayı ve ağırlık olarak parsel bazında kaydedilmiş, daha sonra verimler bitki başına meyve sayısı ve hektar verimi üzerinden hesaplanmıştır. Ayrıca ilk hasadın başladığı tarihten itibaren 30 gün boyunca yapılan hasatlar erkenci verim olarak değerlendirilmiştir.

3.3.3. İskarta verim

Her hasatta pazarlanabilir özellik taşımayan (kıvrık, küçük, renk bozukluğu, çiçek burnu çürüklüğü vb.) meyveler sayı ve ağırlık olarak kaydedilmiş, elde edilen veriler bitki başına ıskarta meyve sayısı ve hektar bazında ıskarta verim olarak hesaplanmıştır.

3.3.4. Ortalama meyve ağırlığı

Her hasatta toplanan pazarlanabilir ve ıskarta meyvelerin ağırlıkları meyve sayısına bölünerek pazarlanabilir ve ıskarta meyve ağırlıkları (g) hesaplanmıştır.

3.3.5. Bitki boyu (cm) ve gövde çapı (mm)

Vegetasyon dönemi sonunda, son hasattan sonra her parseldeki altı bitkinin boyu aşı noktasının 1 cm üzerinden tepe noktasına kadar ölçülmüş ve cm cinsinden kaydedilmiştir. Benzer ölçüm şekli anaç denemesindeki bitkiler için de uygulanmıştır.

Vegetasyon dönemi sonunda, son hasattan sonra her parseldeki altı bitkinin gövde çapı aşı noktasının 1 cm yukarisından kumpas ile ölçülmüş ve mm cinsinden kaydedilmiştir. Anaç denemesinde ise bitkilerin gövde çapları kök boğazının 2 cm üzerinden ölçülmüştür.

3.3.6. Biyomas (kg/bitki)

Biyomas ölçümünde vegetasyon boyunca bitkinin ürettiği tüm vegetatif ve generatif aksamlar değerlendirmeye alınmıştır. Buna göre, vegetasyon boyunca budama ve askıya alma işlemleri sırasında bitkilerden uzaklaştırılan yaprak ve sürgünlerin ağırlıkları ile son hasattan sonra bitkiler aşı noktasının 1 cm üzerinden kesildikten sonraki ağırlıkları ve vegetasyon dönemi boyunca bitkilerden hasat edilen pazarlanabilir ve ıskarta meyvelerin toplam ağırlıkları toplanarak bitkilerin ürettikleri biyomas ağırlıkları hesaplanmıştır. Anaç denemesinde ise meyve hasadı olmadığı için vegetatif aksam ağırlıkları benzer şekilde hesaplanmıştır.

3.3.7. Yaprak ve meyve kuru madde miktarı (%)

Hasatlar başladıktan sonra üçüncü ve altıncı hasatta alınan meyve örnekleri ile aynı dönemde alınan yaprak örnekleri tartılarak yaş ağırlıkları belirlenmiş, ardından etüvde önce 60°C'de 2 gün, daha sonra ağırlıkları sabitleninceye kadar 70°C'de kurutulmuş ve tartılmıştır. Anaç denemesinde yaprak kuru madde miktarı için de aynı yöntem uygulanmıştır. İki dönemde alınan veriler birleştirilerek ortalamaları hesaplanmıştır. Kuru madde aşağıdaki formül kullanılarak belirlenmiştir:

$$\% \text{ Kuru madde} = (\text{Kuru madde} \times 100) / \text{Yaş Ağırlık}$$

3.3.8. Suda çözünebilir kuru madde (SÇKM-Brix) (%)

Üçüncü ve altıncı hasatlarda elde edilen meyvelerin suyu çıkarılıp filtre edilmiş ve refraktometre kullanılarak SÇKM ölçümü yapılmıştır. İki dönemde alınan veriler birleştirilerek ortalamaları hesaplanmıştır.

3.3.9. Elektriksel iletkenlik (EC) (dS/m)

Üçüncü ve altıncı hasatlarda hasat edilen meyvelerden elde edilen meyve suyu filtre edilmiş ve EC metre ile elektriksel iletkenlik ölçülmüştür. Elde edilen sonuçların ortalamaları hesaplanmıştır. Anaç denemesinde ise yapraklarda EC ölçümü için alınan yaprak örnekleri 1 birim yaprak (g) ve 2 birim saf su (ml) içinde homojenize edilmiş ve filtre edilen örneklerde EC ölçümleri yapılmıştır.

3.3.10. pH

Üçüncü ve altıncı hasatlarda parsellerden alınan meyvelerin suyu çıkarılarak 50 ml örnek hazırlanmış ve pH metre ile pH değerleri belirlenmiştir. İki dönemde elde edilen verilerin ortalamaları hesaplanmıştır. Anaç denemesinde ise yapraklarda pH ölçümü için alınan yaprak örnekleri 1 birim yaprak (g) ve 2 birim saf su (ml) içinde homojenize edilmiş ve filtre edilen örneklerde pH ölçümleri yapılmıştır.

3.3.11. Titre edilebilir asit miktarı (Titrasyon Asitliği) (%)

Üçüncü ve altıncı hasatta alınan meyvelerin suları çıkarılıp filtre edildikten sonra zaman kaybetmeden 10 ml örnek alınmış, üzerine 2–3 damla fenolftalein damlatılmıştır. Daha sonra örnek 0.1 N NaOH ile titre edilmiş, renk değişimi başladığında harcanan NaOH miktarı kaydedilmiştir. İki dönemde elde edilen veriler birleştirilerek ortalamaları hesaplanmıştır. Titrasyon asitliği aşağıdaki formül kullanılarak sitrik asit cinsinden belirlenmiştir:

$$\text{Titrasyon asitliği (\%)} = (V \times N \times E \times 100) / M$$

3.3.12. Yaprak klorofil indeksi (SPAD)

Tuz ve alkali stresi denemeleri ve anaç denemelerinde her parselde üç bitkiden, yukarıdan aşağıya doğru beşinci yapraklar seçilmiş ve üç farklı noktadan klorofil indeksi ölçümü yapılmıştır. Ölçümler SPAD-502 Plus klorofilmetre cihazı ile gerçekleştirilmiş ve sonuçlar SPAD cinsinden belirlenmiştir.

3.3.13. Meyve eti sertliği (N)

Üçüncü ve altıncı hasatta tam olgun meyvelerde, her parselden 10 meyve kullanılarak sertlik ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler dinamometre (PCE-FM 200 Force Gauge) montajlı test standında, ucu 1.54 mm çapında delicisi olan başlıkla gerçekleştirilmiş ve değerler Newton cinsinden kaydedilmiştir.

3.3.14. Meyve kabuk rengi ve yaprak rengi

Meyve kabuk rengi ölçümünde hasatlar başladıktan sonra 15 gün arayla dört kez, her hasatta parselde 10 meyvenin dış kabuk rengi renk ölçer (CR 300, Minolta, Japonya) ile ölçülmüştür. Yaprak rengi ölçümünde ise meyve kabuk rengi ölçüm dönemlerinde her bitkide yukarıdan aşağıya doğru dördüncü ve beşinci yapraklar seçilmiş ve her parselde 10 yaprakta renk ölçer kullanılarak ölçümler yapılmıştır. Ölçümlerde yaprak renk açıklığı (L*) ile a* ve b* değerleri ölçülmüştür. Bu sonuçlar dikkate alınarak meyve kabuklarında ve yapraklarda renk doygunluğu (Croma) ve renk tonu (Hue°) aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır. Anaç yapraklarında da benzer ölçümler yapılmış ve yaprak renk parametreleri belirlenmiştir.

$$\text{Croma (C}^*) = \sqrt{(a^{*2}+b^{*2})}$$

$$\text{Hue}^\circ (\text{h}^\circ) = \arctan(a^*/b^*)$$

3.3.15. Yapraklarda besin elementi analizleri

Üçüncü ve altıncı hasat döneminde alınan yaprak örnekleri birleştirilmiş, etüvde 70°C'de kurutulduktan sonra öğütülerek toz haline getirilmiştir. Örnekler kuru yakma yöntemiyle hazırlanmış ve süzütülerde P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn, B ve Mn içerikleri ICP-OES cihazında belirlenmiştir. Makro ve mikro besin elementlerinin ölçümü tuz ve alkalis tresi uygulamaları ile anaç denemelerinde yapılmıştır.



Gövde çapı ölçümü

Bitki boyu ölçümü

Klorofil indeksi (SPAD) ölçümü



SÇKM ve pH ve EC ölçümü



Meyve eti sertliği ölçümü



Örnek kurutma aşaması

Şekil 3.4. Ölçüm ve gözlem aşamalarından görünümeler

3.3.16. Lipid peroksidasyon (Malondialdehit, MDA) tayini ($\mu\text{mol/g/FW}$)

Çalışmada lipid peroksidasyon (MDA) tayini Lutts ve ark. (1996) tarafından belirtilen yöntemle yapılmıştır. Yaprak örneklerinden 0.5 g tartılmış, üzerine 5 ml % 0.1'lik trikloro asetik asit (TCA) ilave edilmiştir. Bu karışım 12500 rpm devir hızında 20 dakika süre ile santrifüj edilmiştir. 5 ml'lik ekstrakttan 3 ml süpernatant alınarak, süpernatantın üzerine, içinde % 20 TCA bulunan % 0.1'lik tiobarbütirik asit (TBA)'den 3 ml ilave edilmiştir. Karışım 95°C'de sıcak su banyosunda 30 dakika süreyle bekletilmiştir. Su banyosundan sonra spektrofotometrede A532 ve A600 nm'de absorbans değerleri okunmuş ve kaydedilmiştir. Elde edilen değerler aşağıdaki formüle yerleştirilerek MDA (Malondialdehit) miktarı hesaplanmıştır;

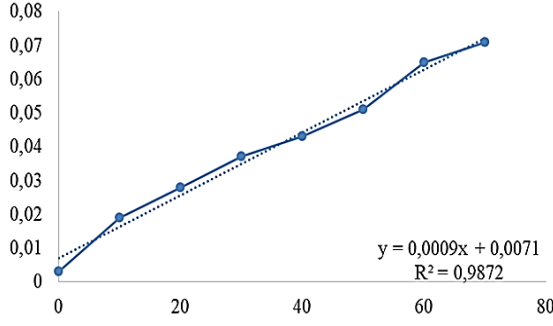
$$\text{MDA} = (A_{532} - A_{600}) \times \text{Ektrakt hacmi (ml)} / (155\text{mM/cm} \times \text{Örnek miktarı (mg)})$$

3.3.17. Yaprakta hidrojen peroksit (H₂O₂) tayini (µmol g⁻¹ T.A)

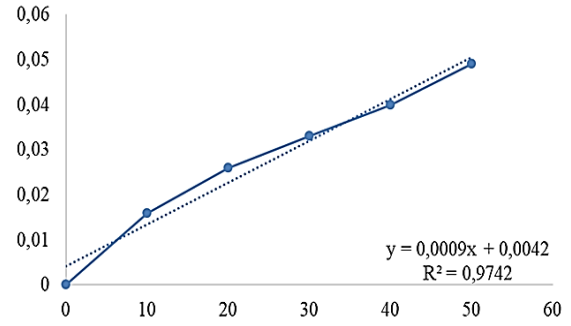
Stres altında yetiştirilen aşılı patlıcan ve anaç yapraklarında H₂O₂ tayini Velikova ve ark. (2000), tarafından önerilen yönteme göre yapılmıştır. Bitki örneklerinden 1,0 g alınarak, % 0,1'lik (w/v) trikloroasetik asit (TCA) içeren tampon içerisinde homojenize edilmiştir. Elde edilen homojenat, 12000 rpm 15 dakika +4 °C' de santrifüj edilmiştir. Santrifüj işleminden hemen sonra elde edilen süpernatanttan 0,6 ml alınarak üzerine 0,6 ml 10 mM potasyum fosfat tamponu (pH 7.0) ile 1.2 ml 1 M potasyum iyodür ilave edilmiştir. 25°C'de 1 saat inkübasyona bırakılan karışımın absorbansı, UV-Vis spektrofotometre ile 390 nm dalga boyunda köre karşı okunmuştur. Örneklerde hidrojen peroksit içeriği, H₂O₂ standart eğri grafiğinden (Şekil 3.5.) elde edilen eşitlik kullanılarak µmol/g taze ağırlık olarak hesaplanmıştır.

3.3.18. Prolin tayini (µmol prolin/g FW)

Prolin tayini Bates ve ark. (1973)'na göre yapılmıştır. Yöntemde 0,5 g yaprak örneği 10 ml %3 sülfosalisilik asit içinde homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnek 12.000 rpm'de, 10 °C'de 20 dakika süreyle santrifüjlenmiştir. Santrifüjden çıkan örnekten 1 ml süpernatant alınmış ve cam tüpe aktarılmıştır. Süpernatant üzerine 1 ml asit-ninhidrin ve 1 ml glasiyal asetik asit ilave edilmiş ve cam tüp sıcak su banyosunda 90°C'de 1 saat süreyle bekletilmiş ve sıcak su banyosundan çıkarılan cam tüpler 5 dk buz banyosunda bekletilmiştir. Cam tüp üzerine 2 ml toluen ilave edilmiş ve iki faz ayrılıncaya kadar 30 dakika boyunca oda sıcaklığında çalkalayıcıda karıştırılmıştır. Prolin konsantrasyonu, L-Prolin kullanılarak standart bir eğriden belirlenmiştir (Şekil 3.6.). Reaksiyon ortamına 1 ml toluen ilave edilip karıştırıldıktan sonra Toluene kör olarak kullanılmıştır ve üst sıvı alınarak küvetlerde 520 nm'de okumalar yapılmıştır. Standart olarak L-prolin kullanılıp sonuçlar µmol prolin/g.T.A. olarak hesaplanmıştır. Asit-ninhidrin hazırlanışı: 30 ml glasiyal asetik asit içine 1.25 g ninhidrin'in tartılıp konulmuştur ve üzerine 20 ml 6M Fosforik asit eklenmiş, çalkalanarak çözünene kadar serinde (4°C'de) 24 saat bekletilmiştir.



Şekil 3.5. H2O2 standart eğri grafiği



Şekil 3.6. Prolin standart eğri grafiği

3.3.19. Spektrofotometrik enzim aktiviteleeri

Süperoksit Dismutaz (SOD) Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi (Unit/g/FW):

SOD enzim aktivitesi tayini Çakmak ve Marschner (1992) ile Jebara ve ark. (2005)'in yöntemleri temel alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 1 gram taze ve ezilmemiş yaprak örneği sıvı azot kullanılarak porselen havanda ezilmiş ve 0.1 mM Na-EDTA içeren 50 mM fosfat tampon çözeltisi (pH 7.6) ile 10 ml hacme tamamlanarak homojenize edilmiştir. Homojenatlar 15 dakika boyunca 15.000 g'de +4°C'de santrifüj edilmiş ve elde edilen süpernatant, enzim ekstraktı olarak analizlerde kullanılmıştır. Tüm örnekler ölçüm yapılıncaya kadar +4°C'de muhafaza edilmiştir. SOD aktivitesi NBT'nin (nitroblue tetrazolium) ışık altında süperoksit (O₂⁻) tarafından indirgenmesini önleme prensibine göre, spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. Reaksiyon çözeltisi olarak 50 mM Na-fosfat tamponu (pH 7.0), 0.1 mM Na-EDTA, 33 µM NBT, 5 µM riboflavin ve 13 mM metiyonin içeren bir karışım hazırlanmıştır. Her ölçümde 2.5 ml reaksiyon çözeltisine 0,1 ml enzim ekstraktı eklenmiş ve karışım 25°C'de, 75 µmol m⁻² s⁻¹ (yaklaşık 40 W) ışık şiddeti altında 10 dakika inkübe edilmiştir. Kontrol tüpleri aynı bileşenlerle hazırlanmış, ancak enzimsiz olarak karanlıkta aynı süre boyunca bekletilmiştir. Reaksiyonlar sonunda absorbans değerleri 560 nm dalga boyunda, Analytic Jena 40 model spektrofotometrede okunmuştur. SOD aktivitesi, NBT'nin %50 oranında indirgenmesini engelleyen enzim miktarı üzerinden "bir ünite" olarak tanımlanmış ve bu doğrultuda hesaplanmıştır.

Katalaz (CAT) Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi (µM/min/mg/FW):

CAT enzim aktivitesi tayini, Çakmak ve Marschner (1992) ile Jebara ve ark. (2005)'i temel alınarak gerçekleştirilmiştir. Analiz için 1 gram taze yaprak örneği sıvı azot

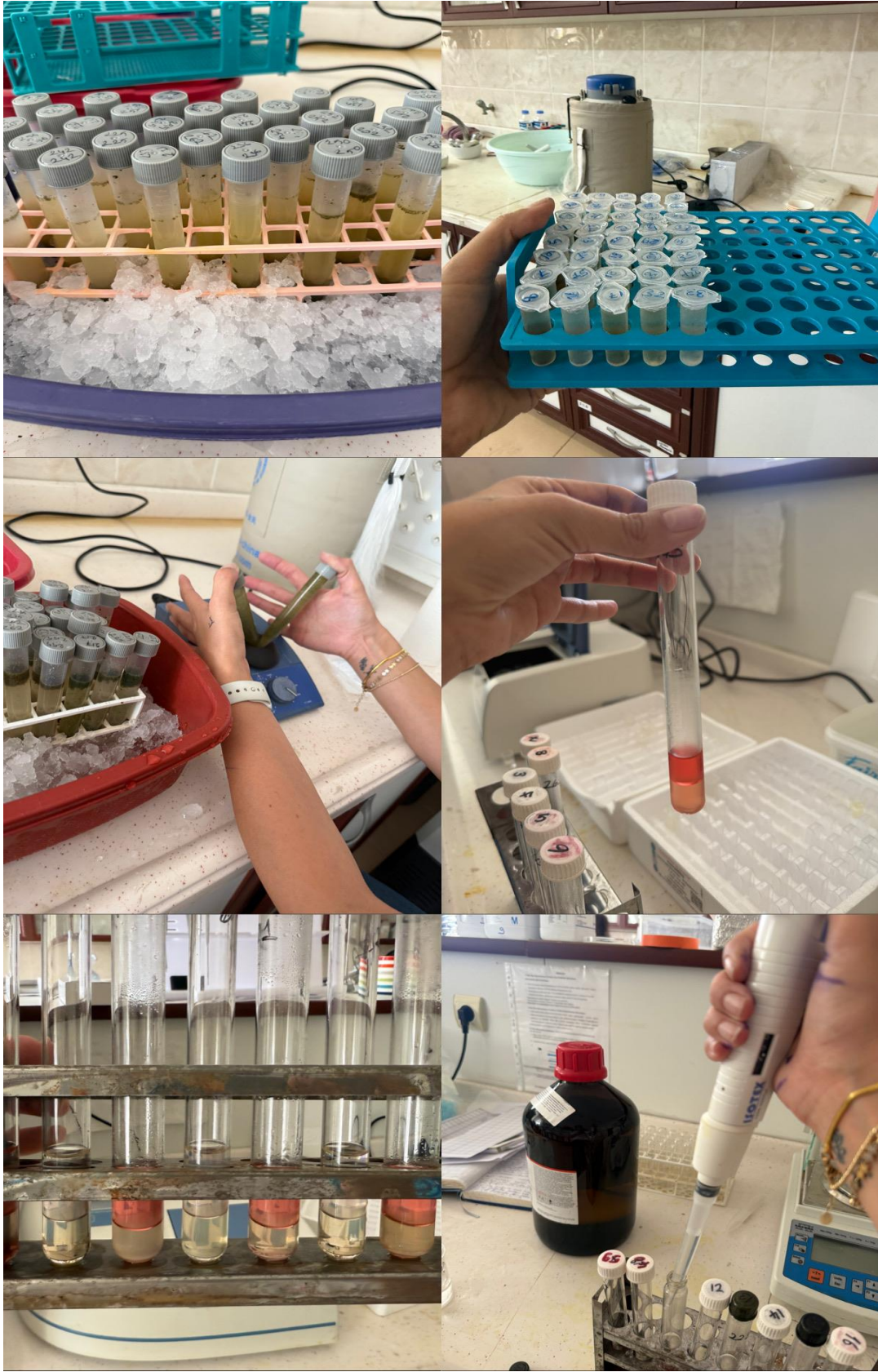
kullanılarak porselen havanda ezilmiş ve homojenizasyon amacıyla 0,1 mM Na-EDTA içeren 50 mM fosfat tampon çözeltisi (pH 7.6) ile 10 ml'ye tamamlanmıştır. Elde edilen karışım, soğuk zinciri bozmadan 1 dakika süreyle vortekslenmiş ve ardından 15 dakika boyunca +4°C'de 15 000 g'de santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası elde edilen süpernatant analizlerde enzim ekstraktı olarak kullanılmıştır. Reaksiyon karışımı için öncelikle 0.05 M fosfat tamponu (pH 7.0) ve 1.5 mM H₂O₂ içeren 2.5 ml reaksiyon çözeltisi spektrofotometre küvetine alınmıştır. Ardından 0,2 ml enzim ekstraktı (süpernatant) ilave edilerek karışım hafifçe çalkalanmış ve reaksiyon başlatılmıştır. Katalaz aktivitesi, 240 nm dalga boyunda H₂O₂'nin parçalanma hızına göre belirlenmiştir. Absorbans değerleri Analytic Jena 40 model spektrofotometrede, 0. ve 60. saniyelerde kaydedilmiştir. Aktivite hesaplamalarında, H₂O₂'nin 240 nm dalga boyundaki molar absorptivite katsayısı olan $\epsilon = 39.4 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ kullanılmıştır.

Askorbat Peroksidaz (APX) Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi ($\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}/\text{FW}$):

APX enzim aktivitesi tayini Çakmak ve Marschner (1992)'a göre gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 1 gram taze yaprak örneği sıvı azot kullanılarak porselen havanda ezilmiş ve homojenizasyon için 0.1 mM Na-EDTA içeren 50 mM fosfat tamponu (pH 7.6) ile 10 ml'ye tamamlanarak karıştırılmıştır. Elde edilen homojenatlar, +4°C'de 15 dakika süreyle 15 000 g'de santrifüj edilmiş ve süpernatant enzim ekstraktı olarak kullanılmıştır. Ölçüm yapılmaya kadar tüm örnekler +4°C'de buz içinde muhafaza edilmiştir. APX aktivitesi, askorbatın H₂O₂ varlığında oksitlenmesi sırasında absorbansın 290 nm'de azalması esasına göre spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. Reaksiyon karışımı 50 mM potasyum fosfat tamponu (pH 7.0), 0,5 mM askorbik asit, 0.1 mM EDTA, 1,5 mM H₂O₂ içerecek şekilde hazırlanmıştır. Ölçüm için reaksiyon karışımının 0,9 ml'sine 0,1 ml enzim ekstraktı eklenerek reaksiyon başlatılmıştır. Absorbans değerleri, Analytic Jena 40 model spektrofotometrede 290 nm dalga boyunda 1 dakikalık süre boyunca izlenmiştir. APX aktivitesi, 290 nm'deki absorbans azalmasına göre ve askorbat için bilinen molar absorptivite katsayısı olan $\epsilon = 2.8 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ kullanılarak hesaplanmıştır. Bir ünite APX aktivitesi, 1 dakika içinde 1 μmol askorbatı oksitleyen enzim miktarı olarak tanımlanmıştır.



Şekil 3.7. Yaprak örneklerinin besin elementi analizi için hazırlanması



Şekil 3.8 Antioksidan enzimleri ile H_2O_2 , MDA ve prolin analizlerinden görünüm

3.3.20. Fizyolojik bozukluklar

Her hasat döneminde fizyolojik bozukluk gösteren meyveler bozukluğun durumuna göre ayrılmış, sayıları kaydedilmiş ve toplam hasat edilen meyve sayısına oranlanmıştır. Buna göre: Meyvenin değişik yerlerinde çiçek burnu çürüklüğü görülen meyvelerdeki bozukluk çiçek burnu çürüklüğü, meyve kabuğunda kabarma görülen meyveler kabarma bozukluğu olarak değerlendirilmiştir. Anamur F₁ patlıcan çeşidinin rengi siyah olup, hasat döneminde meyve kabuk rengi siyah dışında ve genellikle değişik koyuluklarda mor renge dönen meyveler renk bozukluğu olarak değerlendirilmiştir. Hasat dönemlerinde sayım ve tartımlar tamamlandıktan sonra rengi bozulmuş, sertleşmiş, şekli bozulmuş v.b. belirtiler gösteren meyveler bıçakla dilimlenmiş ve içinde tohum olup olmadığı kontrol edilmiştir. Tohum bulunan meyveler tohumlu meyve olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 3.9. Meyvelerde fizyolojik bozukluklar

3.4. Deneme deseni ve verilerin analizi

Tuz stresi ve alkali stresi iki ayrı deneme olarak kurulmuştur. Denemeler, bölünmüş parseller deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Tuz stresi denemesinde ana parselleri tuz uygulamaları oluşturmuş, bu kapsamda üç farklı NaCl dozu (kontrol - 0 mM, 25 mM ve 50 mM) kullanılmıştır. Alkali stresi denemesinde ise ana parseller iki farklı pH düzeyinden oluşmuş (pH 6.3 ± 0.2 ve pH 8.1), her iki denemede de alt parseller olarak aşı kombinasyonları kullanılmıştır. Her iki denemede de aşısız ve kendi üzerine aşıli kontroller dahil olmak üzere toplamda 10 farklı aşı kombinasyonu değerlendirilmiştir. Aşı kombinasyonları, her ana parsel içerisine tesadüfi olarak yerleştirilmiştir. Her parselde 3 saksı bulunmuş ve her saksıya 2 bitki dikilmiştir. Bu doğrultuda her parselde toplam 6 bitki yer almıştır. Tuz stresi denemesinde 10 aşı kombinasyonu \times 3 tuz dozu \times 3 tekerrür ile toplam 90 parsel ve 540 bitki kullanılmıştır. Alkali stresi denemesinde ise 10 aşı kombinasyonu \times 2 pH düzeyi \times 3 tekerrür ile toplam 60 parsel ve 360 bitki değerlendirilmiştir. Denemeler aynı yöntemle bir kez daha tekrarlanarak iki defa kurulmuş, böylece her stres denemesi iki defa yürütülmüştür. Bu durumda toplamda 150 parsel iki tekrarla birlikte 300 parsel oluşturulmuş ve bu parsellerde toplam 1800 bitki kullanılmıştır. İki deneme arasında belirgin farklılıklar olmadığından deneme sonunda her denemenin ilk 2 tekerrürü dikkate alınmış ve böylece deneme verileri 4 tekerrür olarak değerlendirilmiştir. Bunlara ek olarak, çalışmada kullanılan anaçların aşısız olarak yetiştirildiği ayrı bir deneme daha kurulmuştur. Bu kapsamda 240 bitki değerlendirilmiştir. Çalışmada elde edilen veriler IBM SPSS Statistics 20 istatistik paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Uygulamalar arasındaki farklılıklar varyans analizine tabi tutulmuş, istatistiksel olarak anlamlı bulunan durumlarda ortalamalar arasındaki farklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır. Tüm istatistiksel değerlendirmeler %5 önem düzeyinde ($p \leq 0.05$) yapılmıştır. Ayrıca varyans analizi yapılırken alkali stresi deneme verilerinde uygulamalar arasındaki farkların etki büyüklüğünü değerlendirmek amacıyla Cohen'in etki büyüklüğü (Cohen's d) hesaplanmıştır

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Patlıcanda Tuz Stresi Koşullarında Aşılamanın Etkileri

4.1.1. Tuz stresi koşullarında aşılamanın patlıcanda verim parametrelerine etkisi

Pazarlanabilir verim (t/ha):

Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda pazarlanabilir verime etkisi Çizelge 4.1’de verilmiş olup, NaCl düzeyi, anaçlar ve NaCl x anaç interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P=0,000). İstatistik değerlendirme sonuçları pazarlanabilir verimin NaCl dozları ve anaçlara göre önemli farklılıklar oluşturduğunu ve anaçların NaCl dozlarına göre de verimlerinin önemli ölçüde değiştiğini göstermektedir. Kontrol ortamında (0 mM NaCl) en yüksek pazarlanabilir verim 220.10 t/ha ile Hercules anacında elde edilmiş, bunu 217.64 t/ha ile Hawk ve 210.48 t/ha ile AG38R F₁ anaçları takip etmiştir. Aynı ortamda en düşük pazarlanabilir verim 137.73 t/ha ile Yula F₁ anacından elde edilirken, aşısız (190.21 t/ha) ve kendi üzerine aşılı bitkiler (193.89 t/ha) orta düzeyde verim vermişlerdir. En yüksek verime sahip Hercules anacı pazarlanabilir verimde aşısız bitkilere göre %15.7, kendi üzerine aşılı bitkilere göre %13.5 artış sağlamıştır. 25 mM NaCl uygulaması altında pazarlanabilir verim belirgin şekilde azalmış, en yüksek pazarlanabilir verim Hawk (156.16 t/ha), Hercules (155.02 t/ha) ve AGR 703 F₁ (153.80 t/ha) anaçlarından elde edilirken, en düşük pazarlanabilir verim Yula F₁ (97.15 t/ha) ve KingKong F₁ (97.68 t/ha) anaçlarında ölçülmüştür. Aşısız (119,99 t/ha) ve kendi üzerine aşılı (124.74 t/ha) bitkiler çoğu ticari anacın gerisinde kalmıştır. Hawk anacının pazarlanabilir verimi aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilere göre sırasıyla %30.2 ve %25.2 oranında daha yüksek olurken, Hercules anacında bu oran sırasıyla %29.3 ve %24.3 olmuştur. 50 mM NaCl düzeyinde tuzun olumsuz etkisi daha da artmış ve pazarlanabilir verim en düşük seviyelere inmiştir. Bu ortamda en yüksek pazarlanabilir verim 122.24 t/ha ile Hercules ve 122.02 t/ha ile Hawk anaçlarında elde edilmiş, en düşük pazarlanabilir verim ise 49.58 t/ha ile Yula F₁ anacından alınmıştır. Aşısız (74.38 t/ha) ve kendi üzerine aşılı (78.48 t/ha) bitkiler düşük pazarlanabilir verim göstermiştir. Hercules ve Hawk anaçları aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilere göre sırasıyla yaklaşık %64 ve %56 oranında daha yüksek pazarlanabilir verim vermişlerdir.

Ortalama verim değerleri dikkate alındığında en yüksek pazarlanabilir verim 165,79 t/ha ile Hercules'de, ardından 165,27 t/ha ile Hawk ve 150,13 t/ha ile AG38R F₁ anaçlarında kaydedilmiştir. En düşük pazarlanabilir verim ise 94,82 t/ha ile Yula F₁ anacında belirlenmiştir. Aşısız (128.19 t/ha) ve kendi üzerine aşılı (132.37 t/ha) bitkiler ticari anaçlara göre daha düşük ortalama pazarlanabilir verim üretmişlerdir. NaCl uygulamaları yönünden değerlendirildiğinde kontrol koşullarında ortalama pazarlanabilir verim 19.16 t/ha ile en yüksek seviyede gerçekleşmiştir. Tuz stresi şiddetlendikçe pazarlanabilir verim kaybı artmış, 25 mM NaCl uygulamasında ortalama pazarlanabilir verim 130.67 t/ha'a (%32 azalma), 50 mM NaCl ortamında ise 95.69 t/ha'a (%50 azalma) gerilemiştir. Bu sonuçlar, tuz stresinin pazarlanabilir verimi önemli ölçüde sınırladığını, ancak bazı anaçların bu düşüğe karşı daha toleranslı olduğunu göstermektedir.

Çalışmada elde edilen pazarlanabilir verim bulguları, tuz stresinin patlıcanda verim üzerinde ciddi bir sınırlayıcı etki yarattığını ve bu etkinin şiddetine bağlı olarak verimde %32–%50 oranında düşüğe yol açtığını ortaya koymuştur. Bununla birlikte, Hercules ve Hawk gibi S. torvum kökenli anaçların aşılı bitkilerde, özellikle orta ve yüksek tuzluluk koşullarında aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilere kıyasla sırasıyla %24–64 arasında değişen oranlarda daha yüksek pazarlanabilir verim sağlaması, bu anaçların stres toleransı açısından üstün olduklarını göstermektedir. Söz konusu bulgular, Semiz ve Suarez (2019) ile Mozafarian ve ark. (2023) tarafından bildirilen, aşılamanın tuz stresi altında bitki dayanıklılığını ve verimi artırdığı yönündeki sonuçlarla örtüşmektedir. Özellikle Mozafarian ve ark. (2023), S. torvum anacının tuzlu koşullarda Na⁺ taşınımını sınırlandırarak bitkiyi koruduğunu vurgularken, çalışmada da benzer şekilde bu anaçların üst kısımlarında Na⁺ birikiminin kontrol bitkilerine göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Sudesh ve ark. (2021) tarafından bildirilen, S. torvum anacının verimi %35'in üzerinde artırdığı yönündeki bulgular da çalışmada Hercules ve Hawk anaçları ile elde edilen yüksek verim artışları ile doğrudan örtüşmektedir. Ayrıca, Sanwal ve ark. (2022) artan tuzlulukta anaç seçiminin verim üzerinde belirleyici olduğunu ve bazı anaçların %50'ye varan oranlarda verim artışı sağlayabileceğini belirtmeleri de Hawk ve Hercules anaçlarının 50 mM NaCl düzeyinde dahi yüksek performans göstermesiyle uyumlu çıkmıştır. Öte yandan, Yula F₁ ve KingKong F₁ gibi anaçların gerek kontrol gerekse stres koşullarında düşük verim değerleri göstermesi Moncada ve ark. (2013)'ün

vurguladığı gibi, anaç uyumsuzluğu ya da uygun olmayan kombinasyonların pazarlanabilir verimi olumsuz etkileyebileceğini desteklemektedir. Literatürde patlıcan dışında domates (Voutsela ve ark., 2012; Di Gioia ve ark., 2013) ve hıyar (Huang ve ark., 2009) gibi türlerde de aşılamanın tuz stresine karşı verimi artırıcı etkisi kanıtlanmış olup, bu etkilerin iyon homeostazı, Na^+/K^+ dengesi ve tuzun üst kısımlara taşınmasının sınırlandırılması yoluyla gerçekleştiği belirtilmektedir. Denemede de benzer fizyolojik mekanizmaların devreye girmiş olabileceği düşünülmektedir. Soubeih ve ark. (2018)'in, aşılı bitkilerde tuz stresine karşı bitki gelişiminin sürdürülebilir olduğu ve verimin daha az etkilendiği yönündeki tespitleri de özellikle düşük performans sergileyen aşısız ve kendi üzerine aşılı kontrol bitkilerinin verim düzeyleriyle karşılaştırıldığında tutarlılık göstermektedir. Sonuç olarak, bu bulgular uygun anaç seçiminde genetik kökenin ve stres tolerans mekanizmalarının dikkate alınmasının, tuz stresine karşı verim kayıplarını azaltmak için kritik öneme sahip olduğunu ve aşılamanın patlıcanda sürdürülebilir üretim için etkin bir strateji olduğunu ortaya koymaktadır.

Pazarlanabilir erkenci verim (t/ha):

Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda pazarlanabilir erkenci verime etkisi Çizelge 4.1'de verilmiş olup, NaCl düzeyi, anaçlar ve NaCl x anaç interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P=0.000$). Bu durum, erkenci verimin hem NaCl dozlarına hem de anaçlara bağlı olarak önemli farklılıklar oluşturduğunu ve anaçların tuz stresine göre verimlerinin önemli düzeyde değiştiğini göstermektedir. Kontrol ortamında en yüksek pazarlanabilir erkenci verim 39.91 t/ha ile KingKong F₁ anacında elde edilmiş, bunu 39.14 t/ha ile Hercules ve 39,01 t/ha ile Hawk anaçları izlemiştir. AGR 703 F₁ (29.91 t/ha) ve Yula F₁ (137.73 t/ha) en düşük erkenci verime sahip uygulamalar olmuşlardır. AŞISIZ (37.69 t/ha) ve kendi üzerine aşılı (35.93 t/ha) bitkiler orta düzeyde kalmış, KingKong F₁'in aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilere göre pazarlanabilir erkenci verimi sırasıyla %5.9 ve %10.7 daha yüksek olmuştur. 25 mM NaCl ortamında en yüksek pazarlanabilir erkenci verim 25.88 t/ha ile Hercules, 24.48 t/ha ile Hawk ve 19.86 t/ha ile AGR 703 F₁ anaçlarında ölçülmüştür. En düşük verim ise Yula F₁ ve KingKong F₁ (15.65 t/ha) anaçlarında kaydedilmiştir. AŞISIZ (20.53 t/ha) ve kendi üzerine aşılı (20.08 t/ha) bitkiler çoğu ticari anacın gerisinde kalmış, Hercules ve Hawk

anaçları, aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilere göre sırasıyla %26.1–22.9 ve %19.3–21.9 daha yüksek pazarlanabilir erkenci verim vermişlerdir. 50 mM NaCl ortamında en yüksek pazarlanabilir erkenci verim 14.51 t/ha ile Hercules, 13.30 t/ha ile AGR 703 F₁ ve 12.34 t/ha ile Hawk anaçlarında elde edilirken, en düşük verim Yula F₁ anacından (8.31 t/ha) alınmıştır. Aşısız (9.14 t/ha) ve kendi üzerine aşılı (8.73 t/ha) bitkiler düşük pazarlanabilir erkenci verime sahip olurken, Hercules ve AGR 703 F₁ anaçları aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilere göre sırasıyla %58–64 ve %46–52 oranında daha yüksek pazarlanabilir erkenci verim vermişlerdir. Ortalama değerler incelendiğinde en yüksek genel pazarlanabilir erkenci verim 26,51 t/ha ile Hercules, 25.28 t/ha ile Hawk ve 22.30 t/ha ile KingKong F₁ anaçlarında, en düşük ortalama ise 19.31 t/ha ile Yula F₁ anacında kaydedilmiştir. Aşısız (22.45 t/ha) ve kendi üzerine aşılı (21.58 t/ha) bitkiler ticari anaçlara göre daha düşük ortalama pazarlanabilir erkenci verim üretmişlerdir. NaCl uygulamaları yönünden değerlendirildiğinde kontrol ortamında ortalama pazarlanabilir erkenci verim 36.45 t/ha ile en yüksek seviyede gerçekleşirken, 25 mM NaCl ortamında 19.90 t/ha'a (%45.4 düşüş), 50 mM NaCl ortamında ise 11.52 t/ha'a (%68.4 düşüş) gerilemiştir. Bulgular, tuz stresinin pazarlanabilir erkenci verimi önemli ölçüde azalttığını, ancak bazı anaçların bu düşüşe karşı daha toleranslı olduğunu göstermektedir.

Çalışmada elde edilen pazarlanabilir erkenci verim bulguları, tuz stresinin erkenci verim üzerinde güçlü bir sınırlayıcı etki yarattığını ve NaCl düzeyinin artışıyla verimde %45.4 ile %68.4 oranlarında ciddi düşüşlere neden olduğunu göstermektedir. Ancak bu olumsuz etkiye rağmen bazı anaçların gerek kontrol gerekse stres koşullarında yüksek ve istikrarlı erkenci verim değerleriyle öne çıktığı görülmektedir. Literatürde patlıcanda erkenci verim üzerine doğrudan birçok çalışma bulunmasa da Freitas ve ark. (2021), mini hıyar bitkilerinde aşılamanın fotosentetik kapasiteyi artırarak erkenci verimde %22–24'lük artış sağladığını, Fonseca ve ark. (2003) ise çiçeklenmeyi hızlandırarak hasat sürecini erkene çektiğini bildirmektedirler. Bayoumi ve ark. (2021) ise tuz ve sıcaklık stresi altında dahi aşılamanın erkenci verimi artırdığını belirtmektedirler. Çalışmada Hercules ve Hawk anaçlarının stres koşullarında bile yüksek erkenci verim performansı göstermeleri literatürle uyumlu çıkmıştır. Ayrıca, Bletsos ve ark. (2003)'ün patlıcanda S. torvum anacının pazarlanabilir erkenci verimi artırdığı yönündeki bulguları da çalışmadaki sonuçları doğrudan desteklemektedir. Öte yandan, KingKong

F₁ gibi bazı anaçların yalnızca kontrol koşullarında yüksek erkenci verim sağlaması, ancak stres altında ciddi performans kaybı yaşaması, anaçların stres koşullarına adaptasyon düzeylerinin erkencilik üzerinde belirleyici olduğunu göstermektedir. Yula F₁ anacının hem kontrol hem stres koşullarında düşük erkenci verim sağlaması ise Moncada ve ark. (2013)'ün, uygun olmayan anaç-kalem kombinasyonlarının verimi olumsuz etkileyebileceği yönündeki bulgularıyla paralellik göstermektedir. Domateste Pogonyi ve ark. (2005), aşılı bitkilerin ilk hasada aşısızlardan birkaç gün sonra ulaşmalarına rağmen daha yüksek erkenci verim verdiklerini ve bu farkı zamanla kapattıklarını bildirmektedirler. Bu durum, erkenci verimin sadece hasat zamanına değil, aynı zamanda ilk ürünlerin miktarına ve ticari değerine bağlı olarak değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, bu çalışma aşılamanın sadece verim miktarını artırmakla kalmayıp, erkenci üretim açısından da avantaj sağlayabileceğini, tuz stresi gibi zorlu çevre koşullarında doğru anaç seçiminin erkenci verim üzerinde kritik rol oynadığını ve bu stratejinin sürdürülebilir üretim açısından önemli bir araç olduğunu kanıtlamaktadır.

Pazarlanabilir meyve sayısı (adet/bitki):

Çalışmada pazarlanabilir verim bakımından NaCl düzeyi, anaçlar ve NaCl x anaç interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P=0.000) (Çizelge 4.1). Bu sonuçlar meyve sayısının hem tuz stresine hem de anaç türüne bağlı olarak önemli farklılıklar gösterdiğini ve anaçların tuz stresine göre farklı performans sergilediğini ortaya koymaktadır.

Kontrol ortamında en yüksek pazarlanabilir meyve sayısı 54,01 adet/bitki ile Hercules, 53.23 adet/bitki ile Hawk ve 51.22 adet/bitki ile AG38R F₁ anaçlarından elde edilirken, en düşük meyve sayısı 39.22 adet/bitki ile Yula F₁ anacından elde edilmiştir. Aşısız (45.11 adet/bitki) ve kendi üzerine aşılı (47.36 adet/bitki) bitkiler orta düzeyde pazarlanabilir meyve sayısı üretmişlerdir. Kontrol ortamında Hercules anacı aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilere göre sırasıyla %19.7 ve %14.1 daha fazla meyve sayısı vermiştir. 25 mM NaCl koşullarında en yüksek pazarlanabilir meyve sayısı 40.74 adet/bitki ile Hawk, 39.94 adet/bitki ile Hercules ve 38.91 adet/bitki ile AGR 703 F₁ anaçlarından, en düşük meyve sayısı ise Yula F₁ (24.80 adet/bitki) ve KingKong F₁

(25.49 adet/bitki) anaçlarından elde edilmiştir. Aşısız (30.56 adet/bitki) ve kendi üzerine aşılı (31,16 adet/bitki) bitkiler de düşük meyve sayısına sahip olmuşlardır. Hawk ve Hercules anaçları, aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilere göre meyve sayısında sırasıyla %33.3–25.9 ve %30.7–28.2 oranında daha yüksek pazarlanabilir meyve vermişlerdir. 50 mM NaCl ortamında tuz stresinin etkisi daha da artmış ve pazarlanabilir meyve sayısında azalma devam etmiştir. En yüksek pazarlanabilir meyve sayısı 33.61 adet/bitki ile Hawk, 32.32 adet/bitki ile Hercules ve 30.50 adet/bitki ile AG38R F₁ anaçlarından, en düşük meyve sayısı 12.17 adet/bitki ile Yula F₁ anacından elde edilmiştir. Aşısız (18.62 adet/bitki) ve kendi üzerine aşılı (19.94 adet/bitki) bitkiler çoğu anaçtan daha düşük meyve sayısına sahip olmuşlardır. Hawk ve Hercules anaçları, aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilere göre sırasıyla %80–68 ve %73–62 oranında daha fazla meyve vermişlerdir. Anaç ortalamaları incelendiğinde en yüksek meyve sayısı 42.52 adet/bitki ile Hawk, 42.09 adet/bitki ile Hercules ve 39.01 adet/bitki ile AG38R F₁ anaçlarında, en düşük meyve sayısı ise 25.40 adet/bitki ile Yula F₁ anacında kaydedilmiştir. Aşısız (31.43 adet/bitki) ve kendi üzerine aşılı (32.82 adet/bitki) bitkiler ticari anaçlara göre daha düşük ortalama meyve sayısına sahip olmuşlardır. NaCl uygulamaları yönünden değerlendirildiğinde, kontrol ortamında 48.07 adet/bitki olan ortalama meyve sayısı 25 mM NaCl ortamında 33.92 adet/bitki'ye (%29.4 düşüş), 50 mM NaCl'de ise 25.05 adet/bitki'ye (%47.9 düşüş) gerilemiştir.

Çalışmada tuz stresinin patlıcanda pazarlanabilir meyve sayısı üzerindeki sınırlayıcı etkisi açıkça ortaya konmuş, özellikle Hercules ve Hawk gibi tuza dayanıklı anaçların bu olumsuz etkiye karşı koruyucu bir rol üstlendiği belirlenmiştir. Kontrol koşullarında Hawk ve Hercules anaçları en yüksek meyve sayılarını üretirken, bu üstünlükleri 25 mM ve 50 mM NaCl uygulamalarında da devam etmiş ve aşısız ile kendi üzerine aşılı bitkilere göre %80'e varan oranlarda daha fazla meyve sayısı vermişlerdir. Denemede pazarlanabilir meyve sayısında tuz stresinin %29–48 arasında düşüşe yol açtığı ve anaç seçiminin bu düşüşü önemli ölçüde sınırlandırdığını göstermektedir. Literatürde benzer sonuçlar sınırlı olmakla birlikte, Mozafarian ve ark. (2023), tuza dayanıklı *S. torvum* ve *S. grandifolium* × *S. melongena* hibrit anaçlarının tuz stresi altında patlıcanda meyve sayısını kontrol bitkilerine göre anlamlı ölçüde artırdığını bildirmektedirler. Bu durum, çalışmada kullanılan *S. torvum* kökenli Hawk ve Hercules anaçlarının performanslarıyla büyük ölçüde örtüşmektedir. Ulaş (2021) ise bazı anaçların, örneğin 'Köksal F₁'in,

farklı patlıcan çeşitlerinde meyve sayısını %70'in üzerinde artırdığını belirtirken, Hawk anacında bu artışın daha sınırlı kaldığını ifade etmektedir. Ancak mevcut çalışmada Hawk anacının özellikle yüksek tuzluluk koşullarında (%80'e kadar) meyve sayısındaki düşüşü dengeleyerek öne çıktığı görülmektedir. Patlıcan dışında diğer türlerde de benzer sonuçlar rapor edilmiştir. Örneğin, Estan ve ark. (2009) ile Abdeldym ve ark. (2020), domateste aşılamanın meyve sayısını hem stres hem de normal koşullarda artırdığını, Savvas ve ark. (2011) ise tuz stresi altında aşılamanın meyve sayısındaki azalmayı dengeleyerek verimde istikrarı sağladığını göstermişlerdir. Hıyar ve karpuzda yapılan çalışmalarda da Colla ve ark. (2006, 2013) ile Huang ve ark. (2009), aşılamanın tuz stresine karşı meyve sayısı üzerinde pozitif etkilerini belirtmektedirler. Bu literatür bulguları, çalışmada özellikle AG38R F₁, Hercules ve Hawk anaçlarının yüksek meyve sayısını koruyarak pazarlanabilir verim üzerindeki katkılarını desteklemekte, uygun anaç seçiminin yalnızca verimi değil, aynı zamanda meyve sayısı önemli parametrelerde de belirleyici olduğunu göstermektedir.

Pazarlanabilir meyve ağırlığı (g):

Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda pazarlanabilir meyve ağırlığına etkisi Çizelge 4.1'de verilmiş olup, NaCl düzeyi (p=0.000), anaçlar (p=0.001) ve NaCl x anaç interaksyonu (p=0.047) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Kontrol koşullarında en yüksek pazarlanabilir meyve ağırlığı 211.45 g ile Hawk, 207.92 g ile Hercules ve 207.01 g ile Boğaç F₁ anaçlarında elde edilmiş, en düşük meyve ağırlığı ise 196.16 g ile Hikyaku F₁ anacında ölçülmüştür. Aşısız (201.72 g) ve kendi üzerine aşılı (201.52 g) bitkiler orta düzeyde kalmış, en yüksek meyve ağırlığına sahip anaçlar aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilere göre yaklaşık %5–10 daha ağır meyve üretmişlerdir. 25 mM NaCl uygulamasında en yüksek pazarlanabilir meyve ağırlığı 204.77 g ile Hawk, 203.42 g ile Hercules ve 199.17 g ile Boğaç F₁ anaçlarında ölçülürken, en düşük meyve ağırlığı 195.46 g ile KingKong F₁ anacından elde edilmiştir. Aşısız (199.86 g) ve kendi üzerine aşılı (200.29 g) bitkiler düşük meyve ağırlığına sahip olmuşlardır. 50 mM NaCl ortamında meyve ağırlıkları 192.47–199.84 g arasında değişmiş, en yüksek pazarlanabilir meyve ağırlığı 199.84 g ile Hikyaku F₁, 199.67 g ile Hercules ve 199.64 g ile Hawk anaçlarında elde edilirken, en düşük meyve ağırlığı 192.47 g ile Boğaç F₁ ve

193.48 g ile KingKong F₁' anaçlarında ölçülmüştür. Aşısız (199.06 g) ve kendi üzerine aşılı (199.29 g) bitkiler orta düzeyde kalmışlardır. En yüksek ortalama meyve ağırlığı 205.37 g ile Hawk, 203.69 g ile Hercules ve 200.37 g ile kendi üzerine aşılı bitkilerde kaydedilirken, en düşük meyve ağırlığı ise 197.48 g ile KingKong F₁ ve 197.56 g ile AG38R F₁ anaçlarında ölçülmüştür.

Çalışmada tuz stresi ve aşılamanın ve bu iki faktörün interaksiyonunun meyve ağırlığına etkisi literatürdeki çalışmalarla da benzerlik göstermektedir. Mozafarian ve ark. (2023), tuz stresinin meyve büyüklüğü ve ağırlığını azalttığını ancak bazı anaçların su ve besin alımını optimize ederek bu kaybı önleyebildiğini, Mauro ve ark. (2022), aşılamanın ortalama meyve ağırlığını önemli düzeyde artırdığını, Tezcan ve ark. (2025) ise su stresine rağmen aşılı patlıcanların meyve ağırlığını daha iyi koruduğunu bildirmektedirler. ortaya koymuştur. Bu çalışmada da aşılı bitkilerin, özellikle Hawk ve Hercules gibi anaçlarla birlikte kullanıldığında, tuz stresine karşı daha dayanıklı bir meyve ağırlığı profili sergilediği belirlenmiştir. Öte yandan, literatürde meyve ağırlığı üzerine aşılama etkisinin her zaman tutarlı olmadığı da belirtilmektedir. Bletsos ve ark. (2003), meyve ağırlığı bakımından aşılı ve aşısız bitkiler arasında anlamlı fark bulunmadığını bildirirken, Moncada ve ark. (2013), S. torvum anacının etkisinin çevresel koşullarla birlikte değişkenlik gösterdiğini vurgulamaktadırlar. Patlıcan dışındaki türlerde yapılan araştırmalar da benzer eğilimler göstermektedir. Koleška ve ark. (2018), domateste tuz stresine maruz kalan aşılı bitkilerde meyve ağırlığındaki azalmanın aşısızlara göre %20–30 daha düşük olduğunu rapor etmişlerdir. Huang ve ark. (2009) ise hıyar bitkilerinde tuz toleranslı anaçlara yapılan aşılama ile her üç tuz seviyesi altında da meyve ağırlığı ve verimin korunduğunu, Suárez-Hernández ve ark. (2019), karpuzda aşılamanın meyve ağırlığını %36.5 oranında artırdığını bildirmektedirler. Literatür bulguları ile birlikte değerlendirildiğinde, mevcut çalışmada bazı ticari anaçların pazarlanabilir meyve ağırlığını stres altında dahi yüksek düzeyde koruyabildiği, özellikle Hawk ve Hercules anaçlarının bu konuda ön plana çıktığı görülmektedir. Aşılama uygulamasının, tuz stresine maruz kalan bitkilerde pazar kalitesini belirleyen en önemli parametrelerden biri olan meyve ağırlığını stabilize edebilmesi, üretim istikrarı açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır.

Iskarta verim (t/ha)

Denemede farklı tuz stresi koşullarında anaçların ıskarta verim performanslarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.001$), (Çizelge 4.2.). Kontrol koşullarında, en düşük ıskarta verim Hawk anacından (17.19 ton/ha) elde edilmiş, kendi üzerine aşılı (29,88 ton/ha) ve aşısız bitkilere göre (27.66 ton/ha) yaklaşık %42-46 oranında daha düşük bulunmuştur. Hikyaku F₁ (19.80 ton/ha), AGR 703 F₁ (23.18 t/ha) ve Hercules (23.59 ton/ha) anaçları da ıskarta verimi düşük uygulamalar olmuşlardır. 25 mM NaCl uygulamasında tuz stresinin artmasına rağmen Hercules (19.52 t/ha) ve Hawk (22.62 t/ha) anaçları en düşük ıskarta verime sahip anaçlar olmuşlardır. Bu ortamda AG38R F₁ (39.19 t/ha), KingKong F₁ (34.93 t/ha), Hikyaku F₁ (33.40 t/ha), kendi üzerine aşılı (32.39 t/ha) ve Yula F₁ (32.33 t/ha) anaçları, Hawk ve Hercules'e kıyasla belirgin biçimde yüksek ıskarta verim vermişlerdir. 50 mM NaCl düzeyinde de benzer bir eğilim gözlenmiştir. Hawk'ın ıskarta verimi 23.35 t/ha'a yükselmiş, ancak bu değer diğer anaçların gerisinde kalmıştır. Buna karşılık Boğaç F₁ (46.80 t/ha), aşısız (44.12 t/ha), KingKong F₁ (44.06 t/ha), AG38R F₁ (41.33 t/ha) ve kendi üzerine aşılı (40.29 t/ha) bitkiler ıskarta verimi en yüksek uygulamalar olmuşlardır. Sonuç olarak Hercules ve Hawk anaçları tüm NaCl koşullarında en düşük ıskarta verimi sergileyen anaçlar olmuşlardır.

Anaçların ve tuz konsantrasyonlarının ortalama performanslarına bakıldığında anaçlar ve NaCl düzeyleri arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir ($P < 0.001$). En düşük ortalama ıskarta verim, Hawk anacından (21,05 ton/ha), en yüksek ıskarta verim AG38R F₁ (36.00 ton/ha) ve KingKong F₁ (35.11 ton/ha) anaçlarından elde edilmiştir. Kendi üzerine aşılı (34.18 ton/ha) ve aşısız (33.59 ton/ha) bitkiler ise ortalama olarak Hawk'a kıyasla yaklaşık %60-62 oranında daha yüksek ıskarta verim vermişlerdir. Tuz stresi arttıkça hem anaçlarda hem de kontrol bitkilerinde ıskarta verim artmış, Kontrol ortamında (0 mM NaCl) ıskarta verim ortalaması 24.33 ton/ha, 25 mM NaCl uygulamasında 30.22 ton/ha ve 50 mM NaCl düzeyinde 35.30 ton/ha olarak gerçekleşmiştir.

Denemede patlıcanda tuz stresi altında farklı anaçların ıskarta verim ve ıskarta meyve sayısı üzerindeki etkileri açıkça ortaya konmuştur. Tuz stresinin artışıyla birlikte ıskarta meyve sayısında genel bir artış gözlenirken meyve ağırlığında daha belirgin bir azalma

gerçekleşmiştir. Bu durum ağırlıklı olarak meyve iriliğinin azalması ve meyvelerde oluşan fizyolojik bozukluklardan kaynaklanmıştır. Literatürde tuz stresinin ve stres koşullarında aşılamanın patlıcanda ıskarta verim üzerine etkisi ile ilgili yeterli çalışmaya rastlanamamıştır. Bu konudaki az sayıda çalışmada da tuz stresinin patlıcanda pazar değeri olmayan meyve sayısını artırdığını ve buna bağlı olarak ta pazarlanabilir verimin azaldığına vurgu yapılmaktadır. Bu bulgular Ünlükara ve ark. (2010) tarafından bildirilen, tuz stresinin patlıcanda meyve iriliğini olumsuz etkilediği ve bunun sonucu olarak verim düşüşü ve ıskarta oranında artışa neden olduğu sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. Denemede aşılamanın tuz stresine maruz kalan bitkilerde ıskarta verimi kontrol bitkilerine kıyasla düşürdüğü, ancak anaç-kalem kombinasyonlarında önemli varyasyonlar belirlenmiştir. Moncada ve ark. (2013), patlıcanda aşılamağa bağlı olarak meyve kalitesinin değişebildiğini, kullanılan anaca göre meyve kalitesinin korunduğu kombinasyonlarda ıskarta verimin azaldığını, ancak meyve kalitesinin korunamadığı aşı kombinasyonlarında ise ıskarta verimin arttığı belirtilmektedir. Buna ek olarak, Bayoumi ve ark. (2021) ile Huang ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmalarda da, hıyarda tuz stresinin ıskarta verimi artırdığı, ancak tuz toleranslı anaçlara yapılan aşılamanın bu artışı anlamlı şekilde engellediği bildirilmektedir. Bu sonuçlar, denemede gözlenen tuz stresine bağlı ıskarta verim artışının aşılama ve doğru anaç seçimi ile azaltılabileceği hipotezini desteklemektedir.

Iskarta meyve sayısı (adet/bitki):

Çalışmada farklı NaCl uygulamalarının, anaçların ıskarta meyve sayısı üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli ($P < 0.001$) (Çizelge 4.2). Tuz stresinin artmasıyla, tüm anaçlarda ıskarta meyve sayısında belirgin bir artış gözlemlenmiştir. Kontrol ortamında, Hawk 5.82 adet/bitki ile en düşük ıskarta meyve sayısını üretmiştir. Bu, kendi üzerine aşılı (10.34 adet/bitki) ve aşısız (8.83 adet/bitki) bitkilere kıyasla sırasıyla yaklaşık %43 ve %34 daha düşük bir değeri temsil etmektedir. Hikyaku F₁ (6.25 adet/bitki) ve Boğaç F₁ (6.46 adet/bitki) anaçları da düşük ıskarta meyve sayısına sahip olmuşlardır. Tuz stresinin artmasıyla (25 mM), Hawk anacına aşılı bitkilerin ıskarta meyve sayısı 6.46 adet/bitki'ye yükselmiş olsa da bu değer yine diğer anaçlardan düşük kalmıştır. AG38R F₁ anaıc 12.92 adet/bitki meyve sayısı ile en yüksek ıskarta meyve sayısı veren

uygulama olmuştur. Hawk'ın 25 mM NaCl koşulundaki ıskarta meyve sayısı kontrol ortamına göre %11.0 artış göstermiştir. 50 mM NaCl koşulunda, Hawk 7.32 adet/bitki ile daha yüksek ıskarta meyve sayısına sahip olsa da yine diğer anaçlarla karşılaştırıldığında en düşük performansı göstermiştir. Boğaç F₁ (16.37 adet/bitki) ve KingKong F₁ (14.22 adet/bitki) tuz stresi altında daha fazla ıskarta meyve üretmiştir. Denemede tuz stresinin arttığı ortamlarda aşılı ve konreol bitkilerinin ıskarta meyve sayıları da artmış, ancak, Hawk tüm NaCl düzeylerinde en düşük ıskarta meyve sayısına sahip olmuştur. Ortalama performans sonuçlarına göre, tuz stresinin arttığı NaCl düzeylerinde anaçların performansları da istatistiki olarak önemli ölçüde değişmiştir (P <0.001). En düşük ortalama ıskarta meyve sayısı Hawk anacında 6.53 adet/bitki olarak bulunmuştur. Diğer taraftan, AG38R F₁ (12.21 adet/bitki) ve kendi üzerine aşılı (12.05 adet/bitki) bitkiler en yüksek ortalama ıskarta meyve sayısını üretmişlerdir. ıskarta meyve sayısı açısından, Kontrol (0 mM NaCl) koşulunda 7.66 adet/bitki, 25 mM NaCl koşulunda 9.97 adet/bitki ve 50 mM NaCl koşulunda 12.49 adet/bitki ortalaması elde edilmiştir.

ıskarta meyve ağırlığı (g):

Denemede farklı anaçların ve NaCl düzeylerinin ıskarta meyve ağırlığı üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P <0.001), (Çizelge 4.2). Tuz stresinin artması, genel olarak ıskarta meyve sayısını artırırken, ıskarta meyve başına düşen ortalama ağırlık değerlerinde ise azalmaya neden olmuştur. Kontrol ortamında en yüksek ıskarta meyve ağırlığı Hercules (154.68 g) ve Boğaç F₁ (152.45 g) anaçlarında görülmüştür. Bu iki anaç, düşük ıskarta meyve sayısına rağmen daha iri meyveler üretmiştir. Buna karşılık, kendi üzerine aşılı bitkiler (129.25 g) ve Hawk anacı (131.73 g) daha düşük ıskarta meyve ağırlığı göstermiştir. 25 mM NaCl düzeyinde genel olarak ıskarta meyve sayısında artış, ancak ağırlıkta azalma eğilimi ortaya çıkmıştır. Özellikle Boğaç F₁ (157.76 g) ve Hawk (155.03 g), bu tuz düzeyinde en yüksek ıskarta meyve ağırlıklarına sahip olurken, Hercules (117.32 g) ve Yula F₁ (129.27 g) anaçlarının ıskarta meyve ağırlıkları anaçlar arasında en düşük uygulamalar olmuştur. Bu tuz stresinde aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilerde de ıskarta meyve ağırlıkları düşük bulunmuştur. 50 mM NaCl uygulamasında ıskarta meyve ağırlıkları anaçlara göre farklılık göstermiştir.

Çizelge 4.1. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda pazarlanabilir verim parametrelerine etkisi

NaCl	Anaçlar	Paz. Verim (t/ha)	Paz. Erkenci Verim (ton/ha)	Paz. Meyve Sayısı (adet/bitki)	Paz. Meyve Ağırlığı (g)
0 (Kontrol)	AGR 703 F ₁	178.34±4.04	29.91±2.24	45.66±2.03	204.91±5.89
	Hawk	217.64±4.16	39.01±2.23	53.23±2.42	211.45±5.20
	Hercules	220.10±5.40	39.14±1.66	54.01±2.70	207.92±4.53
	Hikyaku F ₁	182.97±4.39	33.10±1.65	47.80±1.71	196.16±5.66
	AG38R F ₁	210.48±5.74	38.15±2.09	51.22±2.06	198.77±5.65
	KingKong F ₁	189.08±5.42	39.91±2.38	47.56±1.10	203.25±5.04
	Boğaç F ₁	201.19±4.04	37.70±1.45	49.54±1.76	207.01±4.28
	Yula F ₁	137.73±4.54	33.98±1.46	39.22±1.82	197.09±4.77
	Aşısız	190.21±3.93	37.69±1.52	45.11±1.79	201.72±4.58
	K.Ü. aşılı	193.89±5.83	35.93±1.84	47.36±2.70	201.52±3.68
25 mM	AGR 703 F ₁	153.80±4.67	19.86±1.27	38.91±2.26	198.68±4.89
	Hawk	156.16±4.31	24.48±1.78	40.74±2.90	204.77±4.00
	Hercules	155.02±4.62	25.88±1.49	39.94±1.59	203.42±5.29
	Hikyaku F ₁	140.37±3.77	20.82±1.48	35.48±1.54	198.00±4.81
	AG38R F ₁	122.62±4.19	16.55±1.69	35.31±1.52	198.15±4.27
	KingKong F ₁	97.68±4.08	15.65±1.63	25.49±1.55	195.46±4.83
	Boğaç F ₁	139.17±4.59	19.46±1.38	36.83±2.27	199.17±4.26
	Yula F ₁	97.15±3.47	15.65±1.79	24.80±1.46	197.51±4.64
	Aşısız	119.99±3.62	20.53±1.71	30.56±0.70	199.86±4.58
	K.Ü. aşılı	124.74±4.41	20.08±1.51	31.16±1.00	200.29±7.95
50 mM	AGR 703 F ₁	101.37±4.59	13.30±1.08	26.70±1.33	193.29±3.78
	Hawk	122.02±4.11	12.34±1.24	33.61±2.00	199.64±4.54
	Hercules	122.24±5.10	14.51±2.05	32.32±1.92	199.67±5.20
	Hikyaku F ₁	104.10±5.34	10.93±1.50	26.24±1.98	199.84±4.71
	AG38R F ₁	117.28±5.69	12.32±2.26	30.50±1.98	195.73±4.67
	KingKong F ₁	78.75±2.92	11.33±1.66	20.77±1.78	193.48±4.15
	Boğaç F ₁	108.69±3.86	14.28±1.71	29.60±1.96	192.47±4.75
	Yula F ₁	49.58±3.65	8.31±1.41	12.17±1.01	199.63±4.70
	Aşısız	74.38±4.09	9.14±0.78	18.62±1.69	199.06±4.15
	K.Ü. aşılı	78.48±3.65	8.73±0.64	19.94±1.27	199.29±4.58
Önem düzeyi		0.000***	0.000 ***	0.000 ***	0.047*
Ortalama (Anaç)	AGR 703 F ₁	144.50c	21.02c	37.09c	198.96c
	Hawk	165.27a	25.28a	42.52a	205.37a
	Hercules	165.79a	26.51a	42.09a	203.69ab
	Hikyaku F ₁	142.48c	21.62c	36.50c	198.00c
	AG38R F ₁	150.13b	22.34c	39.01b	197.56c
	KingKong F ₁	121.83f	22.30c	31.27d	197.48c
	Boğaç F ₁	149.68b	23.81b	38.65b	199.60bc
	Yula F ₁	94.82g	19.31d	25.40e	198.08c
	Aşısız	128.19e	22.45c	31.43d	200.21bc
	K.Ü. aşılı	132.37d	21.58c	32.82d	200.37bc
		***	***	***	0.001**
Ortalama (NaCl)	0 (Kontrol)	192.16a	36.45a	48.07a	203.04a
	25 mM	130.67b	19.90b	33.92b	199.53b
	50 mM	95.69c	11.52c	25.05c	197.22c
		***	***	***	***

Aynı harf ile gösterilen ortalamalar, Duncan çoklu karşılaştırma testine göre istatistiksel olarak anlamlı fark göstermemektedir ($P \leq 0.05$). *, ** ve *** uygulamalar arasındaki farkın sırasıyla $p < 0.05$, $p < 0.01$ ve $p < 0.001$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli olduğunu ifade etmektedir.

Çizelge 4.2. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda ıskarta verim parametrelerine etkisi

NaCl	Anaçlar	Iskarta Verim (t/ha)	Iskarta Meyve Sayısı (adet/bitki)	Iskarta Meyve Ağırlığı (g)
0 (Kontrol)	AGR 703 F ₁	23.18±1.49	7.74±0.89	135.73±11.86
	Hawk	17.19±1.44	5.82±0.73	131.73±11.59
	Hercules	23.59±1.82	6.68±0.67	154.68±11.94
	Hikyaku F ₁	19.80±2.00	6.25±0.73	141.19±14.13
	AG38R F ₁	27.36±1.91	8.61±0.77	140.83±11.22
	KingKong F ₁	26.33±2.04	8.40±0.67	141.90±13.51
	Boğaç F ₁	23.83±2.91	6.46±0.68	152.45±14.24
	Yula F ₁	24.52±1.35	7.54±0.73	143.14±13.73
	Aşısız	27.66±1.59	8.83±0.82	139.67±13.43
	K.Ü. aşılı	29.88±1.08	10.34±1.05	129.25±11.64
25 mM	AGR 703 F ₁	29.32±1.92	9.69±0.82	136.91±12.07
	Hawk	22.62±1.63	6.46±0.75	155.03±13.49
	Hercules	19.52±1.63	7.32±0.82	117.32±11.26
	Hikyaku F ₁	33.40±1.85	10.77±0.82	138.67±12.78
	AG38R F ₁	39.19±1.38	12.92±0.98	134.56±12.96
	KingKong F ₁	34.93±1.92	11.63±0.93	134.40±12.47
	Boğaç F ₁	29.58±1.72	8.40±1.26	157.76±13.55
	Yula F ₁	32.33±2.03	10.99±0.96	129.27±11.21
	Aşısız	28.99±1.94	10.34±1.27	121.63±11.24
	K.Ü. aşılı	32.39±2.12	11.20±0.98	128.14±11.95
50 mM	AGR 703 F ₁	26.48±1.56	10.34±0.95	116.42±10.77
	Hawk	23.35±2.11	7.32±1.09	135.34±11.29
	Hercules	26.50±2.22	8.40±1.18	136.11±12.72
	Hikyaku F ₁	30.30±1.98	9.88±0.94	133.10±12.94
	AG38R F ₁	41.33±2.71	15.08±1.50	123.50±11.17
	KingKong F ₁	44.06±3.17	14.22±1.18	148.15±12.24
	Boğaç F ₁	46.80±2.82	16.37±1.38	134.66±12.06
	Yula F ₁	29.75±1.83	14.00±1.36	95.59±10.54
	Aşısız	44.12±3.71	14.65±1.63	134.93±13.05
	K.Ü. aşılı	40.29±2.69	14.62±1.33	122.18±11.47
Önem düzeyi		0.000 ***	0.000 ***	0.000 ***
Ortalama (Anaç)	AGR 703 F ₁	26.33 f	9.25 d	129.68 e
	Hawk	21.05 h	6.53 f	140.70 b
	Hercules	23.20 g	7.47 e	136.03 c
	Hikyaku F ₁	27.83 e	8.96 d	137.66 c
	AG38R F ₁	36.00 a	12.21 a	132.96 d
	KingKong F ₁	35.11 ab	11.42 b	141.48 b
	Boğaç F ₁	33.40 c	10.41 c	148.29 a
	Yula F ₁	28.87 d	10.84 bc	122.66 g
	Aşısız	33.59 c	11.27 b	132.08 de
	K.Ü. aşılı	34.18 bc	12.05 a	126.52 f
		***	***	***
Ortalama (NaCl)	0 (Kontrol)	24.33 c	7.66 c	141.06 a
	25 mM	30.22 b	9.97 b	135.37 b
	50 mM	35.30 a	12.49 a	128.00 c
		***	***	***

Aynı harf ile gösterilen ortalamalar, Duncan çoklu karşılaştırma testine göre istatistiksel olarak anlamlı fark göstermemektedir ($P \leq 0.05$). *** uygulamalar arasındaki farkın $P < 0.001$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli olduğunu ifade etmektedir.

KingKong F₁ en yüksek değer olan 148.15 g ile öne çıkarken, Hercules (136.11 g), Hawk (135.34 g), Boğaç F₁ (134.66 g) ve Aşısız (134.93 g) orta-yüksek ağırlık değerleri sergilemiştir. Buna karşılık Yula F₁ (95.59 g) ve AGR 703 F₁ (116.42 g) gibi anaçlarda ıskarta meyve ağırlıkları belirgin biçimde düşük bulunmuştur. AG38R F₁ (123.50 g) ve K.Ü. aşılı (122.18 g) da düşük-orta arası ağırlık değerleri göstermiştir. Anaçların ortalama performanslarına bakıldığında en yüksek ortalama ıskarta meyve ağırlığı Boğaç F₁ (148.29 g) ve KingKong F₁ (141.48 g) anaçlarında görölmüştür. Buna karşın, kendi üzerine aşılı (126.52 g) ve Yula F₁ (122.66 g) üzerine aşıl原因an bitkilerde düşük ortalamalar dikkat çekmiştir. Hawk anacı, ıskarta meyve ağırlığı açısından genel ortalama itibarıyla orta grupta yer almış (140.70 g) ancak düşük sayıda ıskarta meyve üretmesi nedeniyle bu değer toplam pazarlanabilir verim kaybı açısından daha önemsiz bir etki oluşturmuştur. NaCl seviyelerine göre değerlendirildiğinde, tuz stresinin artmasıyla ıskarta meyve ağırlığında belirgin bir düşüş ortaya çıkmıştır. Kontrol grubunda ortalama 141.06 g, 25 mM NaCl'de 135.37 g ve 50 mM NaCl'de 128.00 g ıskarta meyve ağırlık tespit edilmiştir. Bu durum, tuz stresinin meyve gelişimini baskıladığı ve meyvelerin hem iriliğini hem de ticari değerini azalttığını göstermektedir.

4.1.2. Tuz stresi ve aşılamanın bitki boyu, gövde çapı ve biyomas üzerine etkisi

Bitki boyu (m):

Çalışmada tuz stresi patlıcanda bitki boyunu önemli düzeyde azaltmış, bununla birlikte bitki boyundaki azalmalar yalnızca tuz stresi kaynaklı olmayıp aynı zamanda kullanılan anaçlara bağlı olarak da değişiklik göstermiştir. İstatistiksel analizlere göre hem NaCl uygulamaları hem de anaçlar bitki boyu üzerinde istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı etkilere sahip olurken ($p < 0,001$), tuz düzeyi ile anaçlar arasındaki interaksiyon (NaCl × anaç) anlamlı bulunmamıştır ($p = 0.166$) (Çizelge 4.3). Bu sonuçlar tuz stresinin ve anaç çeşitliliğinin bitki boyunu birbirinden bağımsız etkilediğini ve bu iki faktörün etkileşim içerisinde hareket etmediğini göstermektedir. Kontrol ortamında en yüksek bitki boyu AG38R F₁ (4.98 m), Hawk (4.97 m) ve Hercules (4.72 m) anaçlarında ölçülürken, en düşük bitki boyu kendi üzerine aşılı (4.24 m) ve aşısız (4.54 m) bitkilerde ölçölmüştür. En yüksek bitki boyuna sahip olan AG38R F₁ anacı

aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilere göre sırasıyla %9.7 ve %17.5 daha uzun bitki boyuna sahip olmuştur. 25 mM NaCl ortamında en yüksek bitki boyu AG38R F₁ (3.93 m), Hikyaku F₁ (3.83 m) ve Boğaç F₁ (3.86 m) anaçlarında ölçülürken, en düşük değerler ise KingKong F₁ (3.31 m), Yula F₁ (3.47 m) ve kendi üzerine aşılı (3.57 m) bitkilerde kaydedilmiştir. AG38R F₁ anacı üzerine aşılanan patlıcanların bitki boyu aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilere göre sırasıyla %6.8 ve %10.1 daha uzun bulunmuştur. 50 mM NaCl stresinde ise Hawk (3.55 m), Hercules (3.50 m) ve AG83R F₁ ile AGR 703 F₁ (3.44 m) anaçları en yüksek bitki boyuna sahip olurken, en düşük bitki boyları kendi üzerine aşılı (3.12 m), Yula F₁ (3.13 m) ve KingKong F₁ (3.14 m) anaçlarında gözlenmiştir. Hawk anacı aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilere sırasıyla göre %10.9 ve %13.8 daha uzun bitki boyu oluşturmuştur. Anaçların genel ortalamaları değerlendirildiğinde, Hawk ve AG38R F₁ anaçları 4.11 m ile en yüksek ortalama bitki boyuna sahip olurken, KingKong F₁ (3.71 m), Yula F₁ (3.71 m) ve kendi üzerine aşılı (3.64 m) bitkiler en düşük ortalama bitki boyuna sahip olmuşlardır. Tuz stresi uygulamalarının genel bitki boyu üzerindeki etkisi incelendiğinde, kontrol koşullarındaki ortalama bitki boyu 4.66 m iken 25 mM NaCl ortamında %20.8 azalarak 3.69 m'ye, 50 mM NaCl ortamında ise %28.8 azalarak 3.32 m'ye gerilemiştir. Bu sonuçlar, tuz stresinin patlıcan bitkisinde büyümeyi önemli ölçüde kısıtladığını göstermektedir.

Çalışmada elde edilen bulgular, patlıcanda tuz stresi koşullarında uygulanan farklı anaç ve aşı kombinasyonlarının bitki boyu üzerine önemli etkiler yarattığını ortaya koymaktadır. Literatürde yürütülen çalışmalar denemede elde edilen sonuçları desteklenmektedir. Moncada ve ark. (2013), patlıcanda aşılamanın bitki boyunu artırdığını ve özellikle bazı anaçlarda bu etkinin daha belirgin olduğunu, Liu ve ark. (2007) tuz stresine maruz kalan aşılı patlıcanlarda bitki boyunun aşısız bitkilere göre daha uzun olduğunu, Wei ve ark. (2007) ise aşılamanın tuz stresine bağlı boy kısalmasını azalttığını ve büyümenin daha uzun süre sürdürülebildiğini belirtmektedirler. Benzer şekilde, Tezcan ve ark. (2025)'da aşılı bitkilerin tuz stresinde daha az boy kaybı yaşadığını rapor etmişlerdir. Literatürdeki bu sonuçlar çalışmada gözlenen anaçlar arası farklılıkların ve özellikle Hawk, AG38R F₁ ile Hikyaku F₁ gibi anaçların üstün performanslarının altında yatan fizyolojik ve anatomik adaptasyon mekanizmalarının varlığına işaret etmektedir. Elde edilen verilere göre kontrol

ortamında en yüksek bitki boyuna sahip olan anaçların 25 ve 50 mM NaCl ortamlarında da bitki boyunu diğer aşı kombinasyonlarına kıyasla daha etkin koruduğu görülmektedir. Bu durum, Yücel ve ark. (2023) tarafından belirtilen anaç kaynaklı tolerans mekanizmasını desteklemektedir. Sonuç olarak, bu çalışmada patlıcanda tuz stresi altında farklı anaç ve aşı kombinasyonlarının büyüme performansı üzerindeki etkileri net bir şekilde ortaya konmuş, özellikle AG38R F₁ ve Hawk gibi anaçların hem tuz stresine karşı toleransı artırdığı hem de bitki boyunu olumlu yönde etkilediği gösterilmiştir. Bazı anacalar üzerine aşılamanın kendi üzerine aşılı ve aşısız kontrol bitkilerine göre daha düşük büyüme performansı sergilemesi ise uygun anaç seçiminin tuz stresi koşullarında kritik öneme sahip olduğunu vurgulamaktadır. Bu bulgular, ilgili literatürle uyumlu olarak aşılamanın patlıcanda tuz stresine karşı bir tolerans mekanizması olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir.

Gövde Çapı (mm):

Çalışmada tuz stresinin patlıcanda gövde çapını önemli düzeyde azaltırken, gövde çapındaki azalmalar yalnızca tuz stresinden kaynaklanmayıp aynı zamanda kullanılan anaçlara bağlı olarak da değişiklik göstermiştir. NaCl dozları, anaçlar ve bu iki faktörün etkileşimi gövde çapı üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde etki etmiştir ($p < 0,001$), Çizelge 4.3). Kontrol ortamında en yüksek gövde çapı Hawk (30.07 mm), Boğaç F₁ (28.91 mm) ve Hercules (28.70 mm) anaçlarında ölçülürken, en düşük gövde çapı AGR 703 F₁ (21.10 mm) ve KingKong F₁ (22.02 mm) anaçlarında kaydedilmiştir. Aşısız (24.84 mm) ve kendi üzerine aşılı (25.60 mm) bitkilerde gövde çapı orta seviyede yer alırken, en yüksek gövde çapına sahip Hawk anacı aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilere göre sırasıyla %21.1 ve %17.5 daha kalın gövde çapı oluşturmuştur. 25 mM NaCl uygulamasında en yüksek gövde çapı Boğaç F₁ (22.79 mm), Hawk (21.95 mm) ve Hercules (21.58 mm) anaçlarında ölçülürken, en düşük gövde çapı KingKong F₁ (1.53 mm), Yula F₁ (16.89 mm) ve kendi üzerine aşılı (17.24 mm) bitkilerde kaydedilmiştir. Boğaç F₁ anacı, aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilere göre sırasıyla %18.8 ve %32.2 oranında daha kalın gövde çapı oluşturmuştur. 50 mM NaCl ortamında ise Hawk (20.60 mm), Hercules (19.36 mm) ve Boğaç F₁ (18.58 mm) anaçları en yüksek gövde çapı değerlerine sahip olurken, en düşük gövde çapları Yula

F₁ (13,67 mm), kendi üzerine aşılı (14.19 mm) ve KingKong F₁ (14.23 mm) anaçlarında ölçülmüştür. Hawk anacı bu ortamda aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilere göre sırasıyla %20.9 ve %45.2 oranında daha kalın gövde çapına sahip olmuştur. Anaçların genel ortalamalarına bakıldığında, en yüksek ortalama gövde çapı Hawk (24.21 mm), Boğaç F₁ (23.42 mm) ve Hercules (23.,21 mm) anaçlarında kaydedilirken, KingKong F₁ (17.26 mm), AGR 703 F₁ (18.26 mm) ve Yula F₁ (18.35 mm) anaçları en düşük ortalamalara sahip olmuşlardır. Aşısız (20.35 mm) ve kendi üzerine aşılı (19.01 mm) bitkiler ise ortalamanın biraz altında kalmıştır. Tuz stresinin genel gövde çapı üzerindeki etkisi değerlendirildiğinde, kontrol koşullarında 25.73 mm olan ortalama gövde çapı, 25 mM NaCl ortamında %25.7 azalarak 19.11 mm'ye, 50 mM NaCl ortamında ise %35.1 azalarak 16.70 mm'ye düşmüştür. Bu sonuçlar, tuz stresinin patlıcanda gövde çapını önemli ölçüde azalttığını ve bu etkinin artan tuz seviyesiyle birlikte daha da şiddetlendiğini göstermektedir.

Gövde çapının kalınlığı bitkinin vasküler sisteminin ne kadar geliştiğinin bir göstergesi olup, su ve besin elementlerinin iletimini kolaylaştırarak bitkinin yapısal bütünlüğünü ve stres toleransını artırıcı etki yaptığı söylenebilir. Çalışmada elde edilen sonuçlar literatürdeki çalışmalarla da paralellik göstermektedir. Örneğin, Gisbert ve ark. (2011), türler arası melez anaçların gövde kalınlığını artırarak stres koşullarında bitki dayanıklılığını yükselttiğini, Sabatino ve ark. (2019), anaç farklılıklarının gövde çapı üzerinde belirleyici olduğunu ve bu farklılığın bitkinin fizyolojik performansı ile doğrudan ilişkili olduğunu, Yücel ve ark. (2023) ise aşılamanın gövde çapı üzerine pozitif etkiler sağladığını ve bunun hem su iletim kapasitesi hem de genel büyüme üzerinde etkili olduğunu bildirmektedirler. Tuz stresine karşı gövde çapını koruyabilen anaçlar, su iletim sistemini sekteye uğratmadan sürdürerek bitkinin fizyolojik faaliyetlerini desteklemeye devam edebilmekte, bu da stres altındaki büyümenin sürekliliğini sağlamaktadır. Bu bağlamda, Du ve ark. (2024) tarafından yapılan çalışmada, S. torvum ve Huimei Zhenba gibi anaçların gövde kalınlığını artırarak tuza karşı dayanıklılığı desteklediği bildirilmektedir. Semiz ve Suarez (2019) ise aşılı bitkilerin daha dayanıklı bir yapısal gelişim sergilediğini, bunun hem gövde çapı hem de genel biyomas açısından avantaj sağladığını belirtmektedirler. Sonuç olarak, bu çalışmada elde edilen gövde çapı bulguları mevcut literatürü destekler nitelikte olup, özellikle Hawk ve Boğaç F₁ gibi hibrit anaçların tuz stresine karşı fizyolojik

dayanıklılığı artırma ve gövde kalınlığını koruma konusundaki potansiyelini açık biçimde ortaya koymaktadır.

Biyomas (kg/bitki):

Çalışmada tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda biyomas üzerinde istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı etkiler yarattığını ortaya koymuştur ($p < 0,001$). Ayrıca bu iki faktör arasındaki interaksiyon da istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$) (Çizelge 4.3). Bu bulgu, bitkinin toplam biyokütlesinin sadece tuz miktarına ya da kullanılan anaçlara bağlı olarak değil, aynı zamanda bu iki faktörün birlikte oluşturduğu etkileşim sonucunda da değiştiğini göstermektedir. Kontrol koşullarında en yüksek biyomas Hawk anacından (41.50 kg/bitki) elde edilirken, bunu Hikyaku F₁ (3.88 kg/bitki) ve AG38R F₁ (35.98 kg/bitki) anaçları takip etmiştir. Aynı ortamda en düşük biyomas Yula F₁ (28.52 kg/bitki) ve KingKong F₁ (31.96 kg/bitki) anaçlarında ölçülmüştür. En yüksek biyomasa sahip olan Hawk anacı aşısız bitkilere göre %29.2 ve kendi üzerine aşılı bitkilere göre %23.9 daha yüksek biyokütle oluşturmuştur. Orta düzey tuz stresinde genel olarak tüm anaçlarda biyomas azalmış olmakla birlikte Hawk (28.78 kg/bitki), Hercules (28.07 kg/bitki) ve Boğaç F₁ (26.47 kg/bitki) anaçları bu stres düzeyinde en yüksek biyokütleyle ulaşan uygulamalar olmuşlardır. Öte yandan KingKong F₁ (21.38 kg/bitki), Yula F₁ (21.24 kg/bitki) ve kendi üzerine aşılı bitkiler (23.23 kg/bitki) bu ortamda en düşük biyoması üretmişlerdir. Hawk anacı bu stres koşulunda aşısız bitkilere göre %9.1 ve kendi üzerine aşılılara göre %23.9 oranında daha yüksek biyomas üretmiştir. 50 mM NaCl uygulamasında ise biyomas üzerindeki baskı belirgin şekilde artmış, ancak Hawk (24.90 kg/bitki), Hercules (23.26 kg/bitki) ve Boğaç F₁ (21.96 kg/bitki) anaçları bu ortamda da en yüksek biyokütle değerlerini korumuşlardır. Bu ortamda en düşük biyomas ise Yula F₁ (14.12 kg/bitki), KingKong F₁ (17.23 kg/bitki) ve kendi üzerine aşılı bitkilerde (17.84 kg/bitki) ölçülmüştür. Hawk anacı bu ortamda aşısız bitkilere göre %26.9 ve kendi üzerine aşılı bitkilere göre %39.6 daha fazla biyomas üretmiştir. Anaçların genel ortalamaları karşılaştırıldığında ise Hawk (31.72 kg/bitki), Hercules (29.07 kg/bitki) ve Boğaç F₁ (28.12 kg/bitki) anaçları en yüksek biyomas üretimini sağlayan kombinasyonlar olmuş, Yula F₁ (21.29 kg/bitki), KingKong F₁ (23.52 kg/bitki) ve kendi üzerine aşılı (24.86 kg/bitki) bitkiler ise en

düşük ortalama değerlere sahip olmuşlardır. NaCl uygulamaları bakımından değerlendirildiğinde biyomas miktarı kontrol grubunda ortalama 34.48 kg/bitki iken, 25 mM NaCl uygulamasında %26.5 oranında azalarak 25.31 kg/bitki'ye, 50 mM NaCl düzeyinde ise %41.8 oranında azalarak 20.07 kg/bitki'ye düşmüştür. Bu sonuçlar, artan tuz stresinin patlıcanda biyomas üretimini önemli ölçüde baskıladığını; ancak bazı anaçların bu baskıyı sınırlandırma konusunda üstünlük gösterdiğini ortaya koymaktadır. Biyomas üretiminde gözlenen bu düşüşe rağmen bazı anaçların tuz stresine karşı yapısal bütünlüğü ve büyüme kapasitesini koruyabilmesi, bu anaçların fizyolojik adaptasyon kapasitesinin de yüksek olduğunu göstermektedir. Bu durum, anaçların su ve besin alımını artırması, ozmotik düzenlemeyi desteklemesi ve antioksidan savunma sistemlerini aktive etmesi ile ilişkilendirilebilir. Nitekim Yücel ve ark. (2023), aşılı patlıcanların tuz stresi altında daha yüksek yaş ağırlık değerlerine sahip olduğunu, Gisbert ve ark. (2011), aşılamanın yeşil aksam ve kök biyomasını artırarak stres koşullarında büyüme performansını desteklediğini, Tezcan ve ark. (2025), aşılı bitkilerin kuraklık stresine karşı da biyomas kaybını minimize ettiğini bildirmektedirler. Colla ve Roupael (2012) ile Santa-Cruz ve ark. (2002), aşılamanın osmotik düzenleme mekanizmalarını güçlendirerek membran stabilitesini artırdığını ve bunun biyokütle kayıplarını sınırladığını vurgulamaktadırlar. Bu bağlamda, çalışmada özellikle Hawk ve Hercules gibi hibrit anaçların hem kontrol hem de tuzlu ortamlarda biyoması koruyabilme potansiyeli bu tür fizyolojik dayanıklılık mekanizmalarının etkinliğini göstermektedir. Bletsos ve ark. (2003) da benzer şekilde, *S. torvum* üzerine aşılamanın patlıcanların kök ve sürgün biyomasında önemli artışlar sağladığını bildirmişlerdir. Aşılama uygulamasının yalnızca patlıcanda değil, biber (Orosco-Alcalá ve ark., 2021) ve domates (Santa-Cruz ve ark., 2002) gibi diğer sebze türlerinde de tuz stresi altında biyoması koruduğu veya artırdığı bilinmektedir. Sonuç olarak, bu çalışma aşılamanın özellikle uygun anaçlar kullanıldığında, tuz stresine karşı biyomas üretimini etkin şekilde koruyabildiğini ve bu sayede patlıcanda verim potansiyelinin sürdürülebilirliğine önemli katkı sağladığını ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.3. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda bitki boyu, gövde çapı ve biyomas üzerine etkisi

NaCl	Anaçlar	Bitki Boyu (m)	Gövde Çapı (mm)	Biyomass (kg/bitki)
0 (Kontrol)	AGR 703 F ₁	4.67±0.22	21.10±0.88	32.48±2.63
	Hawk	4.97±0.27	30.07±0.85	41.50±2.76
	Hercules	4.72±0.26	28.70±0.63	35.87±2.73
	Hikyaku F ₁	4.68±0.22	26.35±0.74	36.88±2.37
	AG38R F ₁	4.98±0.25	25.21±0.55	35.98±2.65
	KingKong F ₁	4.68±0.23	22.02±0.50	31.96±2.35
	Boğaç F ₁	4.58±0.23	28.91±0.61	35.94±2.37
	Yula F ₁	4.55±0.22	24.48±0.70	28.52±2.69
	Aşısız	4.54±0.21	24.84±0.76	32.14±2.91
	K.Ü. aşılı	4.24±0.24	25.60±0.60	33.49±2.62
25 mM	AGR 703 F ₁	3.65±0.18	17.15±0.30	26.22±1.50
	Hawk	3.81±0.17	21.95±0.55	28.78±1.44
	Hercules	3.79±0.18	21.58±0.30	28.07±1.99
	Hikyaku F ₁	3.83±0.17	19.43±0.21	25.60±1.81
	AG38R F ₁	3.93±0.18	19.38±0.52	25.71±1.41
	KingKong F ₁	3.31±0.18	15.53±0.27	21.38±1.75
	Boğaç F ₁	3.86±0.18	22.79±0.22	26.47±1.29
	Yula F ₁	3.47±0.24	16.89±0.28	21.24±1.53
	Aşısız	3.68±0.17	19.18±0.81	26.37±1.75
	K.Ü. aşılı	3.57±0.17	17.24±0.44	23.23±1.78
50 mM	AGR 703 F ₁	3.44±0.17	16.53±0.48	20.01±1.75
	Hawk	3.55±0.18	20.60±0.71	24.90±1.30
	Hercules	3.50±0.16	19.36±0.31	23.26±1.11
	Hikyaku F ₁	3.40±0.16	15.66±0.32	20.02±1.15
	AG38R F ₁	3.44±0.16	17.13±0.47	21.72±1.63
	KingKong F ₁	3.14±0.17	14.23±0.36	17.23±1.96
	Boğaç F ₁	3.32±0.16	18.58±0.64	21.96±1.20
	Yula F ₁	3.13±0.17	13.67±0.86	14.12±0.96
	Aşısız	3.20±0.15	17.04±0.71	19.62±1.48
	K.Ü. aşılı	3.12±0.17	14.19±0.76	17.84±1.03
Önem düzeyi		0.166 ö.d.	0.000 ***	0.000 ***
Ortalama (Anaç)	AGR 703 F ₁	3.92bc	18.26e	26.24 d
	Hawk	4.11a	24.21a	31.72 a
	Hercules	4.00ab	23.21b	29.07 b
	Hikyaku F ₁	3.97abc	20.48c	27.50 c
	AG38R F ₁	4.11a	20.57c	27.80 c
	KingKong F ₁	3.71d	17.26f	23.52 f
	Boğaç F ₁	3.92bc	23.42b	28.12 c
	Yula F ₁	3.71d	18.35e	21.29 g
	Aşısız	3.81cd	20.35c	26.04 d
	K.Ü. aşılı	3.64d	19.01d	24.86 e
		***	***	***
Ortalama (NaCl)	0 (Kontrol)	4.66a	25.73a	34.48 a
	25 mM	3.69b	19.11b	25.31 b
	50 mM	3.32c	16.70c	20.07 c
		***	***	***

Aynı harf ile gösterilen ortalamalar, Duncan çoklu karşılaştırma testine göre istatistiksel olarak anlamlı fark göstermemektedir ($P \leq 0.05$). *** uygulamalar arasındaki farkın $P < 0.001$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli olduğunu, ö.d. farkın önemsiz olduğunu ifade etmektedir.

4.1.3. Tuz stresi ve aşılamanın yaprak ve meyve kuru madde miktarına etkisi

Yaprak kuru madde miktarı (%):

Kontrol koşullarında en yüksek yaprak kuru madde içeriği Boğaç F₁ (15.72%) ve Hawk (15.52%) anaçlarında gözlenirken, en düşük değer Yula F₁ (14.30%) anacında ölçülmüştür. Yaprak kuru madde miktarı kendi üzerine aşılı bitkilerde 15.07%, aşısız bitkilerde ise 14.83% ölçülmüştür. 25 mM NaCl seviyesinde Hawk (15.86%) ve AG38R F₁ (15.76%) anaçları en yüksek değerleri sağlamış; kendi üzerine aşılı bitkilere göre %6-7 oranında yüksek gerçekleşmiştir. 50 mM NaCl uygulamasında ise en yüksek yaprak kuru madde oranı Hawk (16.21%) anacında belirlenmiştir. Hawk anacının yaprak kuru madde miktarı aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilerden sırasıyla %18.3 ve %12.2 daha yüksek olmuştur. Anaçlara göre ortalama yaprak kuru madde oranları değerlendirildiğinde, en yüksek değer Hawk anacında (%15.86) belirlenmiş olup, bu değer kendi üzerine aşılı uygulamadan %7.5 daha yüksek çıkmıştır (Çizelge 4.4). En düşük değer ise Yula F₁ anacında (%13.52) görülmektedir. Genel olarak, Hawk ve Boğaç F₁ anaçları, yaprak kuru madde birikimi bakımından öne çıkarken; Hawk anacı, özellikle tuz stresi karşısında bu özelliğini koruyarak, yaprak fizyolojisinin sürdürülebilirliği açısından önemli bir potansiyel göstermiştir.

Meyve kuru madde miktarı (%):

Patlıcan meyvelerinde kuru madde miktarı bakımından NaCl uygulamaları, anaçlar ve tuz steri koşullarında anaçların performansları bakımından farklılıklar önemli bulunmuştur (P <0.001). Kontrol koşullarında en yüksek meyve kuru madde oranı kendi üzerine aşılı uygulamada (%9.06), ardından Hikyaku F₁ (%8.39) ve Hawk (%8.09) anaçlarında gözlenmiştir. Bu değerler, aşısız uygulamanın (%7.89) üzerinde yer almakta ve Hawk ile kendi üzerine aşılı arasındaki fark %7.2 civarında gerçekleşmiştir. 25 mM NaCl uygulamasında Hikyaku F₁ (%8.62), AG38R F₁ (%8.86) ve kendi üzerine aşılı bitkiler (%8.79) öne çıkarken, aşısız bitkiler %8.55 düzeyinde kalmıştır. Bu farklar sınırlı olmakla birlikte istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. 50 mM NaCl düzeyinde ise en yüksek meyve kuru madde oranı Hawk

anacında (%9.77) gözlenmiş ve bu oran, aşısız (%9.40) ve kendi üzerine aşılı (%9.06) uygulamalardan sırasıyla %3.9 ve %7.8 daha yüksektir (Çizelge 4.4). Meyve kuru madde miktarı bakımından kendi üzerine aşılı uygulama (%8.97) en yüksek ortalama değere sahip olurken, bunu sırasıyla Hikyaku F₁ (%8.91) ve AG38R F₁ (%8.70) anaçları takip etmiştir. En düşük meyve kuru madde miktarı ise AGR 703 F₁ ve KingKong F₁ anaçlarında (%7.94) ölçülmüştür (Çizelge 4.4). Sonuç olarak, Hawk ve Hikyaku F₁ anaçları, özellikle yüksek tuz koşullarında meyve kuru madde oranlarını artırarak dikkat çekmiştir. Meyve kuru madde miktarı, özellikle yüksek tuz stresinde artış göstermiştir ki bu durum, tuzun su alımını kısıtlaması sonucu meyvede su kaybının artması ile ilişkilendirilebilir.

Çalışmada tuz stresinin yaprak kuru madde miktarına etkisinin olmadığı, ancak aşılamanın anaçlara göre değişmekle beraber yaprak kuru madde miktarını artırdığı, özellikle 50 mM NaCl düzeyinde Hawk anacının aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilere göre daha yüksek kuru madde oluşturduğu, 25 mM NaCl uygulamasında Hawk ve AG38R F₁ anaçlarının yaprak kuru madde miktarını artırdığı gözlenmiştir. Bu bulgular, Colla ve ark. (2006) ile Kıran ve ark. (2018)'in patlıcanda ve diğer türlerde stres koşullarında aşılamanın yaprak biyokütlesini koruyabildiğini bildiren çalışmalarıyla paralellik göstermektedir. Ayrıca, Fernández-García ve ark. (2004) domateste, aşılama ile tuz stresine rağmen sürgün kuru madde miktarının arttığını belirtmektedirler. Meyve kuru madde miktarı artan tuz stresine bağlı olarak linear artış gösterirken, aşılamanın anlamlı bir etkisi olmamıştır. Yüksek tuzluluk seviyelerinde meyve kuru madde miktarının artışı, meyvede su kaybının artmasına bağlı olarak ortaya çıkmakta olup, bu durum Huang ve ark. (2009) ile Di Gioia ve ark. (2013)'ün meyve kuru madde artışını tuzun su alımını sınırlaması ile açıklayan sonuçlarıyla örtüşmektedir. Ayrıca, Di Gioia ve ark. (2013)'ün aşılamanın meyve kuru madde miktarı üzerinde aşılamanın anlamlı bir etkisinin olmadığını bildirmeleri de deneme sonuçlarını desteklemektedir.

Literatürde, aşılamanın meyve kuru madde içeriği üzerindeki etkileri çelişkili sonuçlar vermektedir. Sabatino ve ark. (2019) hibrit anaç kullanılan patlıcanlarda %8,5 gibi yüksek meyve ağırlık oranları bildirirken, Gisbert ve ark. (2011) kuru madde oranlarında anlamlı bir farklılık olmadığını belirtmektedirler. Moncada ve ark. (2013)'da benzer şekilde, aşılamanın yaprak ve meyve kuru madde içeriği üzerinde belirgin bir etki oluşturmadığını belirtmektedirler. Bu çalışmalar, aşılama etkisinin,

kullanılan anaç ve kalem kombinasyonlarına, çevresel stres düzeylerine ve bitki gelişim dönemine bağlı olarak değişkenlik gösterebileceğini göstermektedir. Nitekim Sabatino ve ark. (2013) tarafından yapılan bir başka çalışmada, meyve kuru madde miktarının aşılı bitkilerde artarken, sezon sonunda vegetatif dokularda kuru madde birikiminin azaldığını ve bu durumu asimilat maddelerinin generatif organlara yönlendirilmesiyle açıklamaktadırlar. Aşılama ve tuz stresinin birlikte meyve kuru madde miktarını artırabildiği Balliu ve ark. (2007) tarafından domateste ortaya konulmuş olup, bu çalışmada da benzer şekilde, Hawk ve Hikyaku F₁ gibi anaçların yüksek tuz stresi altında meyve kuru madde miktarını artırabildiğini göstermektedir. Mauro ve ark. (2022)'nin aşılı bitkilerde daha yüksek meyve kuru madde değerleri bildirmesi de bu çalışmada elde edilen sonuçlarla tutarlılık göstermektedir.

4.1.4. Tuz stresi ve aşılamanın meyve biyokimyasal özelliklerine etkisi

Suda çözünebilir kuru madde (SÇKM, %):

Çalışmada tuz stresi ve anaçların patlıcan meyvelerinde SÇKM'ye etkisi Çizelge 4.5'te verilmiş olup, Çizelge incelendiğinde her üç NaCl düzeyinde de anaçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur (P<0,001). Kontrol koşullarında en yüksek SÇKM miktarı kendi üzerine aşılı (6.37%) ve aşısız (6.43%) bitkilerde elde edilirken, en düşük SÇKM miktarı Boğaç F₁ (5.58%) ve Hercules (5.87%) anaçlarında ölçülmüştür. 25 mM NaCl tuz koşullarında Hikyaku F₁ (6.53%), AG 38 R F₁ ve Hawk (6.43%) anaçları öne çıkarken, en düşük SÇKM Hercules (5.77%) ve aşısız (5.80%) uygulamalarda ölçülmüştür. 50 mM NaCl seviyesinde ise en yüksek SÇKM değeri AG38R F₁ (6.82%) anacında ölçülmüş olup, bu değer tüm uygulamalarda elde edilen en yüksek SÇKM miktarı olmuştur. En düşük SÇKM ise Yula F₁ (5.59%) anacında ölçülmüştür. Kendi üzerine aşılı bitkilerle karşılaştırıldığında, özellikle AG38R F₁ ve Hawk anaçları yüksek performans göstermiştir. AG38R F₁ anacında 50 mM NaCl koşullarında kendi üzerine aşılı bitkilere göre yaklaşık %7.1 daha yüksek SÇKM ölçülmüştür. Bu oran Hawk anacında 50 mM NaCl'de yaklaşık %4.1 olmuştur.

Çizelge 4.4. Tuz stresi ve aşılanmanın patlıcanda yaprak ve meyve kuru madde içeriğine etkisi

NaCl	Anaçlar	Yaprak Kuru Ağırlığı (%)	Meyve Kuru Ağırlığı (%)
0 (Kontrol)	AGR 703 F ₁	14.42±0.96	7.31±0.54
	Hawk	15.52±1.20	8.09±0.66
	Hercules	15.01±1.17	7.57±0.51
	Hikyaku F ₁	14.85±1.59	8.39±0.72
	AG38R F ₁	15.08±1.08	8.15±0.73
	KingKong F ₁	14.46±0.97	7.29±0.72
	Boğaç F ₁	15.72±0.97	7.80±0.68
	Yula F ₁	14.30±1.55	8.05±0.80
	Aşısız	14.83±1.06	7.89±0.67
	K.Ü. aşılı	15.07±1.26	9.06±0.85
25 mM	AGR 703 F ₁	15.03±1.47	7.97±0.70
	Hawk	15.86±1.19	8.08±0.74
	Hercules	15.51±1.54	7.95±0.81
	Hikyaku F ₁	14.64±0.90	8.62±0.91
	AG38R F ₁	15.76±1.38	8.86±0.80
	KingKong F ₁	12.87±1.43	7.88±0.84
	Boğaç F ₁	15.47±0.81	8.00±0.86
	Yula F ₁	13.03±0.89	7.79±0.82
	Aşısız	14.61±0.72	8.55±0.87
	K.Ü. aşılı	14.77±0.75	8.79±0.83
50 mM	AGR 703 F ₁	13.99±1.50	8.55±0.86
	Hawk	16.21±0.72	9.77±0.94
	Hercules	15.56±1.33	9.36±0.91
	Hikyaku F ₁	14.44±1.34	9.74±0.93
	AG38R F ₁	15.06±1.21	9.08±0.92
	KingKong F ₁	14.53±1.15	8.65±0.85
	Boğaç F ₁	15.73±0.82	8.55±0.88
	Yula F ₁	13.22±0.56	9.10±0.86
	Aşısız	13.70±0.97	9.40±0.86
	K.Ü. aşılı	14.44±0.90	9.06±0.87
Önem düzeyi		0.000 ***	0.000 ***
Ortalama (Anaç)	AGR 703 F ₁	14.48 cd	7.94 e
	Hawk	15.86 a	8.65 c
	Hercules	15.36 b	8.29 d
	Hikyaku F ₁	14.64 cd	8.91 ab
	AG38R F ₁	15.30 b	8.70 bc
	KingKong F ₁	13.96 e	7.94 e
	Boğaç F ₁	15.64 ab	8.12 de
	Yula F ₁	13.52 f	8.31 d
	Aşısız	14.38 d	8.61 c
	K.Ü. aşılı	14.76 c	8.97 a
		0.000 ***	0.000 ***
Ortalama (NaCl)	0 (Kontrol)	14.93	7.96 c
	25 mM	14.76	8.25 b
	50 mM	14.69	9.12 a
		0.059 ö.d.	0.000 ***

Aynı harf ile gösterilen ortalamalar, Duncan çoklu karşılaştırma testine göre istatistiksel olarak anlamlı fark göstermemektedir ($P \leq 0.05$). *** uygulamalar arasındaki farkın $P < 0.001$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli olduğunu, ö.d. farkın önemsiz olduğunu ifade etmektedir.

Anaçlar ve NaCl dozlarına göre ortalama SKMM içeriği incelendiğinde (izelge 4.5), en yüksek ortalama SKMM miktarı AG38R F₁ (6.52%) anacında elde edilmiştir. Bunu Hawk (6.40%), Hikyaku F₁ (6.35%) ve kendi üzerine aşılı (6.33%) bitkiler takip etmiştir. En düşük ortalama değer ise Yula F₁ (5.90%) anacında ölçülmüştür. NaCl uygulamaları incelendiğinde, artan tuz konsantrasyonu ile birlikte SKMM değerinde belirgin bir artış gözlenmiştir. Kontrol grubunda ortalama SKMM %6.12 iken, 50 mM NaCl uygulamasında bu değer %6.28'e yükselmiştir. Tuz uygulamasının istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir (P=0.007). Bu da tuz stresinin patlıcanda SKMM içeriğini artırdığını göstermektedir.

Çalışmada, tuz stresinin patlıcan meyvesinde suda znebilir kuru madde (SKMM) içeriği üzerine etkisinin NaCl düzeyine bağlı olarak değiştiği, özellikle 50 mM NaCl uygulamasında belirgin bir artışın gözlendiği tespit edilmiştir. Ancak, aşılama etkisi kullanılan anaçlara göre farklılık göstermiştir. Yüksek tuz koşullarında AG38R F₁ ve Hawk anaçlarının kullanıldığı uygulamalarda, kontrol grubuna kıyasla daha yüksek SKMM değerleri elde edilmiştir. Öte yandan, kontrol koşullarında ve 25 mM NaCl uygulamasında aşılamanın SKMM zerine anlamlı bir etkisi tespit edilememiştir. Literatürde bu konuda çelişkili bulgular yer almaktadır. Sabatino ve ark. (2019), hibrit anaçlara yapılan aşılamanın patlıcan meyvelerinde SKMM içeriğini artırdığın, buna karşılık, Gisbert ve ark. (2011) farklı anaçların kullanılmasına rağmen SKMM değerlerinde anlamlı bir farklılık görülmediğini bildirmektedirler. Mozafarian ve ark. (2020) ise *S. melongena* × *S. integrifolium*, Emperador ve Optifort gibi anaçlara yapılan aşılamaların meyvede SKMM içeriğini azalttığını ve en yüksek değerin kendi üzerine aşılanan bitkilerde görüldüğünü rapor etmişlerdir. Bununla birlikte, Tezcan ve ark. (2025), aşılı bitkilerde SKMM miktarının aşısızlara göre daha yüksek olduğunu ortaya koyarken; Mozafarian ve ark. (2023), *S. grandifolium* × *S. melongena* melez anacının SKMM içeriğini anlamlı düzeyde artırdığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde, Bogoescu ve Doltu (2015), genel olarak aşılı ve aşısız bitkiler arasında SKMM bakımından fark olmadığını, ancak tuz stresi koşullarında aşılamanın SKMM değerini artırdığını ifade etmişlerdir. Tüm bu bulgular ışığında değerlendirildiğinde, patlıcan meyvesinde SKMM içeriğinin yüksek düzeyde tuz stresi altında artış gösterdiği, aşılamanın ise bu parametre üzerindeki etkisinin kullanılan anaca ve çevresel koşullara bağlı olarak değişkenlik gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu durum, aşılamanın meyve kalite özelliklerini iyileştirme

potansiyelinin yalnızca stres koşullarında ve uygun anaç seçimiyle mümkün olabileceğini ortaya koymaktadır.

Meyve pH değeri:

Farklı anaçlara aşılınmış patlıcanların, farklı NaCl uygulamalarında meyve suyu pH değerleri bakımından verdikleri tepkiler Çizelge 4.5.'de verilmiş olup hem anaç farklılığının hem de tuz uygulamasının meyve suyunun pH değeri üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisi olmadığı görülmektedir ($P=0.127$). Kontrol ortamında aşı uygulamalarının pH değerleri 5.33 (kendi üzerine aşılı bitkiler) ile 5.57 (aşısız bitkiler, Yula F₁ ve Hercules F₁) arasında değişmiştir. Tuz uygulamalarıyla birlikte bu değerler çok büyük değişim göstermemiş, ancak bazı anaçlar öne çıkmıştır. 50 mM NaCl uygulamasında Hawk anacında 5.73 ölçülmüştür. AG38R F₁ anacı da 5.63 ile ikinci sırada yer almıştır. Bu değerler, kendi üzerine aşılı bitkilerle karşılaştırıldığında sırasıyla %6.41 (Hawk) ve %5.78 (AG38R F₁) oranında daha yüksek pH seviyelerine ulaşmıştır. Diğer yandan, aynı koşullarda en düşük pH değerleri Hikyaku F₁ ve KingKong F₁ anaçlarında görülmüş (5.33), bu da bu anaçların tuz stresine karşı daha hassas olduğunu ve meyve asiditesinin bu koşullarda arttığını düşündürmektedir.

Aşı uygulamaları ve NaCl dozlarının ortalama pH değerleri Çizelge 8'de verilmiş olup, gerek anaçların ortalama değerleri ($P=0.169$) gerekse de NaCl ortalamaları ($P=0.274$) arasında farklar önemli bulunmamıştır. En yüksek ortalama pH değeri Hawk anacında (5.61) elde edilmiş, bu anacı, 5.52 ile AG38R F₁ ve 5.51 ile Hercules ve Yula F₁ anaçları izlemiştir. En düşük ortalama pH değeri ise 5.36 ile kendi üzerine aşılı bitkilerde tespit edilmiştir. Tuz uygulamalarında en yüksek ortalama pH değeri kontrol grubunda (5.47), en düşük değer ise 25 mM NaCl uygulamasında (5.44) gözlenmiştir.

Çalışmada farklı anaçlara aşılınmış patlıcanların tuz stresi altında meyve suyu pH değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiş, ancak bazı anaçların belirli NaCl dozlarında daha yüksek pH değerleri ile öne çıktığı görülmüştür. Bu bulgu, Tezcan ve ark. (2025)'nin, aşılamanın stres altında meyve pH'ını stabilize ettiğini ve aşısız bitkilerde stresle birlikte pH dalgalanmalarının daha belirgin olduğunu ortaya koyan sonuçlarıyla örtüşmektedir. Ayrıca, Hawk anacının en yüksek ortalama pH değerine sahip olması, bazı anaçların stres koşullarında patlıcan meyvelerinde pH

içeriğini koruma konusunda daha avantajlı olabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, Mozafarian ve ark. (2020) tarafından bildirilen, farklı anaçlara aşılamanın pH üzerinde anlamlı bir etkisinin olmaması yönündeki bulgu, bu parametrenin anaçtan bağımsız da olabileceğine işaret etmektedir. Öte yandan, Mozafarian ve ark. (2023) tarafından tuz stresinde yürütülen çalışmada, *S. grandifolium* × *S. melongena* melez anacı üzerine aşılamanın patlıcan meyvelerinde en düşük pH değeri elde edilmiş olması da pH içeriğinin anaca göre değişebileceğini göstermektedir.

Elektriksel iletkenlik (EC, dS/m):

Farklı tuz stresi koşullarında değişik anaçların meyve suyunun EC değerine etkisi Çizelge 4.5'te verilmiş olup hem anaçların hem de uygulanan tuz düzeylerinin EC üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir (P=0.000). Kontrol koşullarında en yüksek EC değeri Yula F₁ (6.25 dS/m) ve KingKong F₁ (5.97 dS/m) anaçlarında belirlenmiş olup, bu anaçlarda EC miktarı aşısız bitkilerden sırasıyla %15.74 ve %10.56 oranlarında daha yüksek çıkmıştır. 50 mM NaCl uygulamasında EC değerlerinin belirgin şekilde arttığı görülmektedir. Özellikle aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilerde EC değerleri sırasıyla 8.38 dS/m ve 8.53 dS/m olarak tespit edilmiştir. Bu değerler, 50 mM NaCl altında tuz birikiminin daha yoğun olduğunu, aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilerin yüksek tuz stresi altında iyon regülasyonunu etkin biçimde kontrol edemediğini göstermektedir. Yüksek tuz konsantrasyonu altında anaçlar üzerine aşılama meyve suyunda EC miktarını önemli düzeyde azaltmış, Hercules (5.97 dS/m) ve Hawk (6.19 dS/m) anaçlarında en düşük değerler ölçülmüştür. Sonuçlar bazı anaçların yüksek tuz konsantrasyonunda iyon regülasyonunu daha etkin sağladığını göstermektedir. Hawk anacı, kendi üzerine aşılı bitkilere kıyasla EC değerini yaklaşık %27,4 oranında azaltırken, Hercules anacı, EC'yi %30 oranında düşürmüştür. Bu iki anacın *S. torvum* türüne ait olması da ayrıca dikkat çekicidir. Diğer yandan, KingKong F₁ ve Yula F₁ gibi anaçlar yüksek tuz stresi altında yüksek EC değerleriyle olumsuz yönde ayrılmışlardır. Bu değerler, aşısız bitkilere göre daha düşük olsa da Hawk ve Hercules gibi etkin tuz regülasyonu sağlayan anaçlara göre zayıf kalmıştır.

Anaçların ortalama değerleri incelendiğinde de (Çizelge 4.5) en düşük EC değerinin Hercules (5.82 dS/m), Boğaç F₁ (5.87 dS/m) ve Hawk (6.00 dS/m) anaçlarında

ölçüldüğü, en yüksek EC değerinin ise kendi üzerine aşılı bitkilerde (6.99 dS/m) ölçüldüğü görülmektedir. Ortalama EC değerleri bakımından hem anaçlar hem de NaCl dozları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P=0.000). Kontrol grubunda ortalama EC değeri 5.67 dS/m, 25 mM NaCl uygulamasında 6.39 dS/m, 50 mM NaCl'de ise 7.24 dS/m olarak belirlenmiştir. Bu artış, uygulanan NaCl düzeyine paralel olarak meyvede tuz birikiminin doz bağımlı şekilde arttığını açıkça göstermektedir.

Mevcut literatürde tuzluluk ve aşılama etkileşimleri genellikle bitki gelişimi, verim ya da yaprak düzeyindeki iyon birikimi üzerinden değerlendirilmektedir. Ancak meyve dokularında elektriksel iletkenlik (EC) ölçümlerine dayalı verilerin eksikliği dikkat çekicidir. Bu bağlamda, çalışmamız patlıcan meyvesinde EC değişimini inceleyen öncü araştırmalardan biri olma niteliği taşımaktadır. Tuz stresine bağlı olarak meyvede EC'nin artması, büyük ölçüde çözülmüş iyonların, özellikle Na⁺ ve Cl⁻ iyonlarının meyve dokularında birikmesiyle ilişkilendirilebilir. Bu çalışmada da artan NaCl konsantrasyonlarına paralel olarak meyvede EC düzeylerinin önemli ölçüde yükseldiği belirlenmiştir. Özellikle 50 mM NaCl uygulamasında, aşısız bitkilerde EC değeri 8.38 dS/m'ye, kendi üzerine aşılı bitkilerde ise 8,53 dS/m'ye ulaşmıştır. Bu durum, meyve dokusunda Na⁺ birikiminin EC artışının temel belirleyicisi olduğunu açıkça göstermektedir. Semiz ve Suarez (2019), patlıcanda tuzluluk kaynaklı verim kaybının esas nedeninin bitkide Na⁺ birikimi olduğunu, bu iyonun hem yaprakta hem de meyvede toksik etkiler yarattığını bildirmektedirler. Bu bağlamda, aşılama uygulamaları iyon taşınımını düzenleyici rolleriyle öne çıkmaktadır. Özellikle bazı anaçların Na⁺ iyonlarının topraktan yukarı taşınımını sınırlayarak meyvedeki birikimini azalttığı ve buna bağlı olarak EC düzeylerini düşürdüğü gözlemlenmiştir. Nitekim çalışmamızda *S. torvum* kökenli 'Hawk' ve 'Hercules' anaçlarıyla aşılanan bitkilerin meyvelerinde EC düzeyinin sırasıyla %27.4 ve %30 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, söz konusu anaçların Na⁺ iyonlarını kök düzeyinde tutarak meyveye taşınımını sınırladığına işaret etmektedir. Benzer şekilde, Mozafarian ve ark. (2023) çalışmalarında, *S. torvum* ve *S. habrochaites* anaçlarının Na⁺ iyonlarını köklerde tutarak meyveye taşınımını sınırlandırdığını ve böylece verim ve kalite kayıplarını önlediğini belirtmektedirler. Talhouni ve ark. (2019) ise, aşılama sayesinde bitkinin üst kısımlarındaki Na⁺ birikiminin azaltılabileceğini ve buna bağlı olarak EC düzeylerinin dolaylı olarak

düşürülebileceğini vurgulamaktadırlar. Sanwal ve ark. (2022), aşılı domates bitkilerinin Na^+ iyonlarını yaşlı yapraklarda depo ederek genç dokulara ve meyveye taşınımını sınırladığını, Giuffrida ve ark. (2014) ise türlerarası melez anaçların Cl^- retansiyonunda yetersiz kalabildiğini ifade etmekle birlikte, Na^+ taşınımını sınırlandırarak üst organlardaki birikimi azaltabildiklerini göstermişlerdir. Tüm bu bulgular ışığında değerlendirildiğinde, tuzluluk stresine bağlı olarak meyvede artan Na^+ birikiminin EC değerlerini yükselttiği, ancak özellikle S. torvum gibi etkili iyon retansiyonu sağlayan anaçlarla yapılan aşılamaların Na^+ taşınımını sınırlandırarak meyvede EC'yi düşürdüğü açık biçimde ortaya konmaktadır. Bu durum, aşılama uygulamalarının tuz stresine karşı etkili bir tolerans mekanizması olduğunu güçlü şekilde desteklemektedir.

Titre edilebilir asit miktarı (TA, %):

Farklı NaCl düzeylerinde TA içeriği incelendiğinde hem anaçların hem de tuz uygulamalarının TA üzerinde önemli etkiler oluşturduğu görülmektedir ($P=0.000$) (Çizelge 4.5). Kontrol koşullarında en yüksek TA değeri %0.160 ile kendi üzerine aşılı uygulamada görülmüş, bunu %0.152 ile Hikyaku F_1 ve %0.146 ile aşısız bitkiler takip etmiştir. En düşük değer %0.125 ile KingKong F_1 'de tespit edilmiştir. 25 mM NaCl uygulamasında genel olarak TA değerleri artış göstermiştir. En yüksek değer yine %0.167 ile kendi üzerine aşılı bitkilerde bulunmuş, ardından %0.163 ile Hercules ve %0.161 ile aşısız uygulama gelmiştir. Boğaç F_1 (%0.132) ve KingKong F_1 (%0.142) anaçları bu tuz düzeyinde daha düşük TA değerlerine sahip olmuşlardır. 50 mM NaCl uygulaması altında patlıcan meyvelerinin titr edilebilir asitlik (TA) değerlerinde anaçlar arasında belirgin farklılıklar gözlenmiştir. En yüksek TA değeri kendi üzerine aşılı bitkilerde (0.167%) belirlenmiş olup, bu değer aşısız veya diğer anaçlarla kıyaslandığında belirgin bir artışı göstermektedir. En düşük TA değeri ise Hawk anacında (0.132%) ölçülmüş ve kendi üzerine aşılı bitkilerle karşılaştırıldığında yaklaşık %26 daha düşük bulunmuştur. Genel olarak, tuz uygulamaları arttıkça TA değerleri artmış, kendi üzerine aşılı uygulama her üç tuz düzeyinde de en yüksek veya en yüksek değerlere yakın sonuçlar vermiştir.

Ortalama TA değerleri incelendiğinde hem anaçlar hem de NaCl dozları arasında farkların önemli olduğu ($P=0,000$) görülmektedir (Çizelge 4.5). Aşı uygulamaları

arasında ortalama en yüksek TA değeri %0.165 ile kendi üzerine aşılı bitkilerde ölçülmüş, bunu %0.157 ile Hikyaku F₁ anacı ve %0.154 ile aşısız bitkiler takip etmiştir. En düşük TA değerleri Hawk (%0.138) ve Yula F₁ (%0.136) anaçlarında gözlenmiştir. NaCl uygulamaları açısından değerlendirildiğinde, en yüksek TA ortalamaları %0.154 ile 25 mM ve %0.151 ile 50 mM NaCl uygulamalarında elde edilmiştir. Bu değerler, kontrol grubuna (%0.139) göre sırasıyla %10.8 ve %8.6 oranında daha yüksektir. Bu da hafif ve orta düzey tuz stresinin meyvede asitliğin artmasına katkı sağladığını göstermektedir.

Çalışmada farklı tuz düzeylerinde aşılamanın TA üzerine etkisinin hem NaCl uygulamalarına hem de kullanılan anaçlara bağlı olarak etkilendiği ve özellikle kendi üzerine aşılı bitkilerin her koşulda en yüksek ya da yüksek TA değerleri verdiği görülmektedir; 25 mM ve 50 mM NaCl düzeylerinde TA'nın sırasıyla %10.8 ve %8.6 oranında artması, hafif ve orta tuz stresinin meyve asitliğini artırdığını göstermektedir ki bu durum Mizrahi (1982) tarafından da domateste rapor edilmiş ve tuz stresinin meyvede TA içeriğini artırdığı, pH'ı ise düşürdüğü belirtilmiştir. Benzer şekilde Proietti ve ark. (2008), mini karpuzda aşılamanın ve TA miktarını artırdığını, Turhan ve ark. (2011) domateste tuz stresi uygulanmamış olsa da aşılamanın doğrudan TA miktarını artırdığı ve özellikle Beaufort anacı ile bu etkinin belirginleştiğini belirtmektedirler. Bu sonuçlar aşılama ile meyve asitliğinin yapısal olarak artırılabilirliğini göstermektedir. Benzer şekilde Huang ve ark. (2015) yüksek tuz toleranslı anaçların domateste aşılama kullanılmasıyla TA ve diğer kalite parametrelerinde artış sağlandığını belirtmektedirler. Buna göre uygun anaç seçiminin kalite artışında belirleyici olduğu görülmektedir. Flores ve ark. (2010) farklı domates çeşit ve anaç kombinasyonlarının tuz stresi altında TA içeriğini artırarak kaliteyi iyileştirdiği, özellikle Radja anacının bu açıdan öne çıktığını bildirmektedirler. Öte yandan, El-Shraiy ve ark. (2011), hıyarda Shintosa Supreme anacı ile yapılan aşılamanın tuz stresi koşullarında TA miktarını azalttığı ve bu durumun her anaç-kalem kombinasyonu için geçerli olmadığını bildirmektedirler.

Çizelge 4.5. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda meyve biyokimyasal içeriğine etkisi

NaCl	Anaçlar	SÇKM (%)	pH	EC (dS/m)	TA (%)
0 (Kontrol)	AGR 703 F ₁	6.20±0.75	5.37±0.29	5.74±0.52	0.138±0.012
	Hawk	6.13±0.55	5.53±0.29	5.71±0.88	0.133±0.012
	Hercules	5.87±0.57	5.57±0.29	5.18±0.54	0.135±0.018
	Hikyaku F ₁	6.27±0.60	5.43±0.25	5.72±0.89	0.152±0.021
	AG38R F ₁	6.31±0.58	5.47±0.29	5.85±0.57	0.143±0.013
	KingKong F ₁	5.90±0.43	5.43±0.19	5.97±0.60	0.125±0.013
	Boğaç F ₁	5.58±0.41	5.43±0.19	5.23±1.05	0.127±0.016
	Yula F ₁	6.17±0.58	5.57±0.19	6.25±0.62	0.131±0.011
	Aşısız	6.43±0.51	5.57±0.29	5.40±1.07	0.146±0.011
	K.Ü. aşılı	6.37±0.58	5.33±0.29	5.68±0.70	0.160±0.013
25 mM	AGR 703 F ₁	6.28±0.54	5.43±0.25	6.50±1.23	0.156±0.012
	Hawk	6.43±0.55	5.57±0.29	6.09±0.68	0.148±0.014
	Hercules	5.77±0.50	5.47±0.19	6.30±0.93	0.163±0.014
	Hikyaku F ₁	6.53±0.65	5.40±0.16	6.54±0.62	0.160±0.019
	AG38R F ₁	6.43±0.65	5.47±0.29	6.43±0.52	0.157±0.015
	KingKong F ₁	6.00±0.53	5.40±0.16	6.91±0.55	0.142±0.014
	Boğaç F ₁	6.30±0.49	5.50±0.16	5.95±0.87	0.157±0.014
	Yula F ₁	5.93±0.57	5.50±0.16	6.01±0.61	0.132±0.018
	Aşısız	5.80±0.59	5.30±0.28	6.37±1.27	0.161±0.015
	K.Ü. aşılı	6.27±0.58	5.37±0.19	6.77±1.24	0.167±0.015
50 mM	AGR 703 F ₁	6.27±0.57	5.40±0.20	7.39±0.98	0.154±0.014
	Hawk	6.63±0.69	5.73±0.19	6.19±0.35	0.132±0.015
	Hercules	6.17±0.55	5.50±0.20	5.97±0.34	0.144±0.012
	Hikyaku F ₁	6.25±0.53	5.33±0.19	7.25±0.66	0.158±0.016
	AG38R F ₁	6.82±0.55	5.63±0.19	6.93±0.66	0.139±0.017
	KingKong F ₁	6.30±0.53	5.33±0.19	7.65±1.38	0.168±0.017
	Boğaç F ₁	6.30±0.58	5.50±0.16	6.42±0.61	0.148±0.014
	Yula F ₁	5.59±0.55	5.47±0.19	7.65±1.55	0.145±0.011
	Aşısız	6.10±0.53	5.37±0.19	8.38±1.06	0.155±0.015
	K.Ü. aşılı	6.37±0.58	5.37±0.19	8.53±1.30	0.167±0.019
Önem düzeyi		0.000 ***	0.127 ö.d.	0.000 ***	0.000 ***
Ortalama (Anaç)	AGR 703 F ₁	6.25 bc	5.40	6.54 bc	0.149 cd
	Hawk	6.40 ab	5.61	6.00 d	0.138 e
	Hercules	5.93 de	5.51	5.82 d	0.147 d
	Hikyaku F ₁	6.35 ab	5.39	6.51 bc	0.157 b
	AG38R F ₁	6.52 a	5.52	6.41 c	0.146 d
	KingKong F ₁	6.07 cde	5.39	6.84 ab	0.145 d
	Boğaç F ₁	6.06 cde	5.48	5.87 d	0.144 d
	Yula F ₁	5.90 e	5.51	6.64 abc	0.136 e
	Aşısız	6.11 cd	5.41	6.72 abc	0.154 bc
	K.Ü. aşılı	6.33 ab	5.36	6.99 a	0.165 a
		***	0.169 ö.d.	***	***
Ortalama (NaCl)	0 (Kontrol)	6.12 b	5.47	5.67 c	0.139 b
	25 mM	6.17 b	5.44	6.39 b	0.154 a
	50 mM	6.28 a	5.46	7.24 a	0.151 a
			0.007 **	0.274 ö.d.	***

Aynı harf ile gösterilen ortalamalar, Duncan çoklu karşılaştırma testine göre istatistiksel olarak anlamlı fark göstermemektedir ($P \leq 0.05$). ** ve *** uygulamalar arasındaki farkın sırasıyla $P < 0.01$ ve $P < 0.001$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli olduğunu, ö.d. farkın önemsiz olduğunu ifade etmektedir.

4.1.5. Tuz stresi ve aşılamının meyve eti sertliğine etkisi

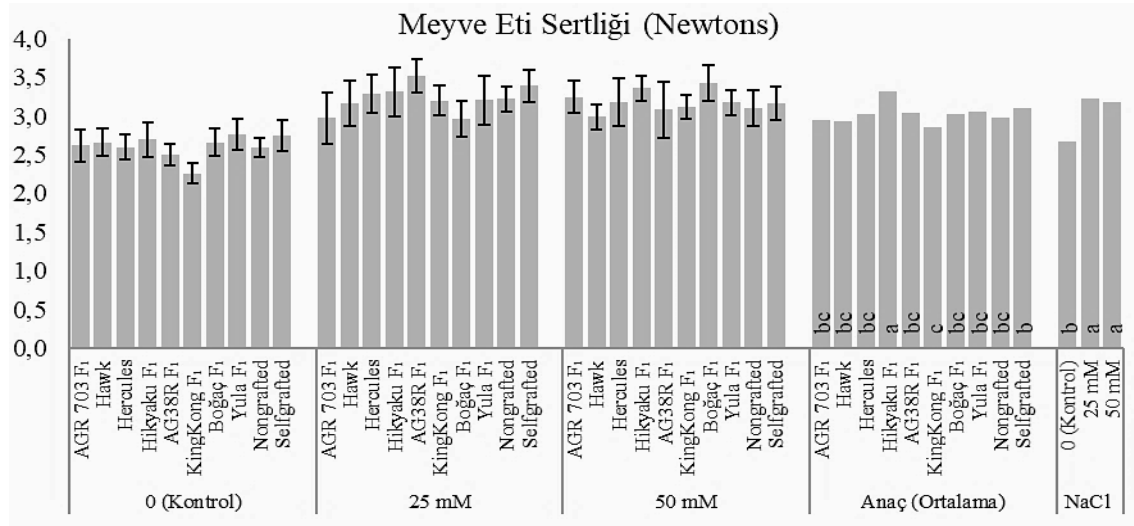
Çalışmada meyve eti sertliği bakımından anaç ve tuz uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmıştır ($p=0,000$). Tuz uygulamaları arttıkça meyve eti sertliğinde genel bir artış eğilimi gözlemlenmiştir. Kontrol koşullarında meyve eti sertliği 2.26–2.77 N aralığında değişmiştir. En yüksek sertlik değeri Yula F₁ anacında, en düşük sertlik ise KingKong F₁ anacında ölçülmüştür. 25 mM NaCl uygulamasında meyve eti sertliği belirgin şekilde artmış ve 2.97–3.52 N aralığında değerler elde edilmiştir. Bu düzeyde en yüksek sertlik AG38R F₁ anacında ölçülmüştür. Kendi üzerine aşılı bitkiler bu tuz düzeyinde 3.39 N ile birçok ticari anaçtan daha yüksek değer göstermiştir. Aşısız bitkiler ise 3.22 N ile birden fazla anaçla benzer veya daha yüksek sertlik göstermiştir. 25 mM NaCl uygulamasında meyve eti sertliği açısından aşılamının olumlu etkisi açıkça gözlemlenmiştir. 50 mM NaCl düzeyinde, sertlik değerleri 2.99–3.43 N arasında değişmiştir. En yüksek meyve eti sertliği Boğaç F₁ anacında görülmüş, bu anacı 3.36 N ile Hikyaku F₁ ve 3.25 N ile AGR 703 F₁ takip etmiştir. Kendi üzerine aşılı bitkilerde sertlik değeri 3.17 N, aşısız bitkilerde ise 3.11 N olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.1).

Anaç ve NaCl uygulamalarının ortalama değerleri incelendiğinde hem anaçlar hem de NaCl düzeyleri bakımından istatistiksel olarak yüksek düzeyde önemli farklar olduğu belirlenmiştir ($p<0.001$). Ortalama değerlere göre, meyve eti sertliği anaçlara bağlı olarak 2.86–3.33 N aralığında değişmiştir. En yüksek ortalama değer, Hikyaku F₁ anacında elde edilmiştir. Bu anaç, kendi üzerine aşılı bitkilerden %7.42, aşısız bitkilerden ise %12.12 oranında daha yüksek sertlik değeri göstermiştir. Hikyaku F₁ istatistiksel olarak en üst grupta tek başına yer alarak, bu özelliği en iyi sağlayan anaç olmuştur. Kendi üzerine aşılı bitkiler 3.10 N ortalama ile istatistiksel olarak ikinci grupta yer almış ve birçok ticari anaçtan daha yüksek performans sergilemiştir. Aşısız bitkiler ise 2.97 N değerle Hikyaku F₁'in %12.12, kendi üzerine aşılı bitkinin ise %4.19 gerisinde kalmıştır. Anaçlar arasında en düşük ortalama değer, KingKong F₁ anacından elde edilmiştir. Tuz düzeylerine göre ortalamalar incelendiğinde; kontrol grubunda meyve eti sertliği 2.672 N olarak belirlenmiş, bu değer 25 mM NaCl uygulamasında %20.61 artarak 3.223 N'a, 50 mM NaCl uygulamasında ise %19.21 artarak 3.185 N'a yükselmiştir. Her iki tuz düzeyi de kontrol grubuna göre anlamlı artış sağlamış, ancak 25 mM uygulamasının en yüksek değeri sağladığı görülmüştür. Sonuç olarak Tuz stresi

meyve eti sertliğinde artışa neden olurken, NaCl miktarının artması meyve eti sertliğinde artışı devam ettirmediği, aşılamanın kesin bir etkisinden söz edilemikle beraber anaca bağlı olarak meyve eti sertliğinin artabileceği anlaşılmaktadır.

Denemede patlıcanda meyve eti sertliği üzerine hem anaç hem de NaCl uygulamalarının istatistiksel olarak önemli etkisi belirlenmiştir. Genel olarak, tuz stresinin meyve eti sertliğini artırdığı, ancak 25 mM ve 50 mM NaCl seviyeleri arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür. Ayrıca, tuz uygulanmayan ortamda aşılamanın meyve eti sertliğini artırmadığı, yalnızca kendi üzerine aşıllı bitkilerle benzer sonuçlar verdiği; bazı anaçların ise sertlik değerini düşürdüğü belirlenmiştir. Bu bulgular, aşılamanın ve tuz stresinin meyve kalitesi parametrelerini farklı şekillerde etkileyebileceğini ortaya koymaktadır. Kontrol koşullarında, aşıllı bitkilerde meyve eti sertliği aşılsız bitkilerle benzer seviyede bulunmuştur. Örneğin, kendi üzerine aşıllı bitkiler ile bazı anaçlar arasında istatistiksel olarak fark bulunmamış, ancak KingKong F₁ gibi bazı anaçlar meyve sertliğini kontrol grubuna göre daha düşük seviyelere çekmiştir. Bu durum, Mozafarian ve ark. (2020) tarafından bildirilen ve bazı anaçların meyve sertliğini azaltabileceğini belirten sonuçlarla paralellik göstermektedir. Tuz stresi uygulanması durumunda ise genel olarak meyve eti sertliğinde belirgin bir artış gözlenmiştir. 25 mM NaCl uygulaması kontrol grubuna göre %20,61 oranında sertlik artışı sağlamış, 50 mM NaCl'de ise bu artış %19,21 olarak kalmış, yani iki tuz düzeyi arasında anlamlı bir fark oluşmamıştır. Bu bulgu, Sifola ve ark. (1995) tarafından bildirilen, tuz stresinin meyve dokusunda su kaybını ve hücre duvarı bileşenlerinin konsantrasyonunu artırarak sertliği yükselttiği açıklamasıyla uyumludur. Anaç bazında incelendiğinde, Boğaç, Hikyaku F₁ ve AG38R F₁ gibi anaçların tuz stresine karşı meyve eti sertliğini korumada veya artırmada önemli roller oynadığı belirlenmiştir. Bu anaçlar, kontrol grubunda etkili bir artış sağlamamış olsa da tuz stresine maruz kaldıklarında meyve sertliği bakımından anlamlı artışlar sağlamışlardır. Bu bulgu, Sabatino ve ark. (2019) ile Mauro ve ark. (2022) tarafından rapor edilen aşılamanın meyve sertliğini artırıcı etkilerinin, ancak belirli stres koşullarında (örneğin tuz stresi) ortaya çıktığı görüşünü desteklemektedir. Ayrıca, elde edilen sonuçlar bazı anaçların tuz stresi altında meyve dokusunun bütünlüğünü koruyarak kalite kayıplarını engellediğini belirten Mozafarian ve ark. (2023)'nın sonuçlarıyla da paralellik göstermektedir. Aşılamanın, genel olarak bitkilerde su ve besin alımını optimize ederek hormon sentezini artırdığı ve ozmotik

düzenleme mekanizmalarını iyileştirdiği bilinmektedir. Özellikle tuz stresi koşullarında, aşılı bitkilerde iyon homeostazı ve hücre duvarı bütünlüğünün korunması, meyve sertliğini destekleyen önemli fizyolojik süreçler arasında yer almaktadır (Colla ve ark., 2006; Dabravolski ve Isayenkov, 2023).



Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.1. Tuz stresi koşullarında aşılamanın patlıcanda meyve eti sertliğine etkisi (N)

4.1.6. Tuz stresi ve aşılamanın yaprak klorofil indeksi (SPAD) üzerine etkisi

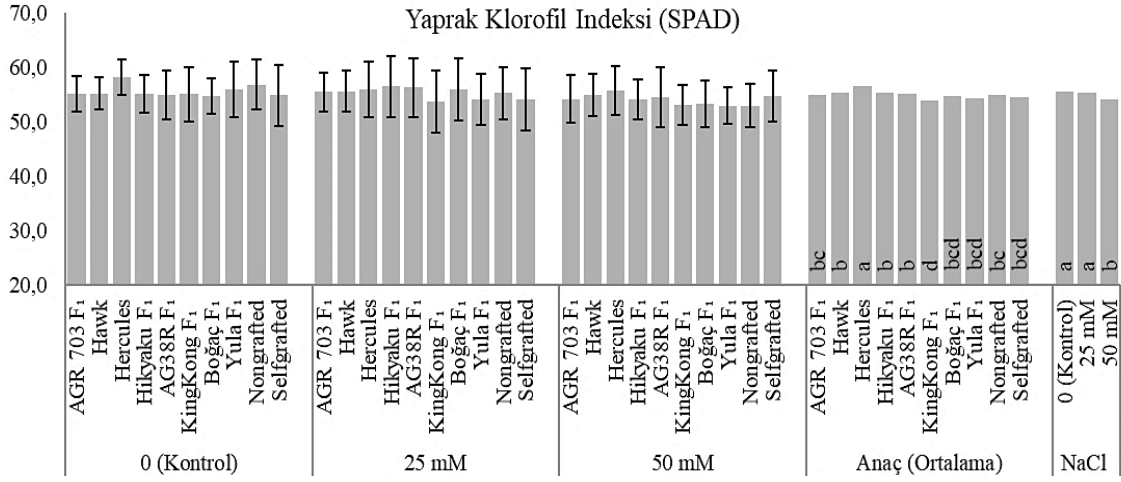
Yaprak klorofil indeksi hem aşı uygulamaları hem de tuz düzeyleri bakımından istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı farklılıklar oluşturmuştur ($p = 0.000$). Elde edilen veriler doğrultusunda, tuz uygulaması ile birlikte bazı anaçlarda klorofil indeksinde düşüş gözlenirken, bazı anaçlar bu değişime karşı daha dirençli bir performans sergilemiştir. Kontrol koşullarında, klorofil indeksi 58.07 SPAD değeri ile Hercules en etkili anaç olmuştur. Bu anacı sırasıyla 56.80 ile aşısız bitkiler ve 55.87 ile Yula F₁ anacı izlemiştir. Kendi üzerine aşılı bitkilerde klorofil indeksi 54,83 olup Hercules anacına göre %5.57 daha düşük gerçekleşmiştir. Diğer aşı uygulamalarının SPAD değerleri 54–55 aralığında yer almıştır. 25 mM NaCl uygulamasında, genel olarak klorofil indeksinde kontrol grubuna kıyasla anlamlı bir düşüş gözlenmemiştir. En yüksek SPAD değeri 56.47 ile Hikyaku F₁ anacında belirlenmiştir. Hercules ve Boğaç F₁ anaçlarında da değerler 55.90 seviyesinde kalmış ve bu anaçların tuz stresine karşı

klorofil stabilitesini koruyabildiği görülmüştür. Bu düzeyde kendi üzerine aşılı bitkilerin SPAD değeri 54.00 olarak ölçülmüş, bazı anaçların gerisinde kalmıştır. 50 mM NaCl uygulamasında ise, klorofil indeksindeki düşüş daha belirgin hale gelmiştir. Bu koşulda en yüksek değer 55.67 ile yine Hercules anaçlı bitkilerde elde edilmiştir. Hercules bu düzeyde yalnızca %4.1'lik bir kayıpla dikkat çekerken, aşısız bitkilerde değer 52.87'ye kadar gerilemiştir. En düşük SPAD değeri ise 52.87 ile aşısız bitkilerde, bunu 52.93 ile Yula F₁ takip etmiştir (Şekil 4.2).

Anaçlara ait ortalama SPAD değerleri incelendiğinde, anaçlar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur ($p = 0,000$). En yüksek ortalama değer 56.55 ile Hercules anacında elde edilmiş, bu anacı sırasıyla 55.19 ile Hawk ve Hikyaku F₁, 55.16 ile AG38R F₁ anaçları izlemiştir. Kendi üzerine aşılı bitkilerin ortalama SPAD değeri 54.48, aşısız bitkilerde ise ortalama SPAD değeri 54.97 ölçülmüştür. Tuz düzeylerinin ortalaması açısından incelendiğinde, 0 mM ve 25 mM NaCl uygulamaları arasında anlamlı bir fark görülmemiştir. Ancak 50 mM NaCl uygulaması istatistiksel olarak anlamlı şekilde farklılık göstermiştir ($p = 0.000$). Kontrol grubunda ortalama SPAD değeri 55.54 iken, 50 mM NaCl uygulamasında bu değer 53,97'ye düşmüş, yüksek tuz stresi klorofil indeksinde belirgin bir azalmaya neden olmuştur.

Denemede SPAD indeksi hem tuzluluk düzeyleri hem de anaç kombinasyonları bakımından istatistiksel olarak anlamlı şekilde etkilenmiştir. Özellikle aşı uygulamalarının tuz stresi koşullarında klorofil içeriğini (SPAD) ve dolayısıyla fotosentetik kapasiteyi koruyabildiği gözlenmiştir. Sanwal ve ark. (2022), aşılı domates bitkilerinde, tolerant anaçların hem kontrol hem de tuz stresi koşullarında aşısız bitkilere göre daha yüksek SPAD indeksine sahip olduğunu ve bu sayede fotosentez kapasitesinin korunduğunu belirlemişlerdir. Benzer şekilde, Yücel ve ark. (2023)'da aşılı patlıcan bitkilerinin tuz stresi altında dahi yüksek SPAD değerleri kaydettiğini, bunun fotosentez kapasitesinin korunmasına katkı sağladığını bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda da aşılı bitkilerde, özellikle Hercules gibi tolerant anaçlar tuz stresine rağmen yüksek SPAD değerleri kaydedilmiştir. Colla ve ark. (2013), aşılamanın stomaların strese karşı dayanıklılığını artırarak CO₂ alımını sürdürdüğünü ve böylece klorofil içeriğinin daha yüksek kaldığını, aşılamanın stomatal iletkenliği ve karbon asimilasyonunu desteklemesinin SPAD stabilitesini koruduğunu bildirmektedir. Aynı doğrultuda Semiz ve Suarez (2019), tuz stresi altında aşılı bitkilerin klorofil içeriğinin

aşısız bitkilere göre daha yüksek kaldığını, bunun fotosentezin devamlılığını sağladığını ortaya koymuştur. Du ve ark. (2024) tarafından yapılan çalışmada özellikle *S. torvum* anacına yapılan aşılamalarda patlıcanda klorofil içeriğinin yükseldiğini, kontrol bitkilerinde ise klorofil içeriğinin belirgin şekilde düştüğünü belirtmektedirler. Bu sonuçlar denemede Hercules gibi tolerant anaçların öne çıkmasının nedenini açıklamaktadır. Mozafarian ve ark. (2023) ise *S. grandifolium* × *S. melongena* melez anacının tuz stresine rağmen klorofil içeriği ve SPAD değerlerini koruduğunu rapor etmişlerdir. Öte yandan, Moncada ve ark. (2013), aşılamanın SPAD değerini anlamlı olarak etkilemediğini, aşılı ve aşısız bitkilerde benzer SPAD seviyelerinin gözlemlendiğini belirtmiştir. Ancak genel olarak, bu durumun anaç-kalem kombinasyonlarına ve stres yoğunluklarına bağlı olarak farklılık gösterebileceğini düşündürmektedir. Tuz stresinin fotosentezdeki olumsuz etkileri literatürde değişik bitki türlerinde de net olarak ortaya konmuştur. Zuo ve ark. (2021) tuz stresinin Chl a, Chl b ve toplam klorofil konsantrasyonunu düşürdüğünü, yapraklarda Na⁺ birikimini artırırken K⁺ içeriğini azalttığını ve bunun da fotosentez aktivitesini sınırladığını, Alkhatib ve ark. (2021) NaCl konsantrasyonunda artışın fotosentetik hızda lineer bir düşüşe neden olduğunu, Romero-Aranda ve ark. (2001) ile Fu ve ark. (2013) tuzluluk koşullarında su alımının azalması nedeniyle stomaların kapanarak fotosentezi olumsuz etkilediğini belirtmektedirler. Çalışmamızda, 50 mM NaCl uygulamasının genel olarak SPAD değerlerini düşürmesi, bu bulgularla örtüşmektedir. Sonuç olarak, bu çalışma, tuzluluk stresinde tolerant anaçların klorofil içeriğini yüksek seviyede tutarak fotosentetik performansı koruduğunu ortaya koymaktadır. Bu, fotosentezin devamlılığı, karbon asimilasyonu ve genel bitki gelişimi açısından büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, literatürde belirtildiği gibi (Colla ve ark., 2013; Semiz ve Suarez, 2019; Mozafarian ve ark., 2023), uygun anaç seçimi ile klorofil stabilitesinin desteklenmesi, tuz stresi koşullarında bile bitki verimliliğini artırmak için stratejik bir araç olarak öne çıkmaktadır.



Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.2. Tuz stresi koşullarında aşılamanın patlıcanda yaprak klorofil indeksine etkisi

4.1.7. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcan yapraklarında antioksidan enzim aktivitesine etkisi

Süperoksit dismutaz (SOD, U/g/FW):

Farklı NaCl dozları, anaçlar ve NaCl x anaç interaksyonu patlıcan yapraklarında süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi üzerinde istatistiksel olarak önemli farklılıklar oluşturmuştur ($p < 0.001$). Elde edilen bulgular, artan NaCl konsantrasyonuna bağlı olarak SOD aktivitesinde kademeli ve belirgin artışlar meydana geldiğini ve NaCl'nin bitkilerde oksidatif stres oluşturarak antioksidan savunma sistemlerini tetiklediğini göstermektedir (Şekil 4.3). Kontrol ortamında ortalama SOD aktivitesi 130.35 U/g iken, 25 mM NaCl uygulamasında bu değer %74.1 artışla 227.03 U/g'ye, 50 mM NaCl uygulamasında ise %180.2 artışla 365.35 U/g'ye yükselmiştir. Kontrol grubunda en yüksek SOD aktivitesi 154.61 U/g ile Hercules anacında belirlenmiştir. Bunu 144.62 U/g ile Hawk ve 133.90 U/g ile AGR 703 F₁ anaçları takip etmiştir. Aşısız bitkilerde aktivite 113.53 U/g düzeyinde kalırken, kendi üzerine aşıllı bitkilerde bu değer 116.63 U/g olarak ölçülmüştür. 25 mM NaCl uygulamasında tüm anaçlarda anlamlı artışlar gözlenmiş; SOD aktivitesi Hercules anacında 310.67 U/g'ye (%101 artış), Hawk anacında 299.39 U/g'ye (%107 artış), AGR 703 F₁ anacında ise 256.99 U/g'ye (%92

artış) yükselmiştir. Aşısız bitkilerde ise bu artış %52 düzeyinde kalmış ve 172.85 U/g olarak ölçülmüştür. 50 mM NaCl uygulamasında SOD aktivitesindeki artış daha da belirginleşmiş, Hercules anacında 500.94 U/g'ye ulaşarak kontrol ortamındaki değerine göre %224 oranında artış göstermiştir. Hawk ve AGR 703 F₁ anaçlarında da sırasıyla %230 ve %219 oranında artışlar gözlenmiştir. Aşısız bitkilerde ise SOD aktivitesi 264.04 U/g'ye çıkarak %132.6 oranında artış göstermiştir. Anaçların ortalama SOD aktiviteleri değerlendirildiğinde, Hercules ve Hawk ön plana çıkarken, aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkiler ortalamanın belirgin şekilde altında kalmıştır. NaCl uygulamaları ortalamaları dikkate alındığında, kontrol grubunda 130.35 U/g olan ortalama SOD aktivitesi, 25 mM ve 50 mM NaCl uygulamalarında sırasıyla 227.03 U/g (%74 artış) ve 365.35 U/g (%180 artış) olarak ölçülmüştür. Elde edilen bulgular, tuz stresinin SOD aktivitesini güçlü biçimde aktive ettiğini ve bu aktivasyonun anaçlar arasında farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, Hercules ve Hawk gibi anaçların yüksek SOD aktivitesi ile tuz stresine karşı daha etkili bir savunma yanıtı geliştirdiği; dolayısıyla aşılama uygulamaları ve uygun anaç seçiminin stres toleransı üzerinde belirleyici bir faktör olduğu söylenebilir.

Tuz stresi, bitkilerde fizyolojik bozulmalara yol açan önemli bir abiyotik stres faktörüdür ve özellikle reaktif oksijen türlerinin (ROS) aşırı üretimine neden olarak oksidatif stres oluşturmaktadır. Bu duruma karşı bitkilerde antioksidan savunma sistemleri devreye girmekte ve SOD gibi enzimler, savunmanın ilk hattını oluşturmaktadır. Bu çalışmada, artan NaCl konsantrasyonlarının SOD aktivitesini belirgin şekilde artırdığı ve bu artışın anaçlara bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Özellikle Hercules ve Hawk gibi *S. torvum* orijinli anaçlarla aşılanmış bitkilerde, hem düşük (25 mM) hem de yüksek (50 mM) tuz düzeylerinde, aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilere kıyasla çok daha yüksek SOD aktiviteleri ölçülmüştür. Bu sonuçlar, stres altındaki bitkilerin oksidatif zarara karşı enzimatik savunma mekanizmalarını aktive ettiğini ve bu savunma kapasitesinin anaca bağlı olarak farklılaştığını ortaya koymaktadır. Literatürdeki bulgular bu sonuçlarla büyük ölçüde paralellik göstermektedir. Sanwal ve ark. (2022), tuz stresine maruz bırakılan domatestede, özellikle patlıcan anaçları üzerine aşılanmış kombinasyonlarda SOD aktivitesinin daha yüksek olduğunu bildirmektedirler. Bu durum, patlıcanın domatese göre daha yüksek stres toleransı gösterdiğini ve anaç olarak bu özelliği kaleme aktarabildiğini

düşündürmektedir. Benzer şekilde, Aydın (2024), domateste aşılı kombinasyonlarda SOD düzeylerinin aşısız bitkilere göre daha yüksek olduğunu ve aşının stres koşullarında savunma sistemini güçlendirdiğini, Talhouni ve ark. (2019) AGR703/Artvin aşılı kombinasyonunun tuz stresi altında SOD aktivitesini %211.8 oranında artırdığını belirtmektedirler. Raziq ve ark. (2022), tuz stresinin domates fidelerinde erken dönemde SOD aktivitesini artırdığını, ancak daha ileri evrelerde bu artışın sınırlandığını bildirmişlerdir. Wei ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada ise, aşılı bitkilerde SOD aktivitesinin stresin erken evrelerinde korunduğu veya artırıldığı, buna karşın aşısız fidelerde enzim düzeylerinin hızla düştüğü belirtilmektedir. Bu bulgular denemede aşılı patlıcanlarda ölçülen yüksek SOD aktivitesini desteklemekte; aşılamanın bitkiyi strese karşı biyokimyasal düzeyde daha donanımlı hale getirdiğini göstermektedir. Özden ve ark. (2025) tarafından yapılan çalışmada, patlıcan bitkilerinde SOD aktivitesinin farklı toprak tuzluluğu koşullarına göre önemli değişkenlik gösterdiğini belirtmeleri çalışmada kullanılan NaCl dozlarının doğrudan SOD aktivitesini etkilediği sonucu ile örtüşmektedir. Sonuç olarak, tuz stresi altında patlıcanda SOD aktivitesinin artışı, oksidatif savunma sisteminin aktifleştiğini göstermekte olup, aşılama ve anaç seçiminin bu savunmanın gücünü belirleyen temel faktörler olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda, stres koşullarında yüksek antioksidan enzim aktivitesi sağlayan anaçların tercih edilmesi, patlıcanda tuzluluğa karşı toleransın geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Katalaz (CAT) aktivitesi ($\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}/\text{FW}$):

Katalaz (CAT) enzimi, bitkilerde oksidatif stresi azaltmada görev alan önemli bir antioksidan savunma elemanıdır. Tuz stresi altında bitkilerin CAT aktivitesini artırarak savunma sistemini aktive ettiği bilinmektedir. Şekil 4.4'de sunulan verilere göre, NaCl uygulamaları ($p < 0.001$) ve anaç farklılıkları ($p < 0.001$) katalaz aktivitesi üzerinde istatistiksel olarak önemli etkilere sahip olmuştur. Ancak stres \times anaç interaksyonu ($p = 0.849$) istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Bu durum, stres koşullarının tüm anaçlar üzerinde benzer bir etki yarattığını, yani stres yanıtının anaçlara göre farklılaşmadığını göstermektedir. Kontrol koşullarında ortalama CAT aktivitesi 278.91 μM olurken, 25 mM NaCl uygulamasında %49.4 artarak 416.77 μM 'a, 50 mM NaCl

uygulamasında %92.7 artarak 53.73 μM 'a ulaşmıştır. Bu bulgular, tuz stresinin katalaz enzim aktivitesini anlamlı şekilde artırdığını ve artan tuz konsantrasyonu ile birlikte enzim aktivitesinin de kademeli olarak yükseldiğini göstermektedir. Kontrol ortamında en yüksek CAT aktivitesi 398.37 μM ile Hercules anacında tespit edilmiş, bu anacı Hawk (382.94 μM) ve AGR 703 F₁ (337.12 μM) anaçları izlemiştir. En düşük CAT aktivitesi Yula F₁, aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilerde (168.56 μM) kaydedilmiştir. Hawk anacının kontrol koşullarındaki CAT aktivitesi, Yula anacına göre %127.4 daha yüksek olmuştur. 25 mM NaCl uygulamasında tüm anaçlarda belirgin artışlar görülmüştür, en yüksek aktivite 551.50 μM ile Hercules anacında gözlenmiş, Hawk (536.31 μM) ve Boğaç (505.68 μM) anaçları da benzer şekilde yüksek değerlere ulaşmıştır. Yula anacında ise bu değer 230.06 μM ile düşük kalmıştır. Hawk anacının bu koşullardaki CAT aktivitesi, Yula'ya göre %133.2 daha yüksek olmuştur. 50 mM NaCl uygulamasında en yüksek CAT aktivitesi 704.62 μM ile Hercules anacında ölçülmüş, Hawk (658.56 μM), Boğaç (628.18 μM) ve Hikyaku (612.75 μM) anaçları da yüksek CAT enzimi üretmişlerdir. Yula, aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilerde CAT aktivitesi 383.18 μM ile daha düşük düzeyde gerçekleşmiştir. Anaçların ortalama CAT aktiviteleri incelendiğinde, Hercules (551.50 μM), Hawk (525.93 μM) ve Boğaç (480.12 μM) anaçları öne çıkarken, Yula (260.60 μM), aşısız (291.14 μM) ve kendi üzerine aşılı (306.41 μM) bitkiler düşük aktivite göstermiştir. Hawk anacının ortalama CAT aktivitesi, Yula'ya göre %101.7, aşısız bitkilere göre %80.6 ve kendi üzerine aşılı bitkilere göre %71.6 oranında daha yüksek bulunmuştur. Genel olarak değerlendirildiğinde, tuz stresinin patlıcan yapraklarında katalaz enzim aktivitesini önemli ölçüde artırdığı, özellikle Hercules, Hawk ve Boğaç gibi anaçların yüksek enzim aktiviteleri ile daha güçlü bir antioksidan savunma yanıtı gösterdiği anlaşılmaktadır. Buna karşılık Yula, aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkiler daha zayıf enzimatik yanıt sergileyerek strese karşı daha duyarlı bir profil ortaya koymuşlardır.

SOD gibi katalaz da bitkilerin tuz stresi gibi abiyotik stres koşullarında oluşan reaktif oksijen türlerinin (ROS) birikimine karşı savunma sistemlerini aktive ederek hücrel dengenin korunmasını sağlayan önemli antioksidan enzimlerden biridir. CAT enzimi, H₂O₂ gibi toksik oksijen türevlerini su ve oksijene dönüştürerek oksidatif stresi sınırlar. Bu çalışmada, patlıcanda tuz stresiyle birlikte CAT aktivitesinin önemli biçimde arttığı ve bu artışın aşılama da kullanılan anaçlara bağlı olarak farklı düzeylerde gerçekleştiği

belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, artan NaCl konsantrasyonlarının patlıcan yapraklarında CAT aktivitesini kademeli olarak yükselttiğini göstermektedir. Özellikle Hercules, Hawk ve Boğaç gibi anaçlar, stres koşullarında yüksek düzeyde CAT aktivitesi sergileyerek güçlü bir antioksidatif yanıt oluşturmuştur. Bu bulgular literatürdeki diğer çalışmalarla büyük ölçüde örtüşmektedir. Özellikle Sawall ve ark. (2022), tuz stresine maruz kalan domates bitkilerinde CAT aktivitesinin hem aşılı hem de aşısız bitkilerde arttığını, ancak aşılı bireylerde bu artışın daha yüksek olduğunu rapor etmişlerdir. Bu durum, aşılamanın H₂O₂ detoksifikasyonunu sağlayan CAT enziminin aktivasyonunu teşvik ettiğini göstermektedir. Benzer şekilde, Talhouni ve ark. (2019), patlıcan bitkilerinde yürüttükleri çalışmada, aşılı kombinasyonlarda CAT aktivitesinin aşısızlara göre önemli ölçüde yüksek olduğunu, Özden ve ark. (2025) toprak tuzluluğunun farklı düzeylerde CAT aktivitesi oluşturduğu, bu durumun da stresin şiddetine bağlı olarak enzimatik yanıtları tetiklediğini belirtmektedirler. Benzer şekilde Raziq ve ark. (2022), domates fidelerinde kısa süreli tuz stresinde CAT aktivitesinde dramatik bir artış (%405'e kadar) görüldüğünü, ancak uzun süreli stres altında aktivitenin düşüşe geçtiğini bildirmektedirler. Aydın (2024), domateslerde CAT aktivitesinin tuz stresi ile %83'ün üzerinde arttığını, bu artışın reaktif oksijen türlerinin detoksifikasyonu açısından katalazın ne kadar kritik bir rol oynadığını vurgulamaktadırlar. Sonuç olarak, çalışmada elde edilen veriler ve literatür bulguları birlikte değerlendirildiğinde, tuz stresi altında CAT enziminin bitkisel savunmada kilit rol oynadığı açıkça görülmektedir. Özellikle Hercules, Hawk ve Boğaç gibi anaçlarla aşılanan patlıcanlarda CAT aktivitesinin yüksek olması, bu anaçların stres toleransını artırıcı etkisini ortaya koymaktadır. Buna karşın Yula gibi daha zayıf anaçlar ve aşısız bitkiler, sınırlı enzimatik yanıt vererek strese karşı daha duyarlı bir profil sergilemiştir.

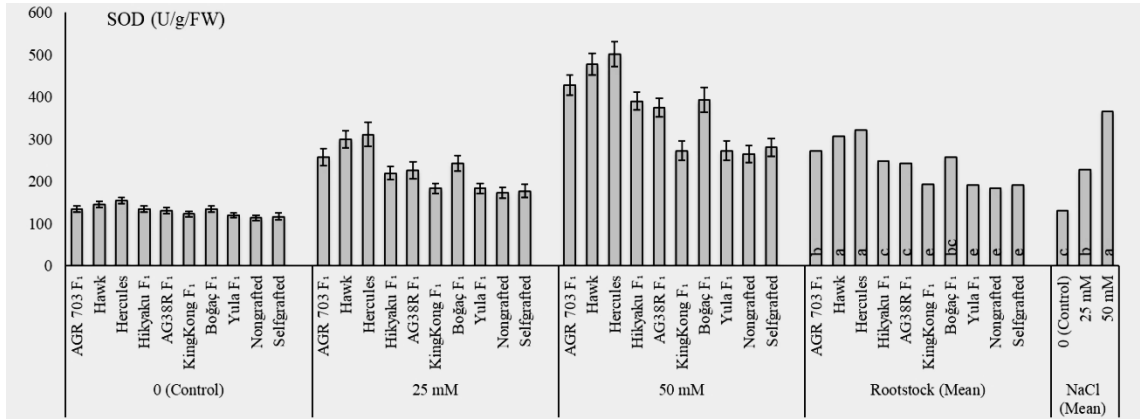
Askorbat peroxidaz (APX, $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}/\text{FW}$):

Askorbat peroksidaz (APX) aktivitesi, NaCl uygulamaları, anaçlar ve bu iki faktörün interaksyonu arasında istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı farklılıklar oluşturmuştur ($p < 0.001$). Elde edilen bulgular, artan NaCl konsantrasyonuna bağlı olarak APX aktivitesinde kademeli ve belirgin artışlar meydana geldiğini ve tuz stresinin oksidatif etkilerine karşı bitkilerde antioksidan savunma sistemlerinin aktive

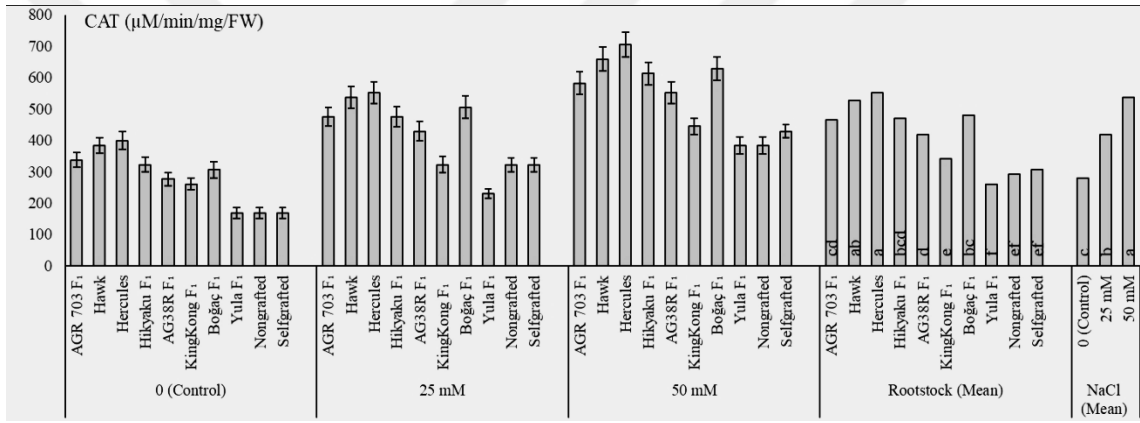
edildiğini ortaya koymaktadır (Şekil 4.5). Kontrol koşullarında ortalama APX aktivitesi 3.62 $\mu\text{M}/\text{dk}/\text{mg}$ olarak ölçülmüştür. 25 mM NaCl uygulamasında bu değer %56.4 artışla 5.66 $\mu\text{M}/\text{dk}/\text{mg}$ 'ye, 50 mM NaCl uygulamasında ise %84.6 artışla 6.68 $\mu\text{M}/\text{dk}/\text{mg}$ 'ye yükselmiştir. Kontrol ortamında en yüksek APX aktivitesi 4.77 $\mu\text{M}/\text{dk}/\text{mg}$ ile Hawk anacında belirlenmiştir. Bu değeri 4.62 ile Hercules ve 4.16 ile Boğaç F₁ anaçları takip etmiştir. Kontrol bitkilerinde ise APX aktivitesi 2.83 ile aşısız ve 2.80 ile kendi üzerine aşılı bitkilerde gözlenmiştir. Hawk anacının kontrol koşullarındaki APX aktivitesi, aşısız bitkilere göre %68.5, kendi üzerine aşılı bitkilere göre ise %70.4 oranında daha yüksek gerçekleşmiştir. 25 mM NaCl uygulamasında tüm anaçlarda APX aktivitesinde artışlar kaydedilmiştir. Hawk anacında aktivite 7.45 $\mu\text{M}/\text{dk}/\text{mg}$ 'ye yükselirken, Hercules ve Boğaç F₁ anaçlarında bu değer 7.11 olarak ölçülmüştür. Aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilerde APX aktivitesi 4.40 $\mu\text{M}/\text{dk}/\text{mg}$ olarak ölçülmüş; bu değerler, Hawk anacına göre %69.3 oranında daha düşük bulunmuştur. 50 mM NaCl uygulamasında APX aktivitesi daha da yükselmiş, Hawk ve Hercules anaçlarında en yüksek değer olan 8.42 $\mu\text{M}/\text{dk}/\text{mg}$ elde edilmiştir. Aşısız bitkilerde aktivite 5.17, kendi üzerine aşılı bitkilerde ise 5.21 $\mu\text{M}/\text{dk}/\text{mg}$ 'ye ulaşmış ve kontrol koşullarına göre sırasıyla %82.7 ve %86.1 oranında artış göstermiştir. Ancak bu artışlara rağmen, bu iki grup yüksek performans gösteren anaçlara kıyasla düşük seviyede kalmıştır. Örneğin, 50 mM NaCl altında Hawk anacının APX aktivitesi aşısız bitkilere göre %62.8, kendi üzerine aşılı bitkilere göre ise %61.6 oranında yüksek olmuştur. Anaçların ortalama APX aktiviteleri değerlendirildiğinde, Hawk anacı 6.88 $\mu\text{M}/\text{dk}/\text{mg}$ ile en yüksek değeri göstermiştir. Bunu 6.72 ile Hercules ve 6.48 ile Boğaç F₁ anaçları takip etmiştir. En düşük ortalama değerler 4.14 ile aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilerde, 3.93 ile Yula F₁ ve 4.57 ile KingKong F₁ anaçlarında kaydedilmiştir. Hawk anacının ortalama APX aktivitesi, aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilere göre yaklaşık %66 oranında daha yüksek çıkmıştır. NaCl düzeylerinin ortalamasına göre incelendiğinde, kontrol koşullarında ortalama APX aktivitesi 3.62 $\mu\text{M}/\text{dk}/\text{mg}$ iken, 25 mM ve 50 mM NaCl uygulamalarında bu değerler sırasıyla 5.66 (%56.4 artış) ve 6.68 $\mu\text{M}/\text{dk}/\text{mg}$ (%84.6 artış) olarak belirlenmiştir. Bu bulgular, tuz stresinin APX aktivitesini güçlü biçimde uyardığını ve bu enzimatik savunma tepkisinin anaçlara göre değiştiğini ortaya koymaktadır. Hawk ve Hercules gibi anaçlar, yüksek APX aktivitesi ile tuz stresine karşı daha etkili bir

savunma yanıtı geliştirmiş, buna karşın, aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkiler ile Yula F₁ anacı düşük enzimatik aktivite ile daha sınırlı bir tolerans göstermiştir.

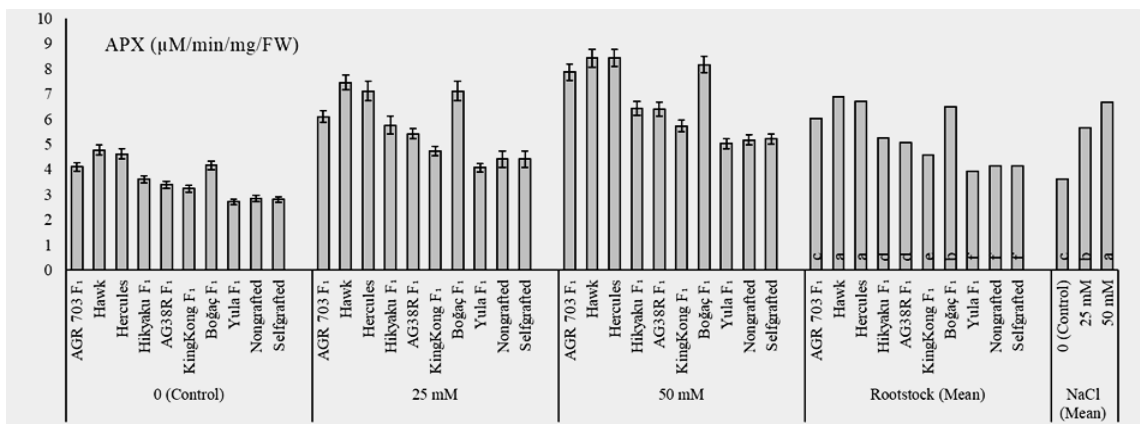
Stres altındaki bitkilerde H₂O₂ gibi toksik oksijen türevlerini askorbat kullanarak suya dönüştürerek hücrenel zararı sınırlandıran önemli antioksidan enzimlerden biri de APX olup, çalışmada APX aktivitesinin hem tuz konsantrasyonu hem de kullanılan anaçlara bağılı olarak önemli düzeyde arttığı belirlenmiştir. Özellikle Hawk ve Hercules gibi anaçların yüksek enzimatik aktivite ile öne çıktığı ve bu anaçlarla aşılana patlıcanların aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilere kıyasla daha yüksek APX enzim aktivitesi gösterdiği görülmektedir. Literatürde de benzer bulgulara rastlanmakta olup, Sanwal ve ark. (2022) domates bitkileri üzerinde yaptıkları çalışmada, EC 9 dS/m tuz stresinde aşılı bitkilerin APX aktivitesinin aşısız bitkilere göre daha yüksek olduğunu, Wei ve ark. (2009) ise aşırı kalsiyum nitrat stresi altında aşısız bitkilerde APX aktivitesinin ciddi biçimde azaldığı, buna karşın aşılı bitkilerde APX enzim aktivitesinin erken dönemde güçlü biçimde arttığını bildirmektedirler. Bu durum, aşılama uygulamasının askorbat-glutasyon döngüsünü aktive ederek oksidatif stresi azaltmada etkili olduğunu göstermektedir. Talhouni ve ark. (2019) patlıcanda APX aktivitesinin tuz stresi altındaki tüm bitkilerde arttığını, ancak özellikle AGR703/Artvin ve Köksal/Artvin gibi aşılı kombinasyonlarda bu artışın daha belirgin olduğunu, benzer şekilde Aydın (2024), domateste APX aktivitesinde %157'nin üzerinde artış kaydederek, aşılı kombinasyonların tuz stresine karşı daha iyi adapte olduğunu, Raziq ve ark. (2022) ise domates fidelerinde APX aktivitesinin, SOD ve CAT gibi diğer antioksidan enzimlerle birlikte tuz stresine karşı koordineli biçimde arttığını ve bu artışın antioksidatif sistemin birlikte çalıştığını gösterdiğini belirtmektedirler. Tüm bu bulgular değerlendirildiğinde, bu çalışmadaki APX verileriyle literatür sonuçları arasında paralellik gözlenmektedir. Özellikle tolerant anaçlarla yapılan aşılama, patlıcanda askorbat peroksidaz aktivitesini artırarak tuz stresine karşı daha etkili bir savunma mekanizması oluşturmuştur. Aşısız ve düşük performanslı anaçlarla elde edilen daha zayıf enzimatik tepkiler, bu bitkilerin stres koşullarında daha savunmasız olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.3. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda SOD aktivitesine etkisi (U/g/FW)



Şekil 4.4 Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda CAT aktivitesine etkisi (µM/min/mg/FW)



Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.5. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda APX aktivitesine etkisi (µM/min/mg/FW)

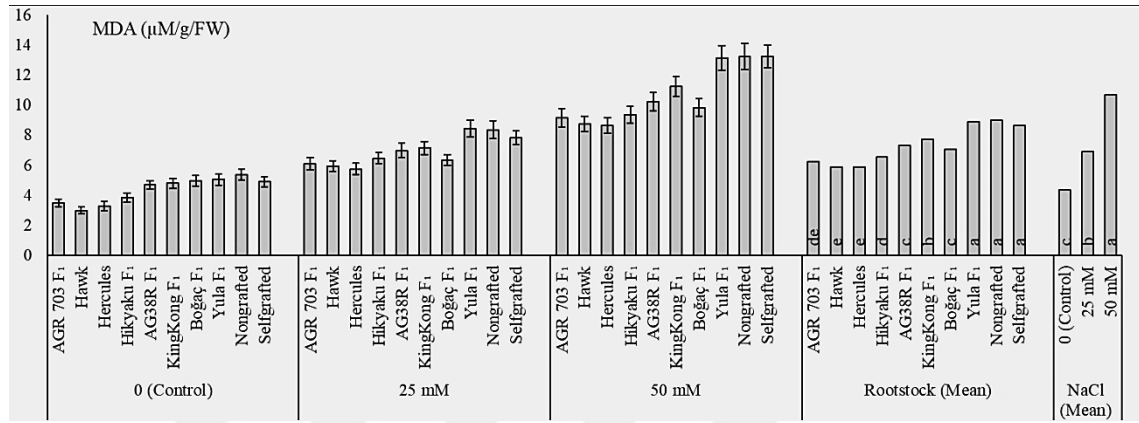
4.1.8. Tuz stresi ve aşılamının pathcan yapraklarında malondialdehit (MDA) düzeyine etkisi ($\mu\text{M/g FW}$)

Malondialdehit (MDA), hücre zarlarında meydana gelen lipid peroksidasyonunun son ürünü olup, oksidatif stresin şiddetini doğrudan yansıtmaktadır. MDA içeriği NaCl düzeyleri, anaç farklılıkları ve bu iki faktörün interaksyonu bakımından istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı farklılıklar göstermiştir ($p < 0,001$). Elde edilen bulgular, NaCl konsantrasyonunun artışına bağlı olarak MDA düzeylerinde belirgin yükselişler olduğunu ortaya koymuş; bu artışlar özellikle aşısız bitkiler ve bazı anaçlarda daha belirgin şekilde gerçekleşmiştir (Şekil 4.6). Kontrol ortamında ortalama MDA içeriği $4.34 \mu\text{M/g FW}$ olarak hesaplanmıştır. 25 mM NaCl uygulamasında bu değer %59.9 artarak $6.94 \mu\text{M/g FW}$ 'ye, 50 mM NaCl uygulamasında ise %146.3 artışla $10.69 \mu\text{M/g FW}$ 'ye yükselmiştir. Bu sonuçlar, tuz stresinin şiddetiyle birlikte lipid peroksidasyonunun da arttığını ve hücre zarlarının daha fazla oksidatif zarara uğradığını göstermektedir. Anaçlar düzeyinde değerlendirildiğinde, kontrol ortamında en düşük MDA içeriği $2.99 \mu\text{M/g FW}$ ile Hawk anacında ölçülürken, en yüksek değer $5.39 \mu\text{M/g FW}$ ile aşısız bitkilerde tespit edilmiştir. Hawk ile aşısız bitkiler kıyaslandığında, aşısız bitkilerde MDA içeriğinin %80.3 daha yüksek olduğu görülmektedir. Kendi üzerine aşılı bitkilerde bu değer $4.90 \mu\text{M/g FW}$ olup, Hawk anacına göre %63.9 daha fazla gerçekleşmiştir. 25 mM NaCl uygulamasında tüm anaçlarda MDA düzeylerinde artış görülmüştür. AGR 703 F₁ anacında MDA içeriği %74.7 artarak $6.08 \mu\text{M/g FW}$ 'ye, Hawk anacında %98.6 artışla $5.94 \mu\text{M/g FW}$ 'ye, Hercules anacında ise %75.6 artarak $5.76 \mu\text{M/g FW}$ 'ye yükselmiştir. Bu tuz düzeyinde en yüksek değerler $8.45 \mu\text{M/g FW}$ ile Yula F₁, $8.37 \mu\text{M/g FW}$ ile aşısız bitkiler ve $7.84 \mu\text{M/g FW}$ ile kendi üzerine aşılı bitkilerde ölçülmüştür. Bu değerler, bu kombinasyonlarda oksidatif zararın daha ciddi boyutlara ulaştığını ve MDA birikiminin etkili şekilde sınırlandırılmadığını göstermektedir. 50 mM NaCl uygulamasında ise MDA düzeylerindeki artışlar daha da belirginleşmiştir. Aşısız bitkilerde MDA içeriği $13.24 \mu\text{M/g FW}$ 'ye yükselmiş ve kontrol değerine göre %145.6 artış göstermiştir. Kendi üzerine aşılı bitkilerde bu artış %170.4 düzeyinde olmuş ve değer $13.25 \mu\text{M/g FW}$ 'ye ulaşmıştır. Benzer şekilde Yula F₁ anacında %159.7 artışla $13.14 \mu\text{M/g FW}$ 'ye çıkmıştır. Buna karşılık Hercules anacında MDA içeriği $8.66 \mu\text{M/g FW}$ düzeyinde, Hawk anacında ise $8.76 \mu\text{M/g FW}$

düzeyinde kalmıştır. Anaç ortalamalarına bakıldığında en düşük MDA içeriği 5.90 $\mu\text{M/g}$ FW ile Hawk ve Hercules anaçlarında, en yüksek ise 9.00 $\mu\text{M/g}$ FW ile aşısız bitkilerde, 8.88 $\mu\text{M/g}$ FW ile Yula F₁ ve 8.66 $\mu\text{M/g}$ FW ile kendi üzerine aşılı bitkilerde gözlenmiştir. Sonuç olarak, artan tuz konsantrasyonları bitkilerde MDA birikimini ciddi şekilde artırarak oksidatif stres kaynaklı zar hasarının boyutunu yükseltmiştir. Özellikle aşısız, kendi üzerine aşılı bitkiler ile Yula F₁ anacında bu artışlar daha belirgin olmuş; buna karşılık Hawk ve Hercules anaçları daha düşük MDA düzeyleri ile zar yapısını koruma açısından avantajlı konumda yer almıştır.

Bitkilerde ROS artışı hücre zarı lipitlerinin oksidasyonuna yol açmakta, bunun sonucu olarak da MDA düzeyi yükselmektedir. Çalışmada NaCl uygulamalarıyla birlikte patlıcan yapraklarında MDA birikiminin anlamlı düzeyde artması bu etkinin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Artan tuz konsantrasyonları, özellikle 50 mM NaCl uygulamasında MDA düzeylerinde %146'nın üzerinde bir artışa neden olmuş ve bu artış en fazla aşısız, kendi üzerine aşılı bitkiler ile Yula F₁ anacında gözlemlenmiştir. Buna karşılık, Hawk ve Hercules gibi anaçlar daha düşük MDA düzeyleriyle zar stabilitesini korumada daha etkili bir savunma geliştirmiştir. Bu sonuçlar, Wei ve ark. (2009) tarafından rapor edilen bulgularla örtüşmektedir. Araştırmacılar kalsiyum nitrat stresine maruz kalan aşısız bitkilerde MDA düzeyinin aşılı bitkilere göre %97.6 daha yüksek olduğunu ve aşılamanın hücre zar bütünlüğünü koruma açısından etkin bir rol oynadığını belirtmektedirler. Benzer şekilde Aydın (2024) domateste tuz stresi altında aşısız bitkilerde MDA içeriğinin en üst seviyeye çıktığını, aşılı bitkilerde ise önemli düzeyde azaldığını bildirmektedir. Talhouni ve ark. (2019) ise farklı patlıcan anaçları ile yaptıkları çalışmada tuz stresinin tüm kombinasyonlarda MDA seviyelerini artırdığını, ancak aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilerde bu artışın daha belirgin olduğunu, Raziq ve ark. (2022) ise domateste tuz stresi uzadıkça MDA içeriğinin dramatik şekilde arttığını ileri sürmektedirler. Özden ve ark. (2025) tarafından yürütülen bir diğer çalışmada da MDA düzeyinin tuzlu koşullarda en yüksek seviyelere ulaştığını ve bu artışın stresin şiddetiyle doğru orantılı olduğunu vurgulanmaktadır. MDA içeriğindeki artış antioksidan sistemin yetersiz kaldığı bitkilerde hücresel düzeyde zararın daha fazla olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, bu çalışmada Hawk ve Hercules gibi anaçlarla aşılanan bitkilerin daha düşük MDA düzeylerine ve yüksek antioksidan enzim aktivitesine sahip olması, bu kombinasyonların ROS birikimini sınırlandırabildiğini ve

zar stabilitesini koruyabildiğini ortaya koymaktadır. Genel olarak değerlendirildiğinde denemede elde edilen bulgular literatürdeki sonuçlarla yüksek düzeyde uyumlu olduğunu ve tuz stresi altında anaç seçiminin yalnızca antioksidan aktiviteyi değil, aynı zamanda hücre zar bütünlüğünü de korumada kritik bir faktör olduğunu göstermektedir.



Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.6. Tuz stresi ve aşılamının patlıcanda MDA düzeyine etkisi ($\mu\text{M/g}$ /FW)

4.1.9. Tuz stresi ve aşılamının patlıcan yapraklarında prolin içeriğine etkisi

Prolin, bitkilerde stres koşullarında biriken ve ozmotik düzenleme, hüresel stabilite ve reaktif oksijen türlerinin temizlenmesi gibi yaşamsal işlevleri olan önemli bir osmolittir. Şekil 4.7’de yer alan verilere göre NaCl uygulamaları, anaç farklılıkları ve bu iki faktörün etkileşimi prolin birikimi üzerinde istatistiksel olarak yüksek düzeyde önemli farklılıklar oluşturmuştur ($p < 0,001$). Elde edilen bulgular, artan tuz konsantrasyonlarının prolin içeriğini doza bağlı olarak belirgin şekilde artırdığını göstermektedir. Kontrol koşullarında ortalama prolin içeriği $289.81 \mu\text{g}$ olarak belirlenmiş, 25 mM NaCl uygulamasında bu değer %116.8 artarak $628.56 \mu\text{g}$ ’a, 50 mM NaCl uygulamasında ise %229.5 artışla $954.95 \mu\text{g}$ ’a yükselmiştir. Kontrol ortamında anaçlar arasında yüksek farklar oluşmamış, en düşük prolin düzeyi $257.28 \mu\text{g}$ ile aşısız bitkilerde, en yüksek ise $315.89 \mu\text{g}$ ile Hercules anacında ölçülmüştür. Hawk ($295.33 \mu\text{g}$), AGR 703 F₁ ($305.89 \mu\text{g}$) ve AG38R F₁ ($301.17 \mu\text{g}$) anaçları orta düzeyde prolin içeriğine sahip olmuşlardır. Aşısız bitkilerin kontrol koşullarındaki prolin düzeyi, Hercules’e kıyasla %18.6 daha düşük bulunmuştur. 25 mM NaCl uygulamasında tüm

anaçlarda prolin içeriği anlamlı düzeyde artmış, en yüksek prolin birikimi 851.72 µg ile Hercules anacında gözlenmiş, bunu Hawk (845.33 µg) ve Boğaç (778.67 µg) anaçları takip etmiştir. Yula F₁ (506.72 µg), KingKong F₁ (566.44 µg) ve aşısız bitkiler (466.72 µg) daha düşük prolin içeriğine sahip olmuşlardır. 50 mM NaCl uygulamasında prolin birikimi daha da artmış ve stresin şiddetini yansıtır şekilde bazı anaçlarda oldukça yüksek düzeylere ulaşmıştır. En yüksek prolin birikimi 1237.28 µg ile Hercules anacında kaydedilmiş, Hawk (1203.39 µg) ve Boğaç (1189.78 µg) anaçları benzer şekilde yüksek düzeyde prolin içeriğine ulaşmışlardır. Bu anaçlarda kontrol koşullarına göre sırasıyla %291.5, %307.3 ve %296.3 oranında artışlar gözlenmiştir. Yula F₁ (832.56 µg), aşısız (792.00 µg) ve kendi üzerine aşılı (798.39 µg) bitkilerde prolin artışı daha sınırlı düzeyde kalmıştır. Anaç ortalamaları dikkate alındığında, Hercules (801.63 µg), Hawk (781.35 µg) ve Boğaç (756.17 µg) anaçları yüksek prolin düzeyleriyle öne çıkarken, aşısız (505.33 µg) ve kendi üzerine aşılı (515.98 µg) bitkiler ile Yula F₁ (542.37 µg) anacı en düşük ortalama değerlere sahip olmuşlardır. Hercules anacının ortalama prolin içeriği, aşısız bitkilere göre %58.6 daha yüksek gerçekleşmiştir. Bu sonuçlar, NaCl uygulamalarının prolin birikimini önemli ölçüde teşvik ettiğini ve bunun doza bağlı olarak arttığını göstermektedir. Ancak, prolin birikiminin her zaman tolerans göstergesi olmadığı da dikkate alınmalıdır. Özellikle Hercules ve Hawk gibi anaçlarda yüksek prolin düzeyleri stresle başa çıkma kapasitesine işaret edebilirken, aşısız ve düşük toleranslı anaçlarda da benzer artışlar gözlenmiştir. Bu da birikimin aynı zamanda stres şiddetinin ve hücrel hasarın bir yansıması olabileceğini düşündürmektedir.

Tuz stresi koşullarında osmotik dengenin bozulması osmolitik bileşiklerin birikimini tetikler. Bu bileşiklerden biri olan prolin stres toleransında kritik rol oynar. Çalışmada NaCl uygulamalarıyla birlikte patlıcan yapraklarında prolin içeriğinde anlamlı düzeyde artışlar gözlenmiş, bu artışlar artan tuz konsantrasyonları ile doğru orantılı olarak ilerlemiştir. Özellikle 50 mM NaCl uygulamasında prolin düzeyinde %229.5 oranında bir artış meydana gelmiş; en yüksek prolin birikimi ise Hercules, Hawk ve Boğaç anaçlarında saptanmıştır. Buna karşılık, aşısız bitkilerde, kendi üzerine aşılı kombinasyonlarda ve Yula F₁ anacında prolin birikimi daha sınırlı düzeylerde gerçekleşmiştir. Bu sonuçlar, prolinin yalnızca bir stres belirtici değil, aynı zamanda bitkinin stresle başa çıkma kapasitesini yansıtan önemli bir osmotik dengeleyici

olduğunu göstermektedir. Sanwal ve ark. (2022) tarafından yapılan çalışmada da benzer şekilde, yüksek tuzluluk koşullarında aşılı bitkilerde prolin birikiminin daha yüksek düzeylerde gerçekleştiği ve bunun bitkinin osmotik savunma mekanizmalarını etkin şekilde kullandığını ortaya koyduğu belirtilmiştir. Aynı şekilde, Wu ve ark. (2020), farklı patlıcan genotiplerinde tuz uygulamasının ardından tüm çeşitlerde prolin birikiminin arttığını, ancak bu artışın stres toleransı yüksek genotiplerde daha belirgin olduğunu belirlemişlerdir. Bu çalışmada da Hercules ve Hawk gibi tolerant anaçlar yüksek prolin düzeyleri ile öne çıkarken, aşısız ve düşük toleranslı kombinasyonlarda prolin artışı daha zayıf kalmıştır. Raziq ve ark. (2022), prolinin yalnızca osmotik düzenleme değil, aynı zamanda serbest radikal süpürme ve enzim stabilizasyonu gibi çok yönlü koruyucu roller üstlendiğini ve stres süresinin uzamasıyla birlikte yaprak ve kök dokularında prolin birikiminin önemli düzeyde arttığını, Aydın (2024), domateste tuz stresine karşı en yüksek prolin düzeyinin aşı kombinasyonlarında gözlendiğini ve bu artışın stresle başa çıkma kapasitesine olumlu katkı yaptığını belirlemişlerdir. Özden ve ark. (2025) tuz stresinin şiddetiyle prolin birikimi arasında güçlü bir pozitif ilişki olduğunu bildirmektedirler. Genel olarak değerlendirildiğinde, çalışmadan elde edilen bulgular literatürde bildirilen verilerle yüksek düzeyde örtüşmekte ve tuz stresi altında prolin birikiminin hem stresin şiddetine hem de genotipik dayanıklılığa bağlı olarak farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Aşı kombinasyonlarının stres koşullarında prolin birikimini daha kontrollü ve etkili şekilde yönetmesi, bu kombinasyonların stres toleransı açısından avantaj sağladığını ve osmotik dengeyi korumada önemli bir araç sunduğunu ortaya koymaktadır.

4.1.10. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcan yapraklarında hidrojen peroksit (H₂O₂) düzeyine etkisi (µM/g/FW)

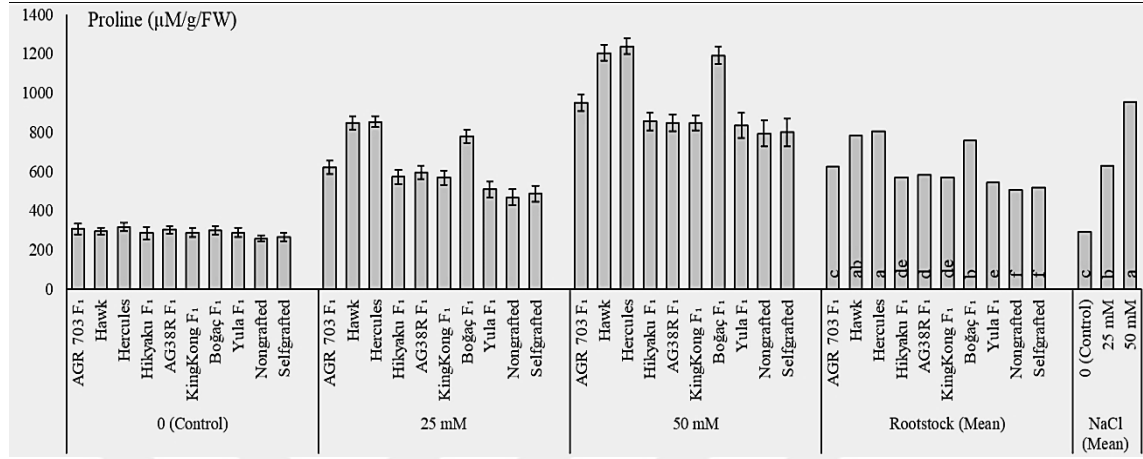
Hidrojen peroksit (H₂O₂) içeriği, uygulanan tuz düzeyleri, anaçlar ve bu iki faktörün interaksyonu açısından istatistiksel olarak yüksek düzeyde önemli farklılıklar göstermiştir (p <0,001). Elde edilen bulgular, NaCl konsantrasyonundaki artışla birlikte H₂O₂ düzeylerinin belirgin şekilde yükseldiğini ve bunun oksidatif stres göstergesi olarak bitki fizyolojisi üzerinde potansiyel zararlı etkiler oluşturduğunu ortaya koymaktadır (Şekil 4.8). Kontrol koşullarında ortalama H₂O₂ içeriği 62.06 µM/g olarak

ölçülmüştür. 25 mM NaCl uygulamasında bu değer %48.1 artışla 91.92 $\mu\text{M/g}$ 'ye, 50 mM NaCl uygulamasında ise %100.4 artışla 124.36 $\mu\text{M/g}$ 'ye yükselmiştir. Kontrol ortamında, anaçlar arasında belirgin farklılıklar görülmemekle birlikte, en düşük H_2O_2 değeri 59.50 $\mu\text{M/g}$ ile Hawk anacında, en yüksek değer ise 64.22 $\mu\text{M/g}$ ile Hikyaku F₁ anacında gözlenmiştir. Aşısız bitkilerde bu değer 60.89 $\mu\text{M/g}$, kendi üzerine aşılı bitkilerde ise 60.61 $\mu\text{M/g}$ olarak ölçülmüştür. Hawk anacına kıyasla aşısız bitkilerde H_2O_2 düzeyi %2.3, kendi üzerine aşılı bitkilerde ise %1.9 daha yüksek bulunmuştur. Bu düzeylerde gözlenen sınırlı farklılıklar, stresin henüz başlangıç aşamasında olduğunu göstermektedir. 25 mM NaCl uygulamasında, H_2O_2 birikimi tüm anaçlarda artmış, AGR 703 F₁ anacında H_2O_2 içeriği %28.2 artarak 79.50 $\mu\text{M/g}$ 'ye, Hawk anacında ise %20.5 artarak 71.72 $\mu\text{M/g}$ 'ye yükselmiştir. En yüksek değerler 115.34 $\mu\text{M/g}$ ile Yula F₁ anacında ve 115.33 $\mu\text{M/g}$ ile aşısız bitkilerde ölçülmüştür. Bu değerler, kontrol düzeylerine kıyasla sırasıyla %85.9 ve %89.4 artış anlamına gelmektedir. Kendi üzerine aşılı bitkilerde ise H_2O_2 düzeyi %77.5 artarak 107.55 $\mu\text{M/g}$ 'ye çıkmıştır. Bu sonuçlar, aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilerin H_2O_2 birikimini sınırlamakta yetersiz kaldığını ve tuz stresine karşı savunma sistemlerinin daha zayıf olduğunu göstermektedir. 50 mM NaCl uygulaması, H_2O_2 düzeylerinde daha da çarpıcı artışlara yol açmıştır. Aşısız bitkilerde H_2O_2 içeriği 159.78 $\mu\text{M/g}$ 'ye çıkararak kontrol düzeyine göre %162.4 artış göstermiştir. Kendi üzerine aşılı bitkilerde bu artış %156.3 olup 155.33 $\mu\text{M/g}$ 'ye ulaşmıştır. Benzer şekilde, Yula F₁ anacında %143.2'lik artışla 150.89 $\mu\text{M/g}$ 'ye ulaşılmıştır. Bu yüksek birikim düzeyleri, bu aşı kombinasyonlarının oksidatif stres baskısını tolere edemediğini ve H_2O_2 'yi etkili şekilde detoksifiye edemediğini göstermektedir. Buna karşın, Hercules anacında H_2O_2 içeriği 96.44 $\mu\text{M/g}$ düzeyinde kalmış ve bu da kontrol değerine göre %56.2'lik bir artışı ifade etmiştir. Hawk ve AGR 703 F₁ anaçlarında ise H_2O_2 düzeyi sırasıyla %67.6 ve %91 artarak 99.78 ve 118.39 $\mu\text{M/g}$ 'ye yükselmiştir. Bu veriler, özellikle Hercules ve Hawk anaçlarının H_2O_2 birikimini daha sınırlı tutabildiğini göstermekte ve bu anaçların daha güçlü antioksidan savunma mekanizmalarına sahip olduğunu düşündürmektedir. Anaç ortalamaları incelendiğinde, en düşük H_2O_2 içeriği 77.00 $\mu\text{M/g}$ ile Hawk anacında ve 77.09 $\mu\text{M/g}$ ile Hercules anacında ölçülmüştür. Buna karşılık en yüksek ortalamalar 112.00 $\mu\text{M/g}$ ile aşısız bitkilerde, 109.41 $\mu\text{M/g}$ ile Yula F₁ ve 107.83 $\mu\text{M/g}$ ile kendi üzerine aşılı bitkilerde ölçülmüştür. Hawk anacı ile aşısız bitkiler ie karşılaştırıldığında H_2O_2

içeriğinin %45.5 daha düşük olduğu görülmektedir. Benzer şekilde, kendi üzerine aşılı bitkilere göre de Hawk anacı %47.2 oranında daha düşük birikim sergilemiştir. NaCl düzeylerinin ortalamaları göre 0 mM NaCl uygulamasında 62.06 $\mu\text{M/g}$, 25 mM NaCl uygulamasında 91.92 $\mu\text{M/g}$ (%48.1 artış) ve 50 mM NaCl uygulamasında 124.36 $\mu\text{M/g}$ (%100.4 artış) olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak, artan NaCl konsantrasyonları H_2O_2 birikimini ciddi şekilde artırarak bitkilerde oksidatif stres yükünü yükseltmiş, bu da özellikle Yula F₁ anacı ile aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilerde yüksek düzeyde H_2O_2 birikimiyle kendini göstermiştir. Buna karşın, Hercules ve Hawk gibi anaçlar daha düşük H_2O_2 düzeyleri ile stres koşullarında daha iyi bir oksidatif denge sağlayarak potansiyel olarak daha dayanıklı anaçlar olarak dikkat çekmişlerdir.

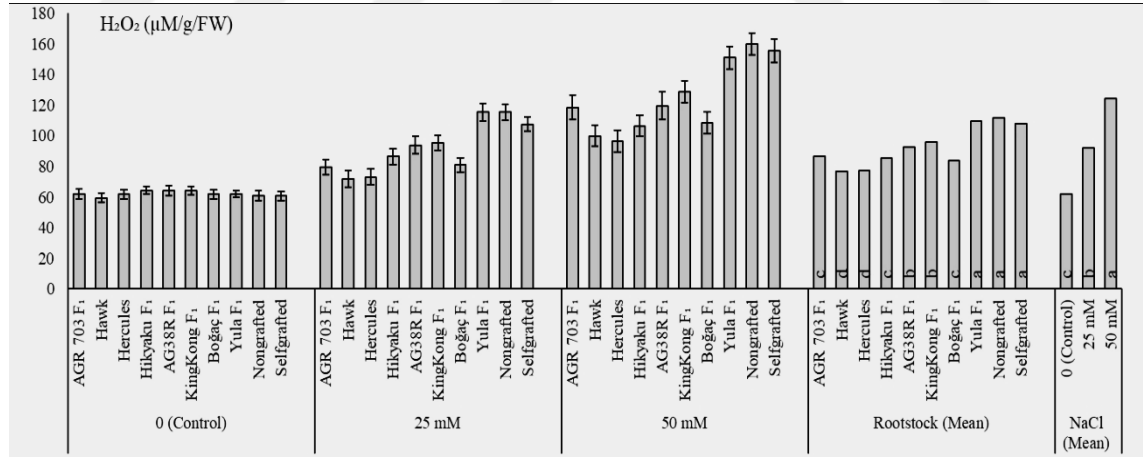
Bitkilerde stres ortamında H_2O_2 düşük düzeylerde sinyal iletiminde görev alırken, yüksek düzeylerde hücre yapılarında oksidatif hasara yol açmaktadır. Denemede artan NaCl konsantrasyonlarına paralel olarak H_2O_2 düzeylerinde de belirgin bir artış gözlenmiş, özellikle 50 mM NaCl uygulaması ile H_2O_2 birikiminin kontrol düzeyine göre %100'ün üzerinde arttığı tespit edilmiştir. Kontrol bitkileri ve tuza hassas anaçlar üzerine aşılana bitkilerde bu yükseliş en fazla gerçekleşmiştir. Hawk ve Hercules gibi bazı anaçlar daha düşük H_2O_2 düzeyleri ile dikkat çekmiş; bu da bu anaçların oksidatif dengeyi daha iyi sağlayabildiğini ve güçlü bir antioksidan savunma sistemine sahip olduklarını göstermektedir. Bu bulgu, Wei ve ark. (2009) tarafından rapor edilen sonuçlarla da örtüşmektedir. Araştırmacılar, kalsiyum nitrat stresi altında aşısız fidelerde H_2O_2 birikiminin aşılı fidelerden %109.9 daha yüksek olduğunu, Aydın (2024) ise tuz stresine maruz kalan domates bitkilerinde H_2O_2 düzeylerinin anlamlı şekilde arttığını, ancak bu artışın aşılı bitkilerde daha sınırlı olduğunu, Raziq ve ark. (2022) stres süresinin ilerlemesiyle birlikte yapraklarda %57.18 oranında H_2O_2 artışı olduğunu belirtmektedirler. Aynı şekilde, Özden ve ark. (2025) tarafından yürütülen bir çalışmada da tuzluluk derecesi arttıkça H_2O_2 içeriğinin yükseldiği ve bu artışın oksidatif stresle doğrudan ilişkili olduğu ifade edilmiştir. H_2O_2 düzeyindeki artış, ROS birikiminin yanı sıra antioksidan savunma mekanizmalarının yetersiz kaldığı kombinasyonlarda daha da belirginleşmektedir. Nitekim bu çalışmada, aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilerde H_2O_2 içeriği %150'nin üzerinde artarken, Hercules ve Hawk anaçlarında bu artış %60–70 düzeyinde kalmıştır. Genel olarak değerlendirildiğinde, elde edilen veriler literatürdeki bulgularla uyumlu olup, artan tuz stresi ile birlikte bitkilerde H_2O_2 birikiminin

yükseldiğini, ancak anaç seçiminin bu birikimi sınırlamada belirleyici olduğunu göstermektedir.



Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.7. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda prolin içeriğine ($\mu\text{M/g}$ /FW)



Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.8. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda H₂O₂ içeriğine etkisi ($\mu\text{M/g}$ /FW)

4.1.11. Tuz stresi ve aşılanmanın patlıcan yapraklarında makro besin elementi içeriğine etkisi

Fosfor (P, mg/100g):

Çalışmada farklı anaçlar üzerine aşılanan patlıcanlara uygulanan tuz stresinin ve aşılama işleminin yaprak P içeriğine etkisi Çizelge 4.6'da sunulmuş olup, uygulamalar arasında istatistiksel olarak yüksek derecede anlamlı farklar belirlenmiştir (**P=0.000; ***). Bu durum hem tuz stresinin hem de anaçların P düzeyini anlamlı şekilde etkilediğini ortaya koymaktadır. Kontrol koşullarında en yüksek yaprak P içeriği Boğaç F₁ (376.29 mg/100g) anacında ölçülmüş ve onu Hercules (371.57 mg/100g), Hawk (348.89 mg/100g) ve Hikyaku F₁ (330.42 mg/100g) anaçları izlemiştir. Bu anaçlar, P alımı açısından üstün performans göstermiştir. Aşısız (227.03 mg/100g) ve kendi üzerine aşıllı bitkiler (234.95 mg/100g) bu güçlü anaçların gerisinde kalmıştır. En düşük P içeriği Yula F₁ ve AGR 703 F₁ anaçlarında ölçülmüştür. Orta düzeyde tuz stresinde (25 mM NaCl), genel olarak tüm anaçlarda yaprak P içeriğinde azalma meydana gelmiş, bazı anaçlar bu azalmaya karşı daha toleranslı bir performans sergilemiştir. Hawk (310.49 mg/100g) ve Hercules (271.19 mg/100g) anaçları yüksek P seviyesini koruyarak dikkat çekmiştir. Buna karşın, AG38R F₁ (190.99 mg/100g), Yula F₁ (199.29 mg/100g) ve AGR 703 F₁ (214.72 mg/100g DW) gibi anaçlarda düşüş daha belirgin olmuştur. Aşısız (224.60 mg/100g) ve kendi üzerine aşıllı (218.23 mg/100g) bitkilerin P içerikleri de üstün anaçların altında kalmıştır. Yüksek tuz stresi (50 mM NaCl) koşullarında P içeriğinde ciddi bir azalma meydana gelmiştir. En düşük P içeriği Yula F₁ (78.88 mg/100g), kendi üzerine aşıllı (81.47 mg/100g) ve AGR 703 F₁ (88.09 mg/100g) bitkilerinde kaydedilmiştir. Hawk (159.57 mg/100g), Boğaç F₁ (159.47 mg/100g) ve Hercules (189.73 mg/100g) anaçları ise yüksek tuz stresi altında hem kontrol grubu bitkilere hem de diğer anaçlara göre yüksek P düzeylerini koruyarak dikkat çekmiştir. Aşısız bitkilerde (89.63 mg/100g) ve kendi üzerine aşıllı bitkilerde (81.47 mg/100g) P düzeyleri oldukça düşük kalmıştır.

Tuz stresi ve aşı uygulamalarının ortalama etkileri incelendiğinde (Çizelge 4.6), NaCl düzeyindeki artışa paralel olarak P içeriğinde belirgin bir azalma gözlenmiştir. En yüksek ortalama P içeriği 284.10 mg/100g ile NaCl uygulanmayan kontrol koşullarında

elde edilirken, 25 mM NaCl uygulamasında 235.46 mg/100g, 50 mM NaCl düzeyinde ise 113.25 mg/100g'a kadar düşmüştür. Bu azalma, artan tuz stresinin P alımını lineer biçimde olumsuz etkilediğini ve bitki beslenmesi üzerinde baskı oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Anaç ortalamaları dikkate alındığında, Hercules, Hawk ve Boğaç F₁ en yüksek P içeriğini sağlayarak P alımı açısından en başarılı anaçlar olmuştur. Bu anaçların güçlü kök sistemleri sayesinde stres koşullarında dahi yüksek düzeyde beslenmeyi sürdürebildikleri düşünülmektedir. Hikyaku F₁ orta düzeyde, AGR 703 F₁, AG38R F₁ ve KingKong F₁ ise daha düşük düzeyde P birikimi göstermiştir. En düşük P içeriği Yula F₁ anacında saptanmıştır. Aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkiler de zayıf anaçlarla benzer sonuçlar vermiştir. Bu durum, güçlü anaçların P alımını artırmadaki önemini göstermektedir.

Potasyum (K, mg/100g):

Çalışmada farklı anaçlara aşılana patlıcan bitkilerine uygulanan tuz stresinin ve aşılama işleminin yaprak K içeriğine etkisi Çizelge 4.6'da verilmiş olup, uygulamalar arasında istatistiksel olarak yüksek derecede anlamlı farklılıklar saptanmıştır (**P=0,000; ***). Bu durum hem NaCl uygulamasının hem de anaçların K düzeyini önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymaktadır. Kontrol koşullarında en yüksek yaprak K içeriği Hercules (526,22 mg/100g) anacında ölçülmüş, ardından Hikyaku F₁ (497.92 mg/100g) ve AGR 703 F₁ (495.57 mg/100g) gelmiştir. Bu anaçlar K alımı açısından yüksek performans sergilemiştir. Aşısız (405.23 mg/100g) ve kendi üzerine aşılı (402.27 mg/100g) bitkiler ise daha düşük K düzeylerine sahip olmuştur. Yula F₁ (424.16 mg/100g) ve KingKong F₁ (406.94 mg/100g) anaçları da düşük gruba yakın sonuçlar vermiştir. Orta düzey tuz stresinde (25 mM NaCl), tüm anaçlarda K içeriğinde düşüş gözlenmiştir. Ancak Hercules (487.84 mg/100g), Hawk (430.60 mg/100g) ve AGR 703 F₁ (440.85 mg/100g) gibi anaçlar daha yüksek K içeriği oluşturmuşlardır. Buna karşın Yula F₁ (354.88 mg/100g), aşısız (343.87 mg/100g) ve kendi üzerine aşılı (339.67 mg/100g) bitkilerde düşüş daha belirgin hale gelmiştir. Yüksek tuz stresinde (50 mM NaCl) K içeriği daha da azalmış, özellikle kendi üzerine aşılı (232.11 mg/100g), aşısız (252.96 mg/100g) ve Yula F₁ (258.88 mg/100g) en düşük K içeriğine sahip olmuşlardır. Hercules (403.57 mg/100g), Hawk (393.28 mg/100g) ve AG38R F₁

(385.94 mg/100g) anaçları ise stres koşullarında dahi yüksek K seviyelerini koruyarak dikkat çekmiştir.

Tuz stresi ve aşılama uygulamalarının ortalama etkileri değerlendirildiğinde, NaCl düzeyindeki artışla birlikte K içeriğinde belirgin ve lineer bir azalma görülmüştür. En yüksek ortalama K içeriği kontrol koşullarında (458.07 mg/100g) ölçülmüş, 25 mM NaCl'de bu değer 401.95 mg/100g'ye, 50 mM NaCl'de ise 330.71 mg/100g'ye düşmüştür. Bu durum, artan tuz stresinin K alımını anlamlı biçimde sınırladığını göstermektedir. Anaç ortalamalarına göre, Hercules (472.54 mg/100g) en yüksek K içeriğine ulaşarak en başarılı anaç olmuştur. Onu AGR 703 F₁ (431.19 mg/100g) ve Hawk (429.18 mg/100g) anaçları izlemiştir. Buna karşılık, KingKong F₁ (367.45 mg/100g), Yula F₁ (345.97 mg/100g), aşısız (334.02 mg/100g) ve kendi üzerine aşılı (324.68 mg/100g) bitkiler daha düşük K içerikleriyle dikkat çekmiştir.

Kalsiyum (Ca, mg/100g):

Tuz stresi ve aşılama Ca içeriğini önemli düzeyde etkilemiştir (P=0.000; ***) (Çizelge 4.6). Kontrol koşullarında en yüksek yaprak Ca içeriği Hawk (272.74 mg/100g) ve KingKong F₁ (262.90 mg/100g) anaçlarında ölçülmüş, Hikyaku F₁ (258.67 mg/100g) ve Hercules (259.93 mg/100g) anaçları da yüksek Ca seviyeleriyle dikkat çekmiştir. Kendi üzerine aşılı (221.61 mg/100g) ve aşısız (233.77 mg/100g) bitkiler ise diğer anaçlara kıyasla daha düşük Ca içeriğine sahip olmuştur. Orta düzey tuz stresinde (25 mM NaCl), yaprak Ca içeriğinde genel bir azalma gözlenmiştir. Bu koşullarda Hawk (231.40 mg/100g) ve Hikyaku F₁ (233.01 mg/100g) anaçları nispeten yüksek Ca düzeylerini korurken, Hercules (195.15 mg/100g) ve KingKong F₁ (194.73 mg/100g) gibi anaçlarda daha belirgin bir düşüş gerçekleşmiştir. Aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkiler ise benzer şekilde düşük değerler sergilemiştir. Yüksek tuz stresi (50 mM NaCl) uygulamasında Ca içeriğinde ciddi bir azalma meydana gelmiş, özellikle Yula F₁ (108.88 mg/100g), KingKong F₁ (129.34 mg/100g), aşısız (137.26 mg/100g) ve kendi üzerine aşılı (131,96 mg/100g) bitkilerde en düşük Ca seviyeleri kaydedilmiştir. Buna karşın Hawk (171.90 mg/100g) ve Hikyaku F₁ (177.20 mg/100g) anaçları stres koşullarında daha yüksek Ca içeriği oluşturmuşlardır.

Uygulamaların ortalama etkileri değerlendirildiğinde, tuz stresinin artmasıyla yaprak Ca içeriğinde lineer bir azalma gözlenmiştir. En yüksek ortalama Ca içeriği kontrol koşullarında (249.78 mg/100g) llmştir. Anaç ortalamalarına göre, Hawk (225.35 mg/100g) ve Hikyaku F₁ (222.96 mg/100g) anaçları kalsiyum alımında en başarılı anaçlar olurken, AGR 703 F₁ (216.41 mg/100g), Hercules (208.77 mg/100g) ve Boğaç F₁ (208.20 mg/100g) anaçları da yüksek Ca seviyeleriyle ne kmiflerdir. Yula F₁ (183.03 mg/100g), kendi üzerine aşılı (186.92 mg/100g) ve aşısız (193.31 mg/100g) bitkiler ise düşük Ca içerikleriyle dikkat çekmişlerdir.

Magnezyum (Mg, mg/100g):

Yaprak Mg içeriği hem tuz stresi hem de aşılamadan önemli düzeyde etkilenmiştir (P=0.000; ***), (izelge 4.6). Kontrol ortamında Hawk (167.10 mg/100g), Hercules (162.50 mg/100g) ve Boğaç F₁ (150.65 mg/100g) en yüksek Mg içeriğini sağlamış, aşısız, (122.35 mg/100g) ve kendi üzerine aşılı (106.34 mg/100g) bitkiler, diğer anaçlara göre daha düşük Mg birikimi oluşturmuşlardır. Orta düzey tuz stresi (25 mM NaCl) altında Hawk (140.35 mg/100g) ve Hercules (140.51 mg/100g) anaçları en iyi performansı gösterirken, Yula F₁ (95.58 mg/100g) ve kendi üzerine aşılı (94.94 mg/100g) bitkilerde belirgin bir düşüş yaşanmıştır. Genel olarak, 25 mM NaCl uygulaması yaprak Mg içeriğinde kontrol koşullarına göre azalma yaratmıştır. Yüksek tuz stresi (50 mM NaCl) koşullarında Mg içeriğinde daha şiddetli bir azalma gerçekleşmiş, Hawk (119.45 mg/100g) ve Hercules (106.73 mg/100g) anaçları, diğer anaçlara kıyasla Mg içeriğini daha iyi korurken, AGR 703 F₁ (90.82 mg/100g), Yula F₁ (81.45 mg/100g), aşısız (88.15 mg/100g) ve kendi üzerine aşılı (85.68 mg/100g) bitkilerde Mg içeriği en düşük düzeyde gerçekleşmiştir.

Anaç ortalamaları değerlendirildiğinde, Hawk (142.30 mg/100g) ve Hercules (136.58 mg/100g) anaçları Mg birikiminde üstün performans göstermiştir. Boğaç F₁ (124.68 mg/100g) ve Hikyaku F₁ (117.39 mg/100g) anaçları da üstün sonuçlar vermiştir. Buna karşılık, Yula F₁ (98.23 mg/100g), AG38R F₁ (100.66 mg/100g), kendi üzerine aşılı (95.65 mg/100g) ve aşısız (107.12 mg/100g) bitkiler düşük Mg içerikleriyle zayıf performans göstermiştir. NaCl konsantrasyonunun ortalama etkisine bakıldığında, Mg içeriği 0 mM'da 131.47 mg/100g iken, 25 mM'de 118.09 mg/100g ve 50 mM'de 95.00

mg/100g'a kadar düştüğü, tuz stresinin Mg alımını önemli ölçüde engellediği ve bitki beslenmesi üzerinde negatif bir baskı oluşturduğu anlaşılmaktadır.

Patlıcanda tuz stresine karşı aşılamanın makro besin elementleri (P, K, Ca, Mg) üzerine önemli düzeyde etki etmiş, tuz stresi uygulaması besin elementlerinin alımını azaltırken anaçlara bağlı olarak değişmekle beraber, özellikle tolerant anaçlar üzerine aşılama gerek tuz stresi koşullarında gerekse de tuz stresi uygulanmayan koşullarda makro besin elementi alımını aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilere göre önemli düzeyde artırmıştır. Özellikle Hawk ve Hercules orta ve yüksek tuzluluk seviyelerinde dahi yapraklarda yüksek P ve Mg içeriklerini sürdürmesi tolerant anaçların kök sisteminin besin elementlerini alma ve taşımadaki etkinliğini ortaya koymaktadır. Çalışmada Ca alımı yüksek tuzlulukta en çok baskılanan elementlerden biri olmuş; ancak Hawk, Hikyaku F₁ ve AGR 703 F₁ gibi anaçların Ca alımında önemli üstünlük sağladığı ve bu elementin stres altında alımında anaç seçiminin önemini ortaya koymaktadır. Literatürde bu bulgular Talhouni ve ark. (2019) tarafından da desteklenmekte; aşılı kombinasyonların Na⁺ ve Cl⁻ birikimini sınırlayarak K⁺ ve Ca²⁺ alımını artırabildiği, özellikle Köksal ve AGR703 gibi anaçların iyon homeostazını başarıyla sağladığını vurgulanmaktadır. Benzer şekilde Kiran ve ark. (2018), aşılı bitkilerde Na⁺ ve Cl⁻ birikiminin düştüğünü; buna karşın K⁺ ve Ca²⁺ düzeylerinin yükseldiğini, bu durumun tolerant anaçlar üzerine aşılamanın toksik iyonlara karşı koruyucu bir filtre işlevi gördüğünü belirtmektedirler. Kuşvuran ve ark. (2021)'da kavunda aşılamanın Na ve Cl birikimini önemli oranda düşürürken K ve Ca düzeylerini artırdığını, dolayısıyla iyon dengesini koruma konusunda etkili olduğunu bildirmişlerdir. Sabatino ve ark. (2013) ise aşılamanın özellikle kalsiyum ve demir gibi yararlı elementlerin meyvede artışına, Na ve Mg gibi toksik veya istenmeyen minerallerin ise azalmasına neden olduğunu, Shehata ve ark. (2022) farklı anaçların farklı besin elementlerinin yaprak içeriği üzerinde önemli etkiler yarattığını ve bu etkinin tuzluluk şiddetiyle birlikte değişkenlik gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Ayrıca, Brenes ve ark. (2020) S. torvum gibi tolerant anaçlar üzerine aşılamanın Na birikimini sınırlandırarak K alımını daha iyi koruyabildiğini, bu sayede iyon homeostazının sürdürülebildiğini belirtmektedirler. Semiz ve Suarez (2019) ise aşılamanın tuz stresi altında meyve verimini artırmasının esas nedeninin Na birikiminin azaltılması ve bununla birlikte Ca ve K alımının artırılması olduğunu vurgulamaktadırlar.

Çizelge 4.6. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcan yapraklarında makro besin elementi içeriğine etkisi (mg/100 g, D.W.)

NaCl	Anaçlar	P	K	Ca	Mg
0 (Kontrol)	AGR 703 F ₁	231.77±5.79	495.57±7.79	253.66±6.00	116.88±5.65
	Hawk	348.89±9.57	463.67±6.35	272.74±7.18	167.10±6.33
	Hercules	371.57±9.61	526.22±6.90	259.93±6.51	162.50±5.74
	Hikyaku F ₁	330.42±8.77	497.92±8.60	258.67±6.67	130.04±5.50
	AG38R F ₁	249.88±6.07	469.00±6.46	242.66±5.42	117.32±6.11
	KingKong F ₁	240.72±5.94	406.94±8.21	262.90±6.73	123.87±5.70
	Boğaç F ₁	376.29±9.02	489.69±6.43	253.08±6.04	150.65±5.89
	Yula F ₁	229.53±6.10	424.16±7.16	238.77±6.45	117.66±5.34
	Aşısız	227.03±6.03	405.23±7.11	233.77±6.68	122.35±5.70
	K.Ü. aşılı	234.95±5.71	402.27±7.06	221.61±7.05	106.34±5.13
25 mM	AGR 703 F ₁	214.72±5.47	440.85±6.66	226.12±5.98	121.50±6.16
	Hawk	310.49±6.06	430.60±7.28	231.40±7.03	140.35±7.00
	Hercules	271.19±7.94	487.84±9.72	195.15±6.90	140.51±6.81
	Hikyaku F ₁	243.49±5.71	411.35±6.32	233.01±5.21	120.44±8.21
	AG38R F ₁	190.99±5.23	419.76±7.53	213.50±5.59	106.43±6.89
	KingKong F ₁	224.89±7.83	375.76±5.64	194.73±4.49	124.13±5.46
	Boğaç F ₁	256.76±6.33	414.94±6.27	204.75±6.11	126.22±5.79
	Yula F ₁	199.29±6.40	354.88±7.79	201.45±6.30	95.58±3.87
	Aşısız	224.60±5.73	343.87±6.95	208.92±6.03	110.85±5.35
	K.Ü. aşılı	218.23±5.10	339.67±6.44	207.19±6.87	94.94±4.92
50 mM	AGR 703 F ₁	88.09±5.43	357.15±6.43	169.45±6.22	90.82±4.58
	Hawk	159.57±6.46	393.28±7.16	171.90±6.69	119.45±4.45
	Hercules	189.73±6.67	403.57±7.40	171.24±5.98	106.73±4.50
	Hikyaku F ₁	94.92±4.62	362.29±6.49	177.20±6.10	101.69±5.30
	AG38R F ₁	91.98±6.25	385.94±7.29	170.53±5.71	78.24±4.31
	KingKong F ₁	98.72±8.68	319.66±5.79	129.34±6.91	100.62±6.00
	Boğaç F ₁	159.47±5.95	341.22±7.24	166.76±6.89	97.19±5.38
	Yula F ₁	78.88±5.44	258.88±6.77	108.88±7.67	81.45±6.45
	Aşısız	89.63±5.79	252.96±6.06	137.26±5.75	88.15±5.14
	K.Ü. aşılı	81.47±5.15	232.11±7.11	131.96±6.36	85.68±4.88
Önem düzeyi		0.000 ***	0.000 ***	0.000 ***	0.000 ***
Ortalama (Anaç)	AGR 703 F ₁	178.19f	431.19b	216.41b	109.73e
	Hawk	272.98a	429.18bc	225.35a	142.30a
	Hercules	277.49a	472.54a	208.77c	136.58b
	Hikyaku F ₁	222.94c	423.85c	222.96a	117.39d
	AG38R F ₁	177.61f	424.90bc	208.89c	100.66f
	KingKong F ₁	188.11d	367.45e	195.65d	116.20d
	Boğaç F ₁	264.17b	415.28d	208.20c	124.68c
	Yula F ₁	169.23g	345.97f	183.03e	98.23f
	Aşısız	180.42f	334.02g	193.31d	107.12e
	K.Ü. aşılı	178.21f	324.68h	186.92e	95.65f
		***	***	***	***
Ortalama (NaCl)	0 (Kontrol)	284.10a	458.07a	249.78a	131.47a
	25 mM	235.46b	401.95b	211.62b	118.09b
	50 mM	113.25c	330.71c	153.45c	95.00c
		***	***	***	***

Aynı harf ile gösterilen ortalamalar, Duncan çoklu karşılaştırma testine göre istatistiksel olarak anlamlı fark göstermemektedir ($P \leq 0.05$). *** uygulamalar arasındaki farkın $P < 0.001$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli olduğunu ifade etmektedir.

4.1.12. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcan yapraklarında sodyum (Na) içeriği (mg/100g) ve K/Na ile Ca/Na oranlarına etkisi

Tuz stresi patlıcan yapraklarında önemli düzeyde Na birikimine neden olurken, özellikle tolerant anaçlar üzerine aşılama Na birikimin önemli ölçüde azaltmıştır. Na birikimi bakımından anaçlar ve aşı kombinasyonları arasında istatistiksel olarak önemli farklar saptanmıştır ($P=0.000$) (Şekil 4.9). Kontrol koşullarında tüm anaçlar ve kontrol bitkileri arasında yapraklarda Na birikimi açısından anlamlı bir fark oluşmamıştır. Sodyum birikimi 12.27 ile 13.35 mg/100 g DW arasında sınırlı bir aralıkta seyretmiştir. 25 mM NaCl uygulamasında anaçlar arasında belirgin farklar ortaya çıkmıştır. Özellikle Hikyaku F₁ (149.77 mg/100g) ve Hawk (160.12 mg/100g) gibi anaçlar, aşısız (225.09 mg/100g) ve kendi üzerine aşı (238.39 mg/100g) bitkilere göre anlamlı şekilde daha düşük Na birikimi göstermiştir. Bu durum, bu iki üzerine aşılamanın Na⁺ alımını baskılayarak bitkide iyon toksisitesini azaltma yönünde etkili olduğunu göstermektedir. Diğer yandan, Yula F₁ (259.64 mg/100g) ve KingKong F₁ (249.43 mg/100g) gibi anaçlar üzerine aşılama bitkilerde Na birikimi kontrol bitkilerinin de üzerine çıkmıştır. Tuz düzeyinin daha da yükseldiği 50 mM NaCl ortamında yapraklardaki Na⁺ birikimi dramatik biçimde artmıştır. Ancak yine Hawk (250.84 mg/100g), Hercules (242.76 mg/100g) ve Boğaç F₁ (269.15 mg/100g) gibi anaçlar, aşısız (382.71 mg/100g) ve kendi üzerine aşı (387.43 mg/100g) kontrol bitkilerine kıyasla oldukça düşük Na birikimi ile öne çıkmıştır. Özellikle Yula F₁ (403.60 mg/100g) ve KingKong F₁ (366.93 mg/100g) ise bu dozda da en yüksek birikimi göstererek, bu anaçların tuz koşullarında Na⁺ birikimini sınırlandırmakta yetersiz olduğunu ortaya koymuştur. Tuz stresi ve aşı uygulamalarının Na birikimine etkisi Çizelge xx'de verilmiştir. Anaçların ortalama Na içerikleri incelendiğinde Hawk (141.17 mg/100g) ve Hercules (142.14 mg/100g) anaçları Na birikimi en düşük anaçlar olmuş, Yula F₁ (225.51 mg/100g) ve KingKong F₁ (209.90 mg/100g) ise anaçlar arasında Na birikimi en yüksek aşı uygulamaları olmuştur. Kontrol bitkilerinin ortalama Na içerikleri ise 206.69 mg/100g (aşısız) ve 212.70 mg/100g (kendi üzerine aşı) olarak gerçekleşmiştir. Tuz stresi uygulanmayan kontrol ortamında ortalama Na içeriği 12.58 mg/100 g iken, yaprak Na içeriği 25 mM NaCl uygulamasında 198.33 mg/100 g'a, 50 mM NaCl uygulamasında 317.25 mg/100 g'a çıkmıştır. Deneme sonuçlarına göre tuz stresi altında özellikle Hawk, Hercules,

Hikyaku F₁ ve Boğaç F₁ anaçlarının kontrol bitkilerine göre Na birikimini önemli düzeyde azalttığı, buna karşılık Yula F₁ ve KingKong F₁ anaçları kontrol bitkilerinden daha yüksek Na birikimi göstermişlerdir.

Çalışmada tuz stresi patlıcan bitkilerinde yaprak Na⁺ birikimini anlamlı ölçüde artırmış, ancak bazı tolerant anaçlar üzerine yapılan aşılama bu artışı belirgin şekilde sınırlandırmıştır. Özellikle Hawk, Hercules, Hikyaku F₁ ve Boğaç F₁ anaçları 25 ve 50 mM NaCl uygulamaları altında aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilere kıyasla çok daha düşük Na⁺ birikimi sergilemiş ve bu sayede iyon toksisitesini azaltarak bitkilerin fizyolojik dayanımını artırmıştır. Söz konusu bulgular, önceki literatür çalışmalarıyla da örtüşmektedir. Wei ve ark. (2007), aşılı patlıcanlarda sürgünlerdeki Na⁺ ve Cl⁻ birikiminin azaldığını; Bai ve ark. (2005) ve Brenes ve ark. (2020) ise Solanum torvum gibi tolerant anaçların, Na⁺ taşınımını sınırlayarak yapraklardaki birikimi düşürdüğünü ve homeostazı koruduğunu bildirmektedirler. Benzer şekilde, Sanwal ve ark. (2022) ve Semiz ve Suarez (2019) aşılı bitkilerde daha düşük yaprak Na⁺ düzeyleri ve buna bağlı olarak daha yüksek verim ilişkisi saptamıştır. Kıran ve ark. (2018) ve Talhouni ve ark. (2019) ise aşılamanın, iyon toksisitesini azaltmada etkili olduğunu göstermişlerdir. Stres çalışmalarında bitkideki K⁺/Na⁺ oranının yüksekliği, iyon homeostazının korunmasında ve tuz stresine toleransta önemli bir göstergedir. Denemede Hercules, Hikyaku F₁, AGR 703 F₁ ve Boğaç F₁ anaçları tüm tuz seviyelerinde yüksek K⁺/Na⁺ oranları sergileyerek iyon seçiciliği ve etkin taşınım mekanizmalarının bir göstergesi olmuştur. Bu durum, literatürdeki pek çok çalışmada da dile getirilmektedir. Örneğin, Yetişir ve Uygur (2010), aşılı karpuz bitkilerinde K⁺/Na⁺ oranlarının aşısız bitkilere göre daha yüksek olduğunu ve bunun bitki gelişimi açısından önemli bir etki oluşturduğunu, Balliu ve ark. (2004), domateste aşılamanın K⁺/Na⁺ oranını yükselttiğini ve tuz stresine karşı koruyucu etki sağladığını ortaya koymuşlardır. Ca²⁺/Na⁺ oranı da iyon dengesinin bir diğer belirleyici parametresi olarak değerlendirilmektedir ve denemede Hawk, Hercules, Hikyaku F₁ ve AGR 703 F₁ anaçları özellikle orta ve yüksek tuz seviyelerinde bu oranları daha yüksek tutarak, Na⁺ birikimini sınırlamış ve hücre zar stabilitesini korumuştur. Bu bulgu, Wei ve ark. (2007) ve Shehata ve ark. (2022) tarafından da desteklenmekte olup, aşılı bitkilerde Ca²⁺/Na⁺ oranlarının daha yüksek olduğu, bunun da iyon toksisitesine karşı savunma geliştirmede önemli rol oynadığı belirtilmektedir. Ayrıca, Balkaya (2016), artan tuzlulukla birlikte tüm aşılı bitkilerde K⁺/Na⁺ ve Ca²⁺/Na⁺

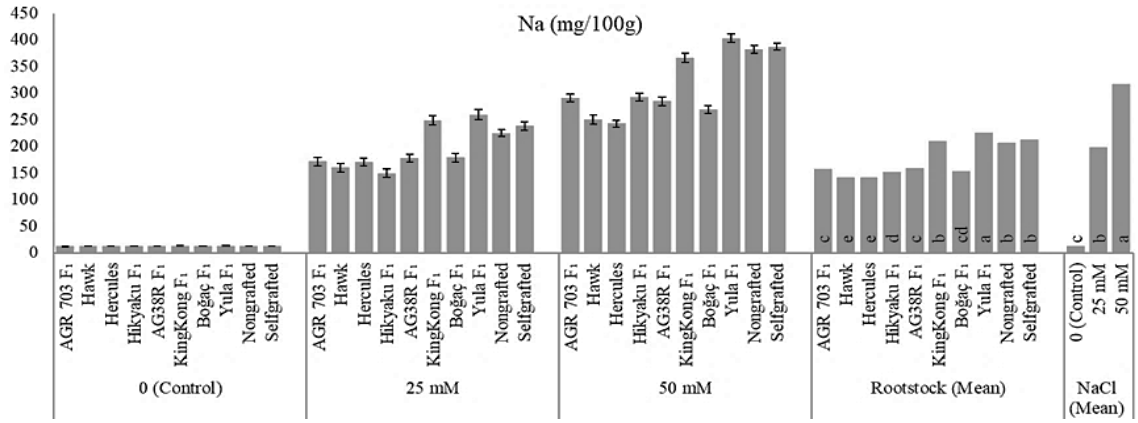
oranlarının azaldığını, ancak tolerant anaçlarda bu düşüşün daha sınırlı olduğunu vurgulamıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda tolerant anaçların, Na⁺ birikimini sınırlandırarak, K⁺ ve Ca²⁺ alımını sürdürmeleri ve iyon oranlarını dengelemede gösterdikleri üstün performans, bu genotiplerin tuz stresine karşı fizyolojik olarak daha dirençli olduklarını ortaya koymuştur. Buna karşın, Yula F₁ ve KingKong F₁ genotipleri bu yönlerden yetersiz kalmış ve stres koşullarına karşı daha savunmasız bulunmuştur. Bu bulgular, kök sisteminin iyon seçiciliği, absorpsiyon kapasitesi ve iletim kontrolünün, aşılama yoluyla bitkinin üst kısmına aktarılan stres toleransının temel belirleyicileri olduğunu bir kez daha göstermektedir.

K/Na oranları, farklı NaCl konsantrasyonlarında aşılı ve kontrol patlıcan bitkilerinin iyon dengesini ne ölçüde koruyabildiğini değerlendirmek açısından önemli bir fizyolojik gösterge niteliğindedir. Bitkilerde K/Na oranı, tuz stresine toleransın belirlenmesinde temel bir parametre olup, bu oranın yüksek olması; bitkinin Na⁺ birikimini sınırlayarak K⁺ alımını sürdürebildiğini ve iyon homeostazını daha etkin bir şekilde koruyabildiğini gösterir. Çalışmada, kontrol koşullarında tüm anaçların yüksek K/Na oranları sergilediği ve değerlerin 30.56 ile 42.07 arasında değiştiği belirlenmiştir. Özellikle Hercules (42.07), Hikyaku F₁ (40.59) ve AGR 703 F₁ (40.26) gibi anaçlar, yüksek K/Na oranlarıyla öne çıkarak iyon dengesinin korunması bakımından üstün performans göstermiştir. Buna karşılık, KingKong F₁ (30.56), Yula F₁ (31.89) ve kontrol bitkileri daha düşük oranlara sahip olmuştur. Tuz stresinin orta düzeyi olan 25 mM NaCl uygulamasında tüm genotiplerde K/Na oranlarında belirgin düşüşler meydana gelmiş, ancak bu düşüşe verilen fizyolojik yanıt anaçlar arasında farklılık göstermiştir. Hercules (2.86), Hikyaku F₁ (2.75), Hawk (2.69) ve AGR 703 F₁ (2.56) gibi anaçlar, bu düzeyde görece daha yüksek oranlarını koruyarak Na⁺ iyonlarının zararlı birikimini sınırlama ve K⁺ alımını sürdürme açısından daha dirençli bir profil ortaya koymuştur. Buna karşılık, aşısız (1.53), kendi üzerine aşılı (1.43), Yula F₁ (1.37) ve KingKong F₁ (1.51) gibi genotipler düşük K/Na oranlarıyla stres altında zayıf bir iyon düzenleme kabiliyeti sergilemiştir. 50 mM NaCl uygulamasında K/Na oranları tüm genotiplerde minimum seviyelere gerilerken, iyon homeostazı üzerindeki stres baskısı daha da artmıştır. Ancak Hercules (1.66), Hawk (1.57), AG38R F₁ (1.35) ve Boğaç F₁ (1.27) gibi anaçların, bu düzeyde dahi nispeten yüksek K/Na oranlarını sürdürebildiği görülmüştür. Bu durum, söz konusu anaçların Na⁺ birikimini baskılayarak K⁺ taşınımını

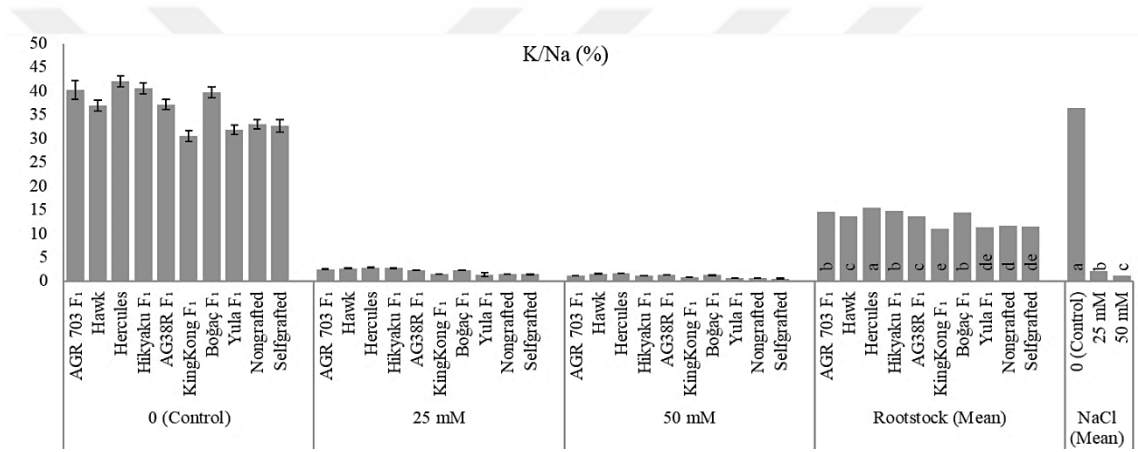
koruma bakımından daha etkin iyon seçicilik mekanizmalarına sahip olduğunu düşündürmektedir. Özellikle Hercules anacının her üç NaCl düzeyinde de yüksek K/Na oranlarını koruyabilmesi, bu genotipin stres koşullarında iyon dengesini koruma yeteneğini açıkça ortaya koymaktadır. Öte yandan, Yula F₁ (0.64), KingKong F₁ (0.87), kendi üzerine aşılı (0.60) ve aşısız (0.66) bitkiler, düşük K/Na oranlarıyla dikkat çekmiş ve stres altında zayıf iyon homeostazı profili sergilemiştir. Genel ortalamalar dikkate alındığında, en yüksek K/Na oranı Hercules (15.53) anacında belirlenmiş ve bu değeri sırasıyla Hikyaku F₁ (14.86), AGR 703 F₁ (14.68) ve Boğaç F₁ (14.45) takip etmiştir. Bu anaçların yüksek oranları, Na⁺ iyonlarının absorpsiyonunu baskılayarak K⁺ alımını sürdürebilme yeteneklerini ve dolayısıyla tuz stresine karşı fizyolojik dayanıklılıklarını yansıtmaktadır. Buna karşın, KingKong F₁ (10.98), Yula F₁ (11.30), aşısız (11.73) ve kendi üzerine aşılı (11.59) bitkilerde ortalama K/Na oranları daha düşük düzeyde kalmıştır. NaCl uygulamalarına göre ortalama K/Na oranları ise sırasıyla 36.50 (kontrol), 2.14 (25 mM) ve 1.11 (50 mM) olarak belirlenmiş; bu bulgu, artan tuz konsantrasyonunun iyon dengesini ciddi biçimde bozduğunu ortaya koymuştur. Hem anaçlar hem de tuz düzeyleri açısından gözlenen farklılıklar istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı bulunmuştur (P = 0.000; Şekil 4.10).

Ca/Na oranı da bitkilerin tuz stresi altında iyon dengesini ne ölçüde koruyabildiğini değerlendirmede önemli bir fizyolojik parametre olarak kullanılmaktadır. Yüksek Ca/Na oranları, bitkinin Na⁺ birikimini sınırlarken Ca²⁺ alımını sürdürebildiğini ve bu yolla iyonik stresin olumsuz etkilerine karşı daha dirençli bir yanıt geliştirdiğini göstermektedir. Çalışmada elde edilen bulgular, tuz stresinin Ca/Na oranlarını anlamlı düzeyde etkilediğini (P=0.000) ve farklı anaçların iyon homeostazını koruma kapasitelerinde belirgin varyasyonlar bulunduğunu ortaya koymuştur. Kontrol (0 mM NaCl) koşullarında tüm anaçlarda yüksek Ca/Na oranları belirlenmiş olup, oranlar 17.97 ile 21.72 arasında değişmiştir. Hawk (21.72), Hikyaku F₁ (21.10), Hercules (20.78) ve AGR 703 F₁ (20.64) anaçları bu parametre bakımından ön plana çıkarken, Yula F₁ (17.97), K.Ü. aşılı (18.04) ve Aşısız (19.06) bitkiler nispeten daha düşük oranlar göstermiştir. 25 mM NaCl düzeyinde tüm anaçlarda Ca/Na oranlarında düşüş gözlenmiş, ancak bu düşüşe karşı tolerans bakımından genotipler arasında farklılıklar ortaya çıkmıştır. Hikyaku F₁ (1.56), Hawk (1.45), AGR 703 F₁ (1.31) ve Boğaç F₁ (1.14), 1.0 üzerinde oranlar koruyarak Ca²⁺ alımını sürdürebilme yeteneklerini

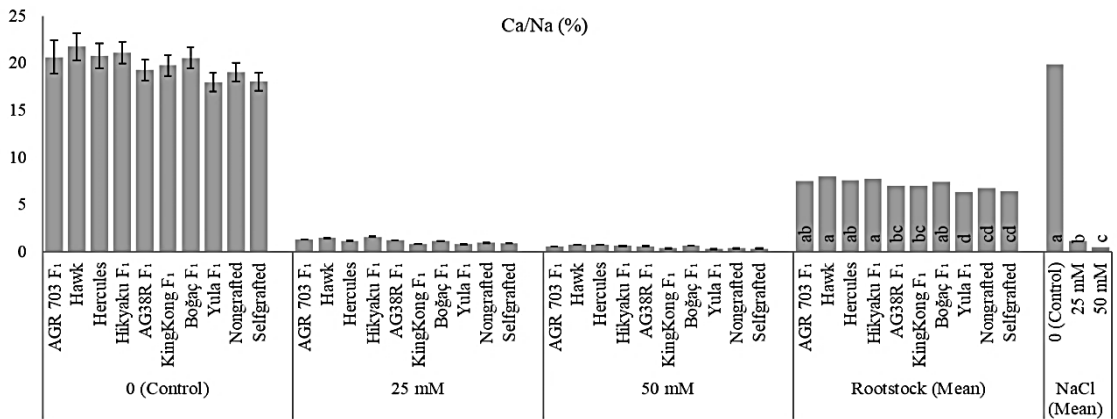
göstermiştir. Buna karşın, Yula F₁ (0.78), KingKong F₁ (0.78), aşısız (0.93) ve K.Ü. aşılı (0.87) bitkiler düşük oranlarla zayıf stres toleransı sergilemiştir. 50 mM NaCl uygulamasında ise Ca/Na oranları tüm genotiplerde minimum seviyelere düşmüş, bu durum yüksek tuz konsantrasyonunun iyon homeostazı üzerindeki baskılayıcı etkisini ortaya koymuştur. Ancak Hercules (0.71), Hawk (0.69), Boğaç F₁ (0.62) ve AGR 703 F₁ (0.58) anaçları, bu şiddetli stres koşullarında bile nispeten yüksek Ca/Na oranlarını sürdürebilmiş ve bu yönüyle avantajlı bir iyon dengesi profili sunmuştur. Öte yandan Yula F₁ (0.27), K.Ü. aşılı (0.34), Aşısız (0.36) ve KingKong F₁ (0.35) bitkiler en düşük oranları sergileyerek Na⁺ birikimini baskılayamama ve Ca²⁺ alımını sürdürememe açısından yetersiz kalmıştır. Genel ortalamalara göre en yüksek Ca/Na oranı Hawk (7.95) anacında saptanmış; bu anacı Hikyaku F₁ (7.76), Hercules (7.54), AGR 703 F₁ (7.51) ve Boğaç F₁ (7.44) takip etmiştir. Bu anaçların hem orta hem yüksek tuz koşullarında Ca²⁺/Na⁺ dengesini koruyabildiği görülmüş, dolayısıyla bu genotipler stres toleransı açısından avantajlı konumda yer almıştır. Diğer taraftan, Yula F₁ (6.34), K.Ü. aşılı (6.42), Aşısız (6.78) ve KingKong F₁ (6.96) gibi bitkilerde bu oranların düşük kalması, söz konusu genotiplerin iyonik stres koşullarına karşı daha savunmasız olduğunu ortaya koymuştur. NaCl düzeylerine göre ortalama Ca/Na oranları sırasıyla 19.89 (kontrol), 1.12 (25 mM) ve 0.51 (50 mM) olarak belirlenmiş olup, artan tuz konsantrasyonunun Ca/Na dengesini ciddi düzeyde bozduğu ve Na⁺ iyonlarının Ca²⁺ alımını engelleyici etkisinin kuvvetli olduğunu göstermiştir. NaCl düzeyleri ve anaçlar arasında gözlenen farklılıklar istatistiksel olarak oldukça anlamlı bulunmuştur (P =0.000; 4.11).



Şekil 4.9. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda sodyum birikimine etkisi



Şekil 4.10. Tuz stresi ve anaçlara göre patlıcan yapraklarının K/Na oranı (%)



Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.11. Tuz stresi ve anaçlara göre patlıcan yapraklarının Ca/Na oranı (%)

4.1.13. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcan yapraklarında mikro besin elementi içeriğine etkisi

Demir (Fe, mg/kg D.W.):

Çalışmada farklı anaçlar üzerine aşılamanın patlıcanlara uygulanan tuz stresinin ve aşılamanın yaprak Fe içeriğine etkisi Çizelge 4.7’de sunulmuş olup, uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde farklar belirlenmiştir (P=0.000). Buna göre hem tuz stresinin hem de anaçların patlıcan yapraklarındaki Fe içeriğini önemli düzeyde etkilediği anlaşılmaktadır. Kontrol koşullarında en yüksek yaprak Fe içeriği Hawk (34.98 mg/kg) ve Hercules (34.08 mg/kg) anaçlarında ölçülmüş, bu anaçları Hikyaku F₁ (31.41 mg/kg) ve AGR 703 F₁ (30.72 mg/kg) anaçları takip etmiştir. Buna karşın, Yula F₁ (24.51 mg/kg), kendi üzerine aşılı (24.38 mg/kg) ve aşısız (25.05 mg/kg) bitkiler düşük Fe içerikleriyle dikkat çekmektedir. Orta düzey tuz stresinde (25 mM NaCl) tüm anaçlarda Fe içeriğinde belirgin bir azalma gözlenmiştir. Hawk (29.20 mg/kg) bu koşullarda en yüksek Fe içeriğini korurken, Yula F₁ (17,58 mg/kg) ve KingKong F₁ (19.28 mg/kg) en düşük Fe içeriğini vermişlerdir. Aşısız (21.08 mg/kg) ve kendi üzerine aşılı (20.98 mg/kg) bitkiler de düşük Fe içeriğine sahip uygulamalar olmuşlardır. Yüksek tuz stresi (50 mM NaCl) koşullarında Fe içeriğinde ciddi düşüşler kaydedilmiş, Hawk (20.77 mg/kg) ve Hercules (20.14 mg/kg) anaçları bu stres koşullarında en yüksek Fe içeriğini korumuş, Yula F₁ (13.42 mg/kg), kendi üzerine aşılı (14.85 mg/kg) ve aşısız (15.49 mg/kg) uygulamaları en düşük Fe içeriklerine sahip olmuştur. Tuz stresi ve aşı uygulamalarının ortalama etkileri incelendiğinde (Çizelge 4.7), NaCl düzeyindeki artışa paralel olarak Fe içeriğinde lineer bir azalma gözlenmiştir. En yüksek ortalama Fe içeriği kontrol koşullarında 29.02 mg/kg olurken, 25 mM NaCl uygulamasında 22.30 mg/kg’a, 50 mM NaCl uygulamasında ise 17.05 mg/kg’a düşmüştür. Anaç ortalamaları dikkate alındığında, Hawk (28.32 mg/kg) en yüksek Fe içeriğine sahip olurken, bu anaçı Hercules (25.96 mg/kg) ve Hikyaku F₁ (24.66 mg/kg) anaçları takip etmiştir. En düşük ortalama Fe içerikleri ise Yula F₁ (18.50 mg/kg) ve KingKong F₁ (19.97 mg/kg) anaçlarında ölçülmüştür. Aşısız (20,54 mg/kg) ve kendi üzerine aşılı (20.07 mg/kg) bitkiler de düşük Fe içeriklerine sahip olmuşlardır.

Bakır (Cu, mg/kg D.W.):

Tuz stresinin ve aşılanmanın yaprak Cu içeriğine etkisi Çizelge 4.7’de sunulmuş olup, uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde farklar belirlenmiştir (P=0,000). Buna göre hem tuz stresinin hem de anaçların patlıcan yapraklarındaki Cu içeriğini önemli düzeyde etkilediği görülmektedir. Kontrol koşullarında en yüksek yaprak Cu içeriği Hawk (3.79 mg/kg), AG38R F₁ (3.75 mg/kg) ve AGR 703 F₁ (3.70 mg/kg) anaçlarında ölçülmüştür. Buna karşın, Yula F₁ (2.44 mg/kg), KingKong F₁ (2.46 mg/kg), aşısız (2.31 mg/kg) ve kendi üzerine aşılı (2.17 mg/kg) bitkiler düşük Cu içerikleriyle dikkat çekmektedir. Orta düzey tuz stresinde (25 mM NaCl) tüm anaçlarda yaprak Cu içeriğinde belirgin bir azalma kaydedilmiştir. Hawk (3.19 mg/kg), Hikyaku F₁ (3.07 mg/kg) ve AG38R F₁ (3.01 mg/kg) anaçları bu koşullarda yüksek Cu içeriklerini korumuş, Yula F₁ (1.78 mg/kg), kendi üzerine aşılı (1.83 mg/kg) ve aşısız (1.91 mg/kg) bitkiler düşük Cu seviyeleriyle öne çıkmıştır. Yüksek tuz stresi (50 mM NaCl) koşullarında yaprak Cu içeriğinde ciddi düşüşler meydana gelmiş, Hercules (2.13 mg/kg), Boğaç F₁ (2.12 mg/kg) ve Hawk (2.07 mg/kg) anaçları bu stres koşullarında en yüksek Cu içeriğine sahip olurken, Yula F₁ (1.20 mg/kg), kendi üzerine aşılı (1.30 mg/kg) ve aşısız (1.42 mg/kg) bitkiler en düşük Cu içeriklerine sahip olmuştur. Tuz stresi ve aşı uygulamalarının ortalama etkileri incelendiğinde (Çizelge 4.7), NaCl düzeyindeki artışa paralel olarak yaprak Cu içeriğinde lineer bir azalma gözlenmiştir. En yüksek ortalama Cu içeriği kontrol koşullarında 3.09 mg/kg iken, 25 mM NaCl uygulamasında 2.54 mg/kg’a, 50 mM NaCl uygulamasında ise 1.77 mg/kg’a kadar düşmüştür. Anaç ortalamaları dikkate alındığında Hawk (3.01 mg/kg), AG38R F₁ (2.93 mg/kg), Hikyaku F₁ (2.91 mg/kg) ve AGR 703 F₁ (2.89 mg/kg) anaçları en yüksek Cu içeriklerine sahip olmuş, Yula F₁ (1.81 mg/kg), kendi üzerine aşılı (1.76 mg/kg) ve aşısız (1.88 mg/kg) bitkiler en düşük değerlere ulaşmıştır.

Çinko (Zn, mg/kg D.W.):

Tuz stresi ve aşılanmanın yaprak Zn içeriğine etkisi Çizelge 4.7’de sunulmuş olup, uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklar belirlenmiş, (P=0.000), hem tuz stresi hem de anaçlar yaprak Zn içeriğini önemli düzeyde etkilemiştir. Kontrol

uygulamasında en yüksek yaprak Zn içeriği Hercules (11.22 mg/kg) ve Hawk (11.16 mg/kg) anaçlarında, en düşük değerler Yula F₁ (9.32 mg/kg), kendi üzerine aşılı (9.62 mg/kg) ve aşısız (9.80 mg/kg) bitkilerde ölçülmüştür. Orta düzey tuz stresinde (25 mM NaCl) Zn içeriğinde genel bir azalma gözlenmiş, en yüksek değerler AG38R F₁ (9.59 mg/kg), Hawk (9.26 mg/kg) ve Boğaç F₁ (9.14 mg/kg) anaçlarında ölçülürken, Yula F₁ (7.36 mg/kg), kendi üzerine aşılı (7.31 mg/kg) ve aşısız (7.51 mg/kg) bitkiler düşük seviyeleriyle dikkat çekmiştir. Yüksek tuz stresi (50 mM NaCl) koşullarında yaprak Zn içeriği daha da azalmış, Hercules (7.74 mg/kg), AG38R F₁ (7.56 mg/kg) ve Boğaç F₁ (7.47 mg/kg) en yüksek değerleri korurken, Yula F₁ (5.48 mg/kg), kendi üzerine aşılı (5.77 mg/kg) ve aşısız (5.92 mg/kg) en düşük Zn içeriklerine sahip olmuştur. Tuz stresi ve aşı uygulamalarının ortalama etkileri incelendiğinde (Çizelge 4.7), NaCl düzeyindeki artışa paralel olarak Zn içeriğinde düzenli bir azalma kaydedilmiştir. En yüksek ortalama Zn içeriği kontrol koşullarında 10.38 mg/kg olurken, 25 mM NaCl uygulamasında 8.56 mg/kg'a, 50 mM NaCl uygulamasında ise 6.83 mg/kg'a kadar düşmüştür. Anaç ortalamaları dikkate alındığında, Hercules (9.35 mg/kg) ve AG38R F₁ (9.35 mg/kg) en yüksek değerlere ulaşmış, bunları Hawk (9.29 mg/kg), Hikyaku F₁ (9.14 mg/kg) ve AGR 703 F₁ (9.07 mg/kg) anaçları takip etmiştir. Yula F₁ (7.39 mg/kg), kendi üzerine aşılı (7.56 mg/kg) ve aşısız (7.74 mg/kg) ise en düşük Zn içeriklerini vermiştir.

Bor (B, mg/kg D.W.):

Çalışmada farklı anaçlar üzerine aşılana patlıcanlara uygulanan tuz stresinin ve aşılamanın yaprak B içeriğine etkisi Çizelge 4.7'de verilmiş olup, uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur (P=0.000). Buna göre hem tuz stresi hem de aşılana anaçların yaprak B içeriğini önemli düzeyde etkilediği belirlenmiştir. Kontrol koşullarında en yüksek yaprak B içeriği Hercules (4.61 mg/kg) ve Boğaç F₁ (4.12 mg/kg) anaçlarında kaydedilmiş, bunları Hikyaku F₁ (3.36 mg/kg), AG38R F₁ (3.28 mg/kg) ve Yula F₁ (3.24 mg/kg) takip etmiştir. En düşük değer ise KingKong F₁ (2.75 mg/kg) anacında ölçülmüştür. Orta düzey tuz stresinde (25 mM NaCl) B içeriklerinde belirgin düşüşler görülmüştür. Hercules (2.60 mg/kg), Hawk (2.15 mg/kg) ve Boğaç F₁ (2.14 mg/kg) en yüksek değerleri korurken, Yula F₁ (1.47 mg/kg), Hikyaku

F₁ (1.73 mg/kg) ve AG38R F₁ (1.72 mg/kg) en düşük değerlere sahip olmuştur. Yüksek tuz stresi (50 mM NaCl) koşullarında yaprak B içeriği daha da azalmıştır. Bu koşullarda Hercules (1.50 mg/kg) ve KingKong F₁ (1.28 mg/kg) anaçları en yüksek B içeriğine sahip olurken, Yula F₁ (0,88 mg/kg) en düşük değeri göstermiştir. Tuz stresi ve aşı uygulamalarının ortalama etkileri incelendiğinde (Çizelge 4.7), NaCl düzeyindeki artışa paralel olarak yaprak B içeriğinde keskin bir azalma görülmektedir. Ortalama B içeriği kontrol koşullarında 3.39 mg/kg iken, 25 mM NaCl uygulamasında 1.92 mg/kg'a, 50 mM NaCl uygulamasında ise 1.20 mg/kg'a kadar gerilemiştir. Anaç ortalamaları dikkate alındığında, Hercules (2.90 mg/kg) ve Boğaç F₁ (2.49 mg/kg) en yüksek değerlere ulaşmış, bu anaçları Hawk (2.15 mg/kg) ve aşısız (2.17 mg/kg) uygulamaları takip etmiştir. En düşük ortalama B içeriği ise Yula F₁ (1.86 mg/kg) ve KingKong F₁ (1.92 mg/kg) anaçlarında ölçülmüştür.

Mangan (Mn, mg/kg D.W.):

Tuz stresi ve aşılamanın yaprak Mn içeriğine etkisi Çizelge 4.7'de verilmiş olup, uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar tespit edilmiştir (P=0.000). Bu durum hem tuz stresinin hem de anaçların Mn düzeyini önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Kontrol koşullarında en yüksek yaprak Mn içeriği Hercules (4.04 mg/kg) ve Boğaç F₁ (3.47 mg/kg) anaçlarında ölçülmüş, bunları AG38R F₁ (3.28 mg/kg), Hikyaku F₁ (3.14 mg/kg) ve Hawk (3.13 mg/kg) anaçları takip etmiştir. En düşük değer Yula F₁ (1.68 mg/kg), kendi üzerine aşılı (2.59 mg/kg) ve aşısız (2.64 mg/kg) bitkilerde ölçülmüştür. Orta düzey tuz stresinde (25 mM NaCl) genel olarak yaprak Mn içeriği azalmış, ancak Hawk (3.16 mg/kg), Hercules (3.48 mg/kg) ve Boğaç F₁ (3.07 mg/kg) yüksek Mn içeriğini korumuşlardır. Buna karşılık Yula F₁ (1.48 mg/kg), aşısız (1.70 mg/kg) ve kendi üzerine aşılı (1,87 mg/kg) uygulamalar düşük seviyeleriyle öne çıkmıştır. Yüksek tuz stresinde (50 mM NaCl) Mn içeriği daha da düşmüştür. Hercules (2.83 mg/kg), Boğaç F₁ (2.67 mg/kg) ve Hawk (2.72 mg/kg) en yüksek Mn içeriğine sahip anaçlar olurken, Yula F₁ (1.40 mg/kg), kendi üzerine aşılı (1.43 mg/kg) ve aşısız (1.59 mg/kg) en düşük Mn içeriğine sahip olmuştur. Ortalama değerler dikkate alındığında (Çizelge 4.7), tuz stresinin artmasıyla Mn içeriğinde kademeli bir azalma görülmüştür.

Çizelge 4.7. Tuz stresi koşullarında aşılanmanın patlıcan yapraklarında mikro besin elementi içeriğine etkisi (mg/kg D.W.)

NaCl	Anaçlar	Fe	Cu	Zn	B	Mn
0 (Kontrol)	AGR 703 F ₁	30.72±0.48	3.70±0.11	10.89±0.70	3.18±0.08	2.50±0.11
	Hawk	34.98±0.64	3.79±0.06	11.16±0.50	3.07±0.07	3.13±0.12
	Hercules	34.08±0.37	3.58±0.09	11.22±0.52	4.61±0.07	4.04±0.11
	Hikyaku F ₁	31.41±0.56	3.69±0.09	10.83±0.68	3.36±0.09	3.14±0.10
	AG38R F ₁	30.12±0.52	3.75±0.06	10.92±0.78	3.28±0.08	3.28±0.08
	KingKong F ₁	25.31±0.68	2.46±0.05	9.70±0.50	2.75±0.07	2.62±0.10
	Boğaç F ₁	29.68±0.72	3.04±0.04	10.32±0.52	4.12±0.09	3.47±0.08
	Yula F ₁	24.51±0.50	2.44±0.04	9.32±0.52	3.24±0.09	1.68±0.11
	Aşısız	25.05±0.43	2.31±0.04	9.80±0.70	3.29±0.08	2.64±0.14
	K.Ü. aşılı	24.38±0.52	2.17±0.05	9.62±0.73	3.07±0.10	2.59±0.09
25 mM	AGR 703 F ₁	23.28±0.48	3.00±0.08	9.08±0.52	1.77±0.07	2.91±0.10
	Hawk	29.20±0.72	3.19±0.08	9.26±0.66	2.15±0.06	3.16±0.09
	Hercules	23.65±0.48	2.85±0.05	9.10±0.49	2.60±0.10	3.48±0.10
	Hikyaku F ₁	24.20±0.44	3.07±0.12	9.13±0.54	1.73±0.08	3.01±0.09
	AG38R F ₁	20.92±0.44	3.01±0.11	9.59±0.67	1.72±0.10	2.92±0.09
	KingKong F ₁	19.28±0.38	2.14±0.06	8.13±0.69	1.74±0.06	1.91±0.07
	Boğaç F ₁	22.80±0.56	2.68±0.06	9.14±0.53	2.14±0.06	3.07±0.07
	Yula F ₁	17.58±0.44	1.78±0.08	7.36±0.66	1.47±0.07	1.48±0.08
	Aşısız	21.08±0.57	1.91±0.06	7.51±0.53	2.00±0.07	1.70±0.06
	K.Ü. aşılı	20.98±0.44	1.83±0.05	7.31±0.69	1.88±0.07	1.87±0.07
50 mM	AGR 703 F ₁	16.79±0.46	1.98±0.06	7.24±0.52	1.15±0.05	2.62±0.07
	Hawk	20.77±0.49	2.07±0.07	7.44±0.70	1.22±0.07	2.72±0.08
	Hercules	20.14±0.85	2.13±0.07	7.74±0.66	1.50±0.08	2.83±0.08
	Hikyaku F ₁	18.38±0.39	1.98±0.06	7.47±0.68	1.15±0.05	2.48±0.07
	AG38R F ₁	17.39±0.58	2.05±0.05	7.56±0.51	1.14±0.04	2.62±0.09
	KingKong F ₁	15.34±0.79	1.49±0.07	6.22±0.55	1.28±0.07	1.67±0.07
	Boğaç F ₁	17.92±0.62	2.12±0.08	7.47±0.68	1.23±0.08	2.67±0.09
	Yula F ₁	13.42±0.63	1.20±0.06	5.48±0.51	0.88±0.06	1.40±0.09
	Aşısız	15.49±0.52	1.42±0.09	5.92±0.66	1.24±0.06	1.59±0.08
	K.Ü. aşılı	14.85±0.50	1.30±0.04	5.77±0.69	1.21±0.07	1.43±0.07
Önem düzeyi		0.000 ***	0.000 ***	0.988 ö.d.	0.000 ***	0.000 ***
Ortalama (Anaç)	AGR 703 F ₁	23.60d	2.89bc	9.07b	2.03d	2.67e
	Hawk	28.32a	3.01a	9.29a	2.15c	3.00bc
	Hercules	25.99b	2.85c	9.35a	2.90a	3.45a
	Hikyaku F ₁	24.65c	2.91bc	9.14b	2.08d	2.87d
	AG38R F ₁	22.81e	2.93b	9.35a	2.04d	2.94cd
	KingKong F ₁	19.96f	2.03e	8.01d	1.92e	2.07f
	Boğaç F ₁	23.47d	2.61d	8.98c	2.49b	3.07b
	Yula F ₁	18.50g	1.81g	7.39g	1.86e	1.52h
	Aşısız	20.54f	1.88f	7.74e	2.17c	1.98g
	K.Ü. aşılı	20.07f	1.76g	7.56f	2.05d	1.96g
		***	***	***	0.005 **	***
Ortalama (NaCl)	0 (Kontrol)	29.03a	3.09a	10.38a	3.39a	2.91a
	25 mM	22.30b	2.54b	8.56b	1.92b	2.55b
	50 mM	17.04c	1.77c	6.83c	1.20c	2.20c
		***	***	***	***	***

Aynı harf ile gösterilen ortalamalar, Duncan çoklu karşılaştırma testine göre istatistiksel olarak anlamlı fark göstermemektedir ($P \leq 0.05$). ** ve *** uygulamalar arasındaki farkın sırasıyla $P < 0.01$ ve $P < 0.001$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli olduğunu ifade etmektedir.

En yüksek ortalama değer kontrol grubunda (2.91 mg/kg) ölçülürken, 25 mM NaCl uygulamasında bu değer 2.55 mg/kg'a, 50 mM NaCl uygulamasında ise 2.20 mg/kg'a kadar düşmüştür. Anaç ortalamaları incelendiğinde, Hercules (3.45 mg/kg) ve Boğaç F₁ (3.07 mg/kg) en yüksek Mn içeriğine sahip olurken, Hawk (3.00 mg/kg) ve AG38R F₁ (2.94 mg/kg) onları izlemiştir. En düşük ortalama Mn içerikleri ise Yula F₁ (1.52 mg/kg), aşısız (1.98 mg/kg) ve kendi üzerine aşılı (1.96 mg/kg) bitkilerde kaydedilmiştir.

4.1.14. Tuz stresi koşullarında aşılamanın patlıcan meyvelerinde fizyolojik bozukluklara etkisi

Meyve kabuk rengi bozulmaları (%):

Meyve kabuk rengi bozukluğu üzerine hem anaçlar hem de uygulanan tuz düzeylerinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p=0.000$, Şekil 4.12). Kontrol koşullarında, en düşük meyve renk bozukluğu %4.26 ile AG38R F₁ anacında belirlenmiştir. Bu anacı %4.64 ile Hikyaku F₁ ve %4.87 ile Hercules anaçları takip etmiştir. Kendi üzerine aşılı bitkilerde bu oran %5.57 iken, aşısız bitkilerde %7.56 ile en yüksek seviyede gerçekleşmiştir. Aşısız bitkiler, bu anlamda AG38R F₁ anacına kıyasla yaklaşık %77.4 daha fazla renk bozukluğu göstermiştir. 25 mM NaCl ortamında, meyve renk bozukluğu oranlarında belirgin bir artış gözlenmiş, en düşük bozulma oranı %6.64 ile AGR 703 F₁ anacında belirlenmiş olup, bu anacı %6.74 ile Hawk takip etmiştir. Kendi üzerine aşılı bitkilerde renk bozukluğu oranı %10.36 olarak ölçülmüş ve AGR 703 F₁ anacına kıyasla yaklaşık %56 daha yüksek olmuştur. 25 mM NaCl uygulamasında en yüksek renk bozukluğu %12.05 ile Yula F₁ anacında görülmüştür. 50 mM NaCl uygulaması ile renk bozukluğu oranları daha da artmıştır. Bu ortamda en düşük değer %8.42 ile Boğaç F₁ anacında, en yüksek bozulma ise %18.72 ile yine Yula F₁ anacında görülmüş, bunu sırasıyla %16.32 ile aşısız ve %16.12 ile kendi üzerine aşılı bitkiler izlemiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, meyve renk bozukluğu açısından en düşük değerlere sahip anaçlar arasında AG38R F₁, AGR 703 F₁, Hawk ve Boğaç F₁ öne çıkarken; en yüksek bozulma oranları Yula F₁, aşısız ve kendi üzerine aşılı

bitkilerde tespit edilmiştir. Bu durum, belirli anaçların tuz stresi altında meyve kalitesini koruma bakımından üstün olduğunu göstermektedir.

Anaçlara ait ortalama meyve renk bozukluğu oranları değerlendirildiğinde, uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklar olduğu görülmektedir ($p=0.000$). Ortalama değerler baz alındığında, en düşük bozulma oranı %7.69 ile Boğaç F₁, %7.88 ile Hawk ve %7.93 ile Hercules anaçlarında ölçülmüştür. Kendi üzerine aşılı bitkilerde bu oran %10.68 olarak belirlenmiş olup, Boğaç F₁ anaçlı bitkilere kıyasla yaklaşık %38.9 daha yüksek seviyede gerçekleşmiştir. Aşısız bitkilerde ise bu oran %11.33 olup, kalite kaybının daha belirgin olduğu görülmüştür. En yüksek ortalama renk bozukluğu %12.78 ile Yula F₁ anacında elde edilmiş ve bu anaç istatistiksel olarak diğerlerinden açık şekilde ayrılarak kalite açısından en dezavantajlı aşı kombinasyonu olmuştur. Yula F₁ anacı Boğaç F₁ anacına göre yaklaşık %66.2 oranında daha fazla renk bozukluğu göstermiştir. Tuz uygulamalarının ortalama etkisine bakıldığında, kontrol koşullarında meyve renk bozukluğu oranı %4.02 ile en düşük seviyede gerçekleşmiştir. 25 mM NaCl uygulaması bu oranı %9.35'e, 50 mM NaCl ise %12.94'e kadar yükseltmiştir. Her üç tuz düzeyi arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p=0.000$). Bu sonuçlar, artan tuz konsantrasyonunun meyve kalitesini olumsuz yönde etkilediğini ve renk bozukluğunu anlamlı düzeyde artırdığını ortaya koymaktadır.

Meyvede kabarma bozukluğu (%)

Denemede meyve yüzeyinde oluşan kabarma oranları hem anaçlara hem de NaCl uygulamalarına göre önemli farklılıklar göstermiştir ($P=0.000$, Şekil 4.13)). Kontrol koşullarında meyve kabarması açısından en düşük oran %2.89 ile Hercules anacında belirlenmiş, bu anacı sırasıyla %3.08 ile Boğaç F₁, %3.38 ile AG38R F₁, ve %3.56 ile Hawk anaçları takip etmiştir. Aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilerde ise kabarma oranları sırasıyla %4.75 ve %5.75 düzeyinde gerçekleşmiş; bu da Hercules anacına kıyasla sırasıyla %64 ve %99 daha fazla meyve deformasyonu anlamına gelmektedir. 25 mM NaCl uygulamasında genel olarak kabarma oranlarında artış meydana gelmiştir. Bu düzeyde en düşük kabarma %5.27 ile Hawk ve Hercules anaçlarında görülürken, en yüksek değer %9.20 ile Yula F₁ anacında kaydedilmiştir. Aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilerde oranlar sırasıyla %7.98 ve %7.85 olmuştur. 50 mM NaCl düzeyinde kabarma

oranlarının daha da arttığı dikkat çekmektedir. Bu koşulda en düşük oran %6.56 ile AG38R F₁ ve %7.65 ile Boğaç F₁ anaçlarında belirlenmiştir. En yüksek değer ise %15.22 ile Yula F₁ anacında görülmüş; bunu sırasıyla %13.84 ile aşısız ve %12.56 ile kendi üzerine aşılı bitkiler izlemiştir. AG38R F₁ anacı, Yula F₁'ye göre yaklaşık %57 daha az meyve deformasyonu göstermiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, tuz düzeyleri arttıkça meyve kabarması oranlarının da anlamlı şekilde arttığı, ancak bazı anaçların bu olumsuz etkileri sınırlamada daha başarılı olduğu görülmüştür. Özellikle Hercules, Boğaç F₁, Hawk ve AG38R F₁ gibi anaçlar farklı tuz düzeylerinde daha düşük deformasyon oranları ile öne çıkarken, Yula F₁, aşısız ve K.Ü. aşılı uygulamaları yüksek deformasyon oranları ile kalite kayıplarının daha belirgin olduğu grubu oluşturmuştur. Anaçlara ait ortalama kabarma oranları dikkate alındığında, Anaçlar arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılık olduğu görülmektedir (p=0.000). En düşük kabarma oranı %5,67 ile Hercules, %5,75 ile AG38R F₁, %5,88 ile Boğaç F₁, ve %6,12 ile hem Hawk hem de Hikyaku F₁ anaçlarında tespit edilmiştir. Diğer yandan, ortalama kabarma oranları %7.52 ile KingKong F₁, %8.72 ile kendi üzerine aşılı ve %8.86 ile aşısız bitkilerde daha yüksek bulunmuştur. En yüksek oran ise %9.98 ile Yula F₁ anacında tespit edilmiştir. NaCl uygulamalarının ortalama etkisine bakıldığında, kontrol koşullarında ortalama kabarma oranı %4.15, 25 mM NaCl uygulamasında %7.00'e ve 50 mM NaCl uygulamasında %10.21'e yükselmiştir. Bu bulgular, artan tuz düzeylerinin meyve kabarmasını önemli ölçüde artırdığını (P=0.000), bu durumun meyve kalitesi açısından olumsuz bir sonuç doğurduğunu göstermektedir. Sonuç olarak uygun anaç seçimi, tuz stresine karşı hem verim hem de kalite kayıplarını minimize etme açısından kritik bir faktör olarak öne çıkmaktadır.

Tohumlu Meyve Oluşum Oranı (%):

Denemede patlıcan meyvelerinde tohum oluşumu hem anaçlara hem de NaCl uygulamalarına bağlı olarak istatistiksel olarak önemli farklılıklar göstermiştir (P=0.000, Şekil 4.14). Kontrol koşullarında en düşük tohum bağlama oranı %3.98 ile AG38R F₁ anacında belirlenmiş, bu anacı sırasıyla %5.51 ile Hikyaku F₁, %5.62 ile Boğaç F₁ ve %6.02 ile Hercules anaçları takip etmiştir. Aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilerde ise tohumlu meyve oranları sırasıyla %7.00 ve %7.78 düzeyinde

gerçekleşmiş; bu değerler AG38R F₁'e kıyasla sırasıyla yaklaşık %76 ve %95 daha fazla tohumlu meyve oluşumunu göstermektedir. 25 mM NaCl uygulamasında genel olarak tüm anaçlarda tohum bağlama oranlarında artış gözlenmiştir. Bu düzeyde en düşük oranlar %5.75 ile Hercules ve %7.13 ile Hawk anaçlarında görülürken, en yüksek oran %10.85 ile Yula F₁ anacında tespit edilmiştir. Aşısız ve kendi üzerine aşıli bitkilerde ise sırasıyla tohum oluşturmuş meyve oranı %9.55 ve %9.68 olarak kaydedilmiştir. 50 mM NaCl düzeyinde ise tohum bağlama oranlarının daha da arttığı dikkat çekmektedir. Bu uygulamada en düşük oranlar %6.82 ile Hawk ve %7.81 ile AG38R F₁ anaçlarında gözlenmiştir. Buna karşın, en yüksek oran %15.89 ile Yula F₁ anacında belirlenmiş, bunu sırasıyla %13.71 ile aşısız ve %13.52 ile kendi üzerine aşıli bitkiler takip etmiştir. AG38R F₁ anacı, Yula F₁ anacına göre yaklaşık %51 daha az tohumlu meyve oluşturmuştur.

Anaçların ortalama tohum bağlama oranları incelendiğinde, aşı uygulamaları arasında önemli farklılıklar olduğu (P=0.000), en düşük tohum bağlama oranının %6,55 ile AG38R F₁, %6.63 ile Hercules, %6.89 ile Hawk ve %7.42 ile AGR 703 F₁ anaçlarında gerçekleştiği görülmektedir. Buna karşın, Yula F₁ (%11.65), kendi üzerine aşıli (%10.33) ve aşısız (%10.09) uygulamaları yüksek tohum bağlama oranlarıyla dikkat çekmiştir. NaCl uygulamalarının ortalama etkilerine bakıldığında, kontrol koşullarında tohum bağlama oranı %6.38 iken, 25 mM uygulamasında %8.31'e, 50 mM uygulamasında ise %10.53'e yükselmiştir. Bu bulgular, artan tuz düzeylerinin tohum oluşumunu önemli düzeyde artırdığını (P=0.000) göstermektedir. Sonuç olarak artan tuz stresi patlıcan meyvelerinde tohum oluşumunu artırırken, stres koşullarında belirli anaçlar üzerine aşılama tohum oluşumunu önemli düzeyde azaltmış, bu etki anaçlara göre farklılıklar göstermiştir.

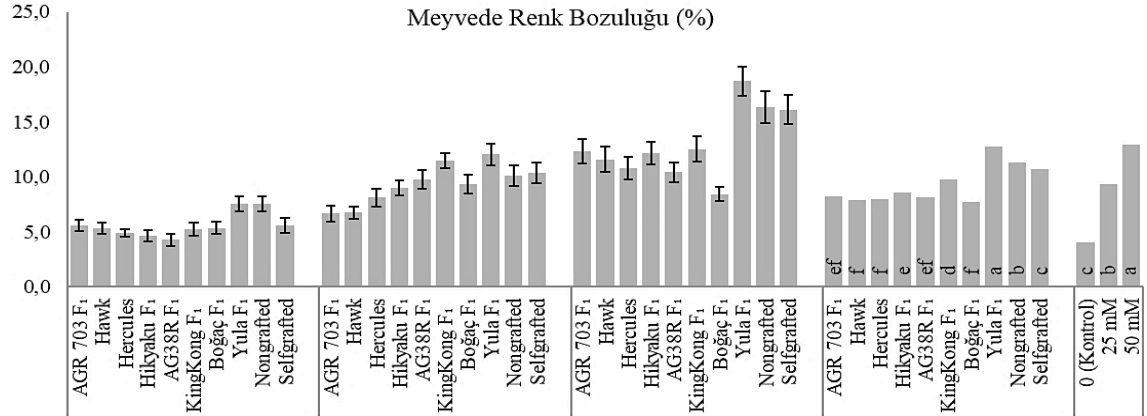
Çiçek burnu çürüklüğü (%)

Denemede ÇBC oranları hem kullanılan anaçlara hem de uygulanan NaCl düzeylerine bağlı olarak istatistiksel açıdan önemli düzeyde farklılık göstermiştir (P=0.000, Şekil 4.15). Çiçek burnu çürüklüğü, özellikle meyve kalitesini olumsuz etkileyen fizyolojik bir bozukluk olup deneme sonuçlarına göre bu bozukluk gerek tuz stresinin artması gerekse anaç seçimi gibi faktörlerden önemli ölçüde etkilenmiştir. Kontrol koşullarında

en düşük ÇBÇ oranı %1.62 ile Hercules anacında kaydedilmiş, bu anacı sırasıyla %1.84 ile AG38R F₁, %2.09 ile Hikyaku F₁ ve %2.22 ile Boğaç F₁ anaçları takip etmiştir. En yüksek ÇBÇ oranı ise %3.49 ile Yula F₁ anacında görülmüştür. Aşısız ve kendi üzerine aşılı uygulamalarda oranlar sırasıyla %3.03 ve %3.20 olarak ölçülmüş ve bu oranlar Hercules anacına göre sırasıyla %87 ve %98 daha yüksek ÇBÇ oranı anlamına gelmektedir. 25 mM NaCl uygulamasında ÇBÇ oranlarında genel olarak belirgin bir artış gözlenmiştir. Bu düzeyde en düşük oran %2.90 ile Hikyaku F₁ anacında tespit edilirken, onu %3.22 ile Hercules ve %3.43 ile AGR 703 F₁ anaçları izlemiştir. En yüksek ÇBÇ oranı ise %7.37 ile aşısız bitkilerde gözlenmiş; bunu %6.81 ile kendi üzerine aşılı bitkiler ve %6.36 ile Yula F₁ takip etmiştir. Bu değerler, düşük ÇBÇ oranına sahip Hercules anacı ile karşılaştırıldığında, aşısız bitkilerde yaklaşık %129 oranında daha fazla ÇBÇ oluşumu olduğunu göstermektedir. 50 mM NaCl düzeyinde ise tuz stresinin etkisi daha da belirgin hale gelmiştir. En düşük BER oranı %6.23 ile AGR 703 F₁, %6.48 ile Hercules ve %6.84 ile AG38R F₁ anaçlarında ölçülmüştür. Buna karşın, en yüksek ÇBÇ oranı %13.88 ile Yula F₁ anacında tespit edilmiş; bu oran aynı koşullarda en düşük değeri gösteren AGR 703 F₁'e göre yaklaşık %123 daha yüksek olmuştur. AŞISIZ (%13.86) ve kendi üzerine aşılı (%13.29) bitkilerde de benzer şekilde yüksek ÇBÇ oranları görülmüştür.

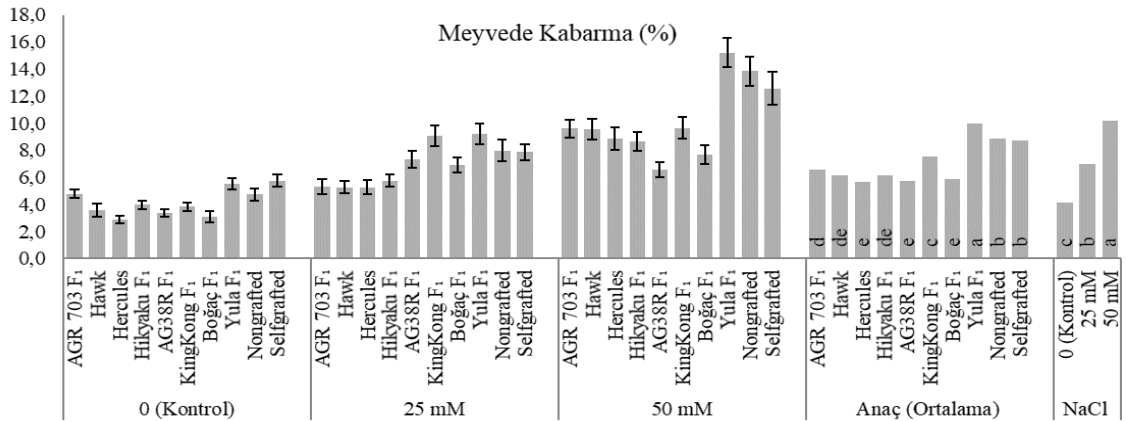
Anaçlara ait ortalama çiçek burnu çürüklüğü oranları incelendiğinde istatistiksel olarak önemli farklılıklar gözlenmiştir (P=0.000). En düşük ortalama oranı %3.77 ile Hercules anacında tespit edilmiş, bu anaç düşük tuzdan yüksek tuz düzeyine kadar olan tüm uygulamalarda nispeten düşük ÇBÇ oranı göstermiştir. Onu %4.02 ile AGR 703 F₁ ve %4.36 ile Boğaç F₁ anaçları takip etmiştir. Bu anaçlar hem kontrol hem de stres koşullarında düşük ÇBÇ oranları ile dikkat çekmiş; kalite kaybını minimize eden aşı kombinasyonları olarak öne çıkmıştır. Buna karşılık en yüksek ortalama ÇBÇ oranı %8.09 ile aşısız bitkilerde görülmüş; %7.91 ile Yula F₁ ve %7.77 ile kendi üzerine aşılı uygulamalar da benzer şekilde yüksek değerlere ulaşmıştır. NaCl düzeylerinin genel etkisine bakıldığında, kontrol koşullarında ortalama ÇBÇ oranı %2.49 iken bu oran 25 mM NaCl'de %4.81'e ve 50 mM NaCl'de %9.43'e yükselmiştir. Tuz düzeyindeki bu artışın, ÇBÇ oluşumunu neredeyse dört kat artırdığı görülmektedir. Bu bulgu, tuz stresinin çiçek burnu çürüklüğü oluşumunu tetikleyen önemli bir faktör olduğunu göstermekte ve bu etki istatistiksel olarak da oldukça önemli bulunmuştur (P = 0.000).

Sonuçlar, çiçek burnu çürüklüğünün hem tuz stresi hem de anaç seçimine bağlı olarak önemli düzeyde değiştiğini göstermektedir. Tuz stresine maruz kalan yetiştiricilik koşullarında, çiçek burnu çürüklüğü gibi kalite kaybına yol açan fizyolojik bozuklukların önlenmesi için doğru anaç seçimi büyük önem taşımaktadır.



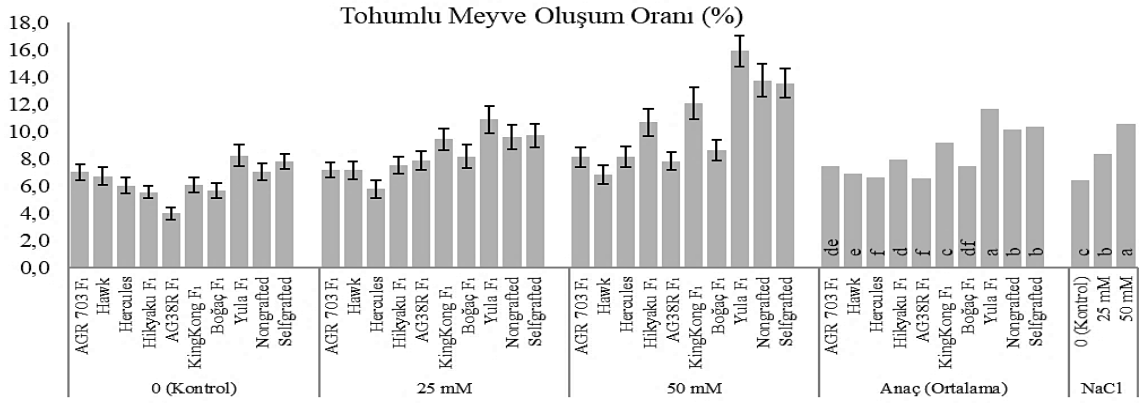
Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.12. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcan meyvelerinde renk bozulmasına etkisi (%)



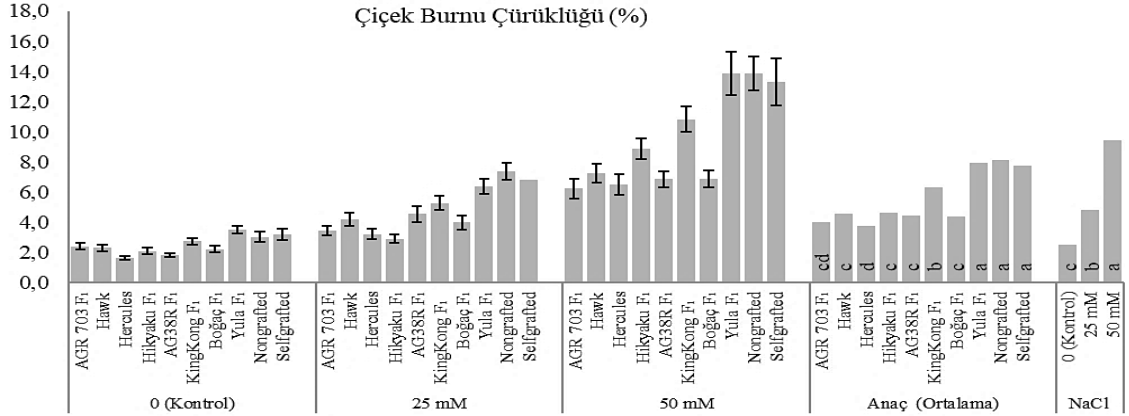
Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.13. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcan meyvelerinde kabarma bozulmasına etkisi (%)



Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.14. Tuz stresi ve aşılanmanın patlıcanda tohumlu meyve oluşumu oranına etkisi (%)



Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.15. Tuz stresi ve aşılanmanın patlıcanda çiçek burnu çürüklüğüne etkisi (%)

4.1.15. Tuz stresi ve aşılanmanın meyve kabuk rengi parametrelerine etkisi

Meyve renk açıklığı (L^*):

Bitkisel üretimde meyve kalitesini belirleyen önemli fiziksel parametrelerden biri olan L^* değeri meyve kabuğunun açıklığını/koyuluğunu nicel olarak ifade eder. Denemede farklı tuz stresi koşullarında değişik anaçlar üzerine aşılanmış bitkilerin meyve L^* değeri üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($P < 0.001$, Şekil 4.16). Kontrol koşullarında, patlıcan meyve kabuğu L^* değeri 23.12 ile 30.15 arasında değişmiş; en düşük değer

AG38R F₁ anacında, en yüksek değer ise Hawk anacında ölçülmüştür. Aşısız bitkilerde ise L* değeri 29.06±1,82 ile nispeten yüksek bulunmuştur. 25 mM NaCl uygulaması, genel olarak L* değerlerini artırma eğiliminde olmuş; özellikle AG38R F₁ (30.64±1.74), Yula F₁ (30.24±2.47) ve Hawk (30.85±1.54) anaçlarında bu artış daha belirgin olmuştur. 1 bitkilerde bu artış belirgin olmuştur. 50 mM NaCl uygulamasında ise bazı anaçlarda belirgin renk açılması (örneğin Hawk, Hercules ve Hikyaku F₁'de L* değerleri sırasıyla 33.45±2.27, 33.52±2.40 ve 33.88±2.34) gözlenirken; AGR 703 F₁ (22.37±1.49) ve KingKong F₁ (26.11±1.85) gibi anaçlarda L* değerinin azalması dikkat çekmektedir.

Anaçlara göre ortalama L* değerleri incelendiğinde, Hawk (31.48) ve Hercules (30.63) en yüksek değerlere sahipken, AGR 703 F₁ (25.18) ve KingKong F₁ (26.19) gibi anaçlar en düşük L* değerlerini göstermiştir. Bu sonuçlar, Hawk ve Hercules anaçlarının meyve kabuğu rengini açtığını, AGR 703 F₁ gibi bazı anaçların ise daha koyu renk oluşumunu desteklediğini göstermektedir (P <0.001). Tuz seviyelerine göre değerlendirildiğinde ise NaCl dozundaki artışla birlikte L* değerinin arttığı (sırasıyla kontrol: 26.78; 25 mM: 29.20; 50 mM: 30.22) görülmektedir. Bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmuş (P <0.001) ve tuz stresinin belirli bir eşiğe kadar meyve kabuğunda renk açılmasına yol açabileceğini düşündürmektedir.

Meyve renk doygunluğu (Chroma):

Meyve renk doygunluğu (chroma), patlıcanın pazarlanabilirliğini doğrudan etkileyen önemli kalite özelliklerinden biri olup, çalışmada tuz stresi koşullarında farklı anaçlar üzerine aşılamanın etkisi önemli bulunmuştur (P=0.000, Şekil 4.17). Kontrol koşullarında, en yüksek chroma değeri AGR 703 F₁ (5.24±0.23) anacından elde edilirken, bunu AG38R F₁ (4.59±0.36) ve KingKong F₁ (4.36±0.35) anaçları takip etmiştir. Aşısız bitkiler 3.98±0.19 Chroma değeriyle daha düşük renk doygunluğu göstermiştir. 25 mM NaCl uygulaması, genel olarak anaçlara bağlı olarak değişken etki göstermiştir. AGR 703 F₁, Hawk ve Hercules gibi anaçlarda renk doygunluğu korunmuş ya da kısmen artış göstermiştir (Hercules: 4.53±0.68), ancak AG38R F₁ gibi bazı anaçlarda azalma gözlenmiştir (3.89±0.19). 50 mM NaCl uygulamasında, farklı bir sonuç ortaya çıkmış, Boğaç F₁ (5.30±0.46) ve Yula F₁ (4.99±0.40) gibi anaçlar, yüksek

tuz stresine rağmen en yüksek renk doygunluğu değerlerini vermiştir. Diğer yandan, AGR 703 F₁ gibi stres koşullarında performansı düşen anaçlarda renk doygunluğu belirgin şekilde azalmıştır (3.58±0.26).

Anaçlara göre ortalama değerlere bakıldığında, Boğaç F₁ (4.47) anacı en yüksek ortalama chroma değerine ulaşmıştır. Bunu sırasıyla Hawk (4.28), AGR 703 F₁ (4.26) ve Yula F₁ (4.25) takip etmiştir. En düşük değerler ise kendi üzerine aşılı ve (4.00) ve Hikyaku F₁ (4.02) anacında gözlenmiştir. Bu bulgular, anaç seçiminin meyve renk kalitesi üzerinde belirleyici olduğunu göstermektedir (P=0.001). NaCl uygulamaları bakımından değerlendirildiğinde, en yüksek ortalama renk doygunluğu değeri 50 mM NaCl (4.29) düzeyinde elde edilmiştir. Kontrol grubunda bu değer 4.19 iken, 25 mM uygulamasında hafif bir düşüşle 4.08'e gerilemiştir (P=0.003). Araştırma bulguları hem anaç seçiminin hem de uygulanan tuz düzeyinin patlıcanda meyve renk doygunluğunu anlamlı düzeyde etkilediğini ortaya koymuştur. Özellikle Boğaç F₁ ve Yula F₁ anaçları, tuz stresine karşı meyve renk doygunluğunu koruma veya artırma yönüyle öne çıkmaktadır. Öte yandan, yüksek tuz stresi koşullarında AGR 703 F₁ gibi bazı anaçların renk kalitesinde düşüş yaşanması, tuz stresi toleransının anaç bazında değerlendirilmesi gerekliliğini vurgulamaktadır.

Meyve renk tonu (Hue°):

Patlıcanda meyve renk tonu (Hue°), meyvede baskın rengin dalga boyunu temsil etmekte olup, düşük değerler kırmızı-mor tonlarını, yüksek değerler ise yeşil-sarı tonlarını işaret etmekte olup, denemede anaç ve tuz uygulamalarının meyve renk tonu üzerinde önemli etkisi olduğu belirlenmiştir (P=0.000, Şekil 4.18). Kontrol koşullarında aşısız (36.49) ve kendi üzerine aşılı bitkilerde (32.38) elde edilen Hue° değerleri, meyvelerin daha açık renk tonuna sahip olduklarını göstermektedir. Bu koşullarda AGR 703 F₁ (29.04) ve AG38R F₁ (29.75) anaçları, kontrol grubuna kıyasla daha düşük Hue° değerleri sergilemiştir. Benzer şekilde Hercules, Hikyaku F₁ ve KingKong F₁ anaçlarında da Hue° değerleri kontrol grubundan düşük ya da benzer düzeyde ölçülmüştür. 25 mM NaCl uygulamasında tuz stresinin genel eğilimi, Hue° değerlerini artırmak yönünde olmuştur. Ancak AGR 703 F₁ (34.57) ve AG38R F₁ (34.93) anaçları, aşısız bitkilere göre (39.49) daha düşük renk tonu değerleri sergilemiştir. Özellikle

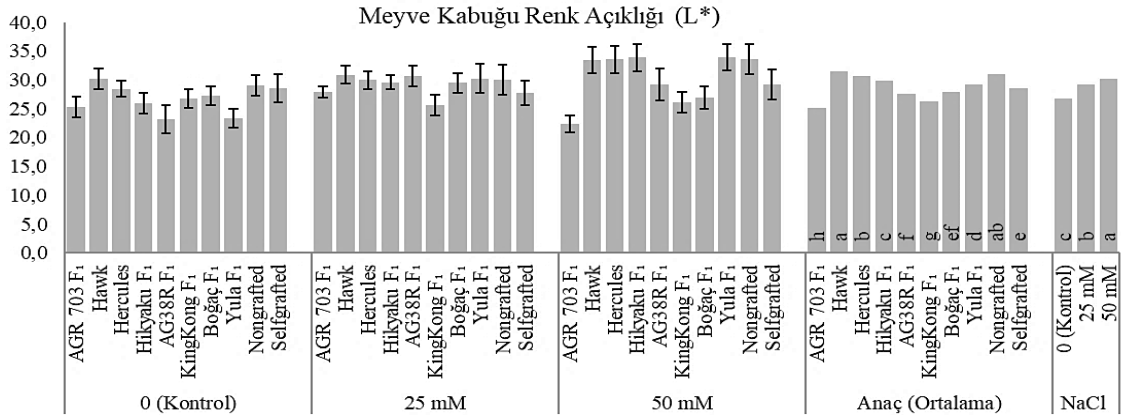
Boğaç F₁ (31.05) anacında bu etki daha belirgindir. Buna karşın Yula F₁ (40.81) ve Hikyaku F₁ (40.56) gibi anaçlar, aşısız kontrole göre daha yüksek Hue° değeri göstermiştir. 50 mM NaCl uygulamasında da benzer sonuçlar dikkat çekmektedir. Aşısız bitkilerde 38.76 olan Hue° değeri, AGR 703 F₁ (31.12), AG38R F₁ (29.56) ve KingKong F₁ (29.90) gibi anaçlarda daha düşük kalmıştır. Buna karşılık Yula F₁ (45.38) ve Boğaç F₁ (40.67) gibi bazı anaçlar ise kontrol grubundan daha yüksek değerlerle renk gelişimini olumsuz etkileyen anaçlar olarak dikkat çekmiştir.

Anaç ve tuz uygulamalarının ortalama meyve renk tonu üzerindeki etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (anaç için P=0.000; NaCl için P=0.006). Aşısız ve kendi üzerine aşıli bitkilerin ortalama Hue° değerleri sırasıyla 38.25 ve 34.11 olurken, KingKong F₁ (32.63), AGR 703 F₁ (31.58) ve AG38R F₁ (31.41) anaçları, kontrol grubuna göre belirgin şekilde daha düşük Hue° değerleri ile öne çıkmıştır. Tuz uygulamaları açısından, Hue° değerleri kontrol grubunda (33.56) en düşük düzeyde kalırken, 25 mM (35.80) ve 50 mM (35.95) uygulamalarıyla artış göstermiştir.

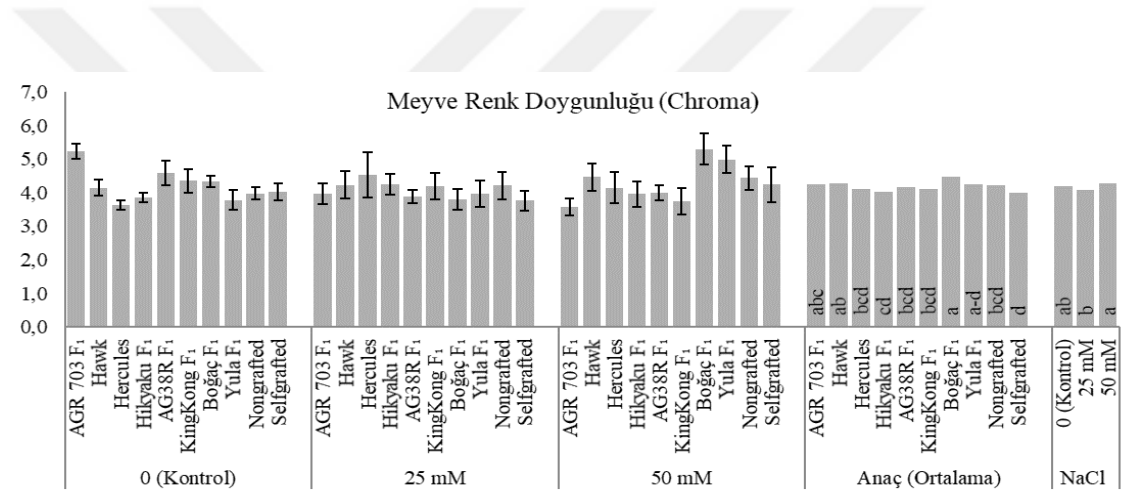
Çalışmada farklı anaçlara aşılanmış patlıcan bitkilerinde tuz stresinin meyve kabuk rengi üzerine etkileri L* (renk açıklığı), Chroma (renk doygunluğu) ve Hue° (renk tonu) parametreleri üzerinden değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular hem anaç seçiminin hem de uygulanan tuz düzeylerinin meyve rengi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiler yarattığını göstermektedir. Denemede elde edilen sonuçlar mevcut literatürle büyük ölçüde uyumlu olup, özellikle aşılamanın renk oluşumu sürecinde oynadığı rolü ve tuz stresine karşı renk stabilitesini nasıl etkilediğini ortaya koymaktadır. L* değeri meyvenin açık veya koyu renkli olup olmadığını belirten önemli bir parametre olup, denemede 25 mM ve özellikle 50 mM NaCl uygulamalarında birçok anaçta L* değerinin arttığı, yani meyve kabuğunun daha açık hale geldiği belirlenmiştir. Özellikle Hawk, Hercules ve Hikyaku F₁ anaçları bu artışta dikkat çekmektedir. Tezcan ve ark. (2025) patlıcanda aşılamanın meyve L* renk değerini korunduğunu ve aşısız bitkilerde renk koyulaşmasının stresin bir belirtisi olduğunu vurgulamaktadırlar. Öte yandan Moncada ve ark. (2013), aşıli bitkilerde L* değerinin düşerek daha koyu renklerin ortaya çıktığını belirtmektedirler. Denemede her iki literatürün de sonuçlarını doğrular bulgular elde edilmiş olup, kullanılan anaca bağlı olarak L* renk değeri kontrole göre daha yüksek veya daha düşük gerçekleşmiştir.

Chroma değeri, meyve renginin ne kadar canlı ve doymuş olduğunu ifade eder ve denemede kontrol koşullarında bazı anaçlarda Chroma kontrol bitkilerine göre daha yüksek çıkmıştır. Tuz stresinin etkisiyle bazı anaçlarda chroma değeri korunurken, bazı anaçlarda belirgin düşüşler görülmüştür. Bu durum, aşı kombinasyonlarının tuz stresine karşı meyve renginin canlılığını koruma kapasitesini etkileyebileceğini göstermektedir. Mozafarian ve ark. (2020), belirli anaçlara aşılamanın meyve kabuğunun chroma değerini kontrol bitkilerine kıyasla artırdığını, benzer şekilde Mozafarian ve ark. (2023), *S. grandifolium* × *S. melongena* melez anacının meyve renginde daha homojen ve canlı sonuçlar verdiğini, buna karşın Moncada ve ark. (2013), aşılamanın chroma değerini düşürdüğünü ve bunun meyve rengini daha mat hale getirdiğini bildirmektedirler. Literatürdeki bu çelişkili bulgular anaç seçiminin ve stres koşullarının meyve rengindeki doymuşluk üzerine etkili olduğunu göstermektedir.

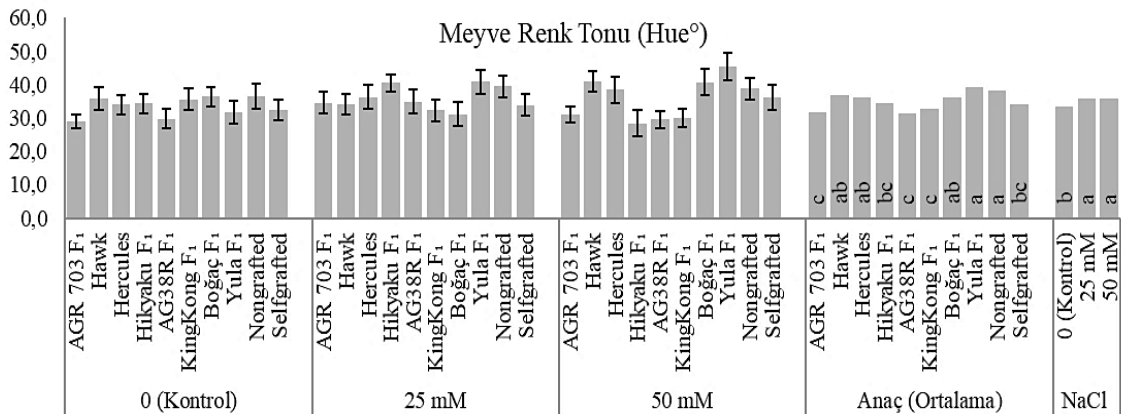
Hue açısı, meyvenin hangi renk spektrumunda yer aldığını, düşük hue° değerleri daha mor-kırmızı tonlarını, yüksek hue° değerleri ise yeşilimsi sarı tonlarını ifade eder. Çalışmada kontrol grubunda aşısız bitkiler yüksek hue° değerleri gösterirken, bazı anaçların daha düşük hue° değerleri oluşturduğu, 25 ve 50 mM NaCl uygulamalarında bazı anaçlarda hue° değerinde artış gözlenirken, bazı anaçların düşük hue° değerleri ile öne çıktığı görülmektedir. Denemede elde edilen sonuçlar Sabatino ve ark. (2019) tarafından bildirilen, *S. torvum* ile aşılanan meyvelerde hue° değerinin daha yüksek olduğu ancak bazı anaçların hue° değerini düşürdüğü sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Ayrıca, Mozafarian ve ark. (2020) aşılamanın hue° değerini etkileyerek patlıcan meyvelerinde renk tonunun farklılaşmasına neden olduğunu belirtmektedirler. Literatürde aşılamanın ve tuz stresinin ayrı ayrı veya birlikte kullanıldığı çalışmalarda meyve rengine ait ölçüm ve gözlemler oldukça sınırlı olup, patlıcanın farklı tiplerinin değişik meyve renklerine sahip olmasının da renk üzerine etki eden faktörlerin değerlendirilmesinde zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu kapsamda denemeden elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde aşılamanın ve tuz stresinin meyve kabuk rengi üzerinde farklı etkiler oluşturduğu, stres koşullarında aşılı bitkilerde renk parametrelerinin daha stabil ve dengeli seyrettiği, ancak anaç seçiminde meyve rengi gibi pazarlama açısından önemli kalite kriterlerinin dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.



Şekil 4.16. Tuz stresi ve aşılamının patlıcanda meyve kabuk rengi açıklığına (L*) etkisi



Şekil 4.17. Tuz stresi ve aşılamının patlıcanda meyve renk doygunluğuna (Chroma) etkisi



Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.18. Tuz stresi ve aşılamının patlıcanda meyve renk tonu (Hue°) üzerine etkisi

4.1.16. Tuz stresi ve aşılamanın yaprak renk parametrelerine etkisi

Yaprak renk açıklığı (L*):

Tuz stresi ve farklı anaçların patlıcanda yaprak L* rengi üzerinde istatistiksel olarak önemli farklılıklar yaratmıştır (P=0.000, Şekil 4.19). Kontrol koşullarında en yüksek L* değeri 44.34 ile hem Yula F₁ hem de aşısız bitkilerde gözlenmiş, bu da stres altında olmayan bu uygulamaların yaprak renginin daha açık olduğunu göstermektedir. Bu grubu 43.70 ile Hawk, 43.53 ile Hercules, 43.51 ile kendi üzerine aşılı bitkiler izlemiştir. Buna karşılık KingKong F₁ (40.45) ve AG38R F₁ (40.75) gibi bazı anaçlarda daha düşük L* değeri kaydedilmiştir, bu da bu anaçların yapraklarının daha koyu yeşil tonda olduğunu göstermektedir. 25 mM NaCl uygulamasında yaprak L* değerleri genel olarak düşmüştür. En düşük değer 39.62 ile Hikyaku F₁'de ölçülmüş, bunu 39.64 ile Yula F₁ ve 40.09 ile Hawk takip etmiştir. Bu durum, tuz stresinin klorofil içeriğini artırarak yaprak rengini koyulaştırdığını göstermektedir. 50 mM NaCl uygulamasında Yula F₁ (44.00), Hikyaku F₁ (43.57) ve Hawk (42.39) yüksek L* değerleri ile öne çıkarken, yaprak rengi hem tuz seviyesine hem de anaç seçimine bağlı olarak değişmiş ve bitkilerin stres tepkileri açısından ayırt edici bir parametre olarak öne çıkmıştır.

Yaprak L* rengi üzerine anaç ve NaCl uygulamalarının etkisi ayrı ayrı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.001). Anaç bazında değerlendirildiğinde, en yüksek yaprak açıklığı kendi üzerine aşılı bitkiler (42.70) ile Yula F₁ (42.66) anacında belirlenmiştir. Bu iki uygulamanın yaprak renkleri daha açık renkte olmuştur. Bu uygulamaları 42.33 ile aşısız bitkiler, 42.06 ile Hawk, 42.05 ile Hercules ve 41.98 ile Hikyaku F₁ takip etmiştir. Buna karşılık KingKong F₁ (40.74), Boğaç F₁ (40.78) ve AG38R F₁ (40.87) yapraklarında daha düşük L* değerleri tespit edilmiştir. NaCl uygulamalarının ortalamasına göre ise, kontrol grubu en yüksek yaprak açıklığına sahip olmuş (42.62), bunu 50 mM NaCl (42.12) ve 25 mM NaCl (40.54) uygulamaları izlemiştir. 25 mM tuz uygulaması, yapraklarda belirgin bir koyulaşma meydana getirirken, 50 mM düzeyindeki yüksek stres koşulunda yaprak rengi tekrar açılmıştır.

Yaprak renk doygunluğu (Chroma):

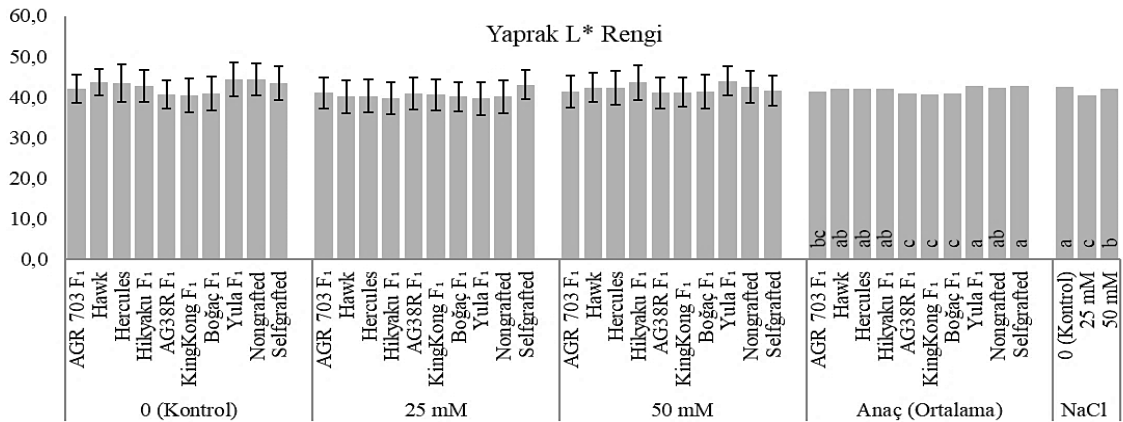
Chroma değeri, bitki yapraklarında renk canlılığının bir göstergesi olup, klorofil içeriği ve genel bitki sağlığı hakkında dolaylı bilgi sunmaktadır. Denemede NaCl uygulamaları ve anaçlar arasında önemli farklılıklar gözlenmiş olup, her iki faktör de istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$, Şekil 4.20). Kontrol koşullarında en yüksek Chroma değeri AGR 703 F₁ (14,55) anacında elde edilmiş, onu AG38R F₁ (13.16) ve kendi üzerine aşılı bitkiler (13.21) takip etmiştir. Aşısız bitkilerise 10.85 değeriyle daha düşük bir Chroma sergilemiştir. 25 mM NaCl uygulamasında, genel olarak yaprak renk doygunluğu değerlerinin korunduğu ya da hafif arttığı görülmüştür. Özellikle Yula F₁ (14.50) ve AGR 703 F₁ (14.04) anaçları bu düzeyde de yüksek performans sergilemiş, ayrıca aşısız bitkiler de bu seviyede (13.66) dikkate değer bir Chroma değeri göstermiştir. Buna karşın, 50 mM NaCl düzeyinde birçok anaçta Chroma değerlerinde belirgin bir azalma gözlenmiştir. Bu durum, yüksek tuz konsantrasyonunun yaprak pigment içeriğini olumsuz etkileyerek renk doygunluğunu düşürdüğünü göstermektedir. Ancak, bu seviyede dahi Yula F₁ (13.77) ve Hikyaku F₁ (12.77) gibi bazı anaçların yüksek Chroma değerini koruduğu görülmüştür; bu da bu anaçların yüksek tuz koşullarında pigment stabilitesini sürdürebildiğini göstermektedir. Ortalama değerlere göre, en yüksek yaprak renk doygunluğu AGR 703 F₁ (13.49) ve Yula F₁ (12.99) anaçlarında elde edilmiştir. Bu iki anaç hem kontrol hem de tuz koşullarında genellikle yüksek Chroma değeri sergileyerek öne çıkmıştır. En düşük ortalama ise Boğaç F₁ (11.83) anacında gözlenmiştir. Tuz seviyesi bazında incelendiğinde, 25 mM NaCl (12.71) en yüksek ortalama Chroma değerine sahipken, bunu kontrol (12.17) ve 50 mM (12.12) düzeyleri izlemiştir. Bu bulgu, orta düzey tuz stresinin yaprak pigmentasyonu üzerinde uyarıcı bir etki yaratabileceğini, ancak daha yüksek seviyelerde bu etkinin olumsuz yönde değiştiğini göstermektedir.

Yaprak renk tonu (Hue°):

Yaprak renk tonu Hue°, bitkinin yapraklarında gözlenen ana rengin tonunu yansıtan bir parametre olup, genellikle yeşilden sarıya doğru olan değişimi ifade eder. Yüksek Hue° değerleri daha sağlıklı yeşil tonlara, düşük değerler ise sararmaya yönelen bir renk

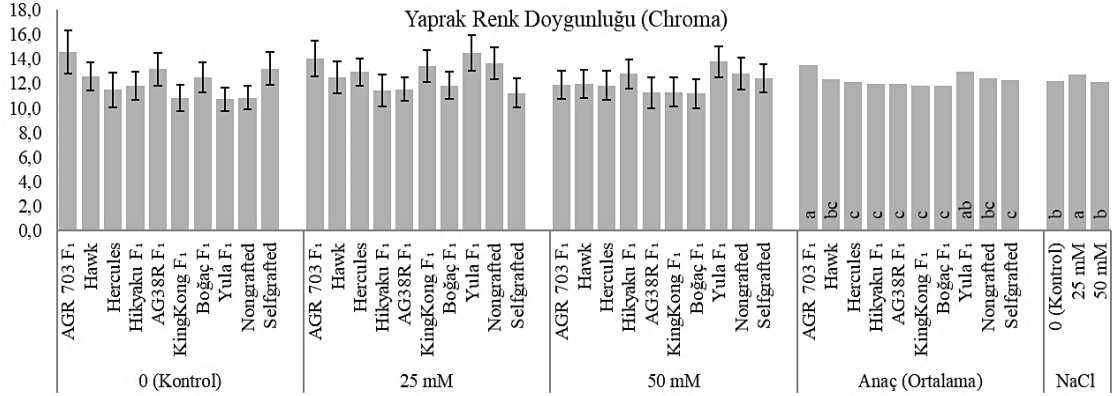
tonuna işaret eder. Denemede tuz stresinin ve farklı anaçların patlıcanda yaprak renk tonu (Hue°) üzerindeki etkileri incelendiğinde, genel olarak sınırlı düzeyde farklılıklar gözlenmiş olsa da bazı dikkat çekici eğilimler ortaya çıkmıştır. Kontrol ortamında en yüksek Hue° değeri Hercules (50.23±5.25) ve KingKong F₁ (49.98±5.33) anaçlarında ölçülmüş, bu da stres koşulları olmaksızın bu anaçların yapraklarda daha sağlıklı renk tonunu koruyabildiğini göstermektedir. Düşük Hue° değerleri ise Boğaç F₁ (44.86±59.21) ve aşısız bitkilerde (44.83±4.31) gözlenmiştir. 25 mM NaCl uygulamasında genel olarak Hue° değerlerinde hafif bir düşüş eğilimi gözlenmiştir. Ancak bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (P = 0.079; ö.d.). 50 mM NaCl düzeyinde ise bazı anaçların, örneğin Hikyaku F₁ (49.19±4.23) ve Boğaç F₁ (48.75±5.18) gibi, stres koşullarında dahi yüksek Hue° değerlerini koruduğu dikkat çekmektedir (Şekil 4.21).

Anaç ve tuz stresi uygulamalarının genel ortalamalarına bakıldığında, Hue° açısından en yüksek ortalama Hercules (49.16) ve Hikyaku F₁ (48.41) anaçlarında elde edilmiştir. Bu değerler, bu anaçların genel renk tonu stabilitesini koruyabildiğini göstermektedir. Tuz uygulamalarına göre değerlendirildiğinde, 50 mM NaCl uygulaması, diğer dozlara göre daha yüksek ortalama Hue° değerine (48.05) sahip olmuş ve bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (P = 0.037*). Genel olarak, anaçların Hue° üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte (P = 0.083; ö.d.), bazı genotiplerin stres altında dahi yaprak renk tonunu koruyabildiği, bu nedenle anaç seçiminde fizyolojik dayanıklılığın da göz önünde bulundurulması gerektiği sonucuna varılabilir.



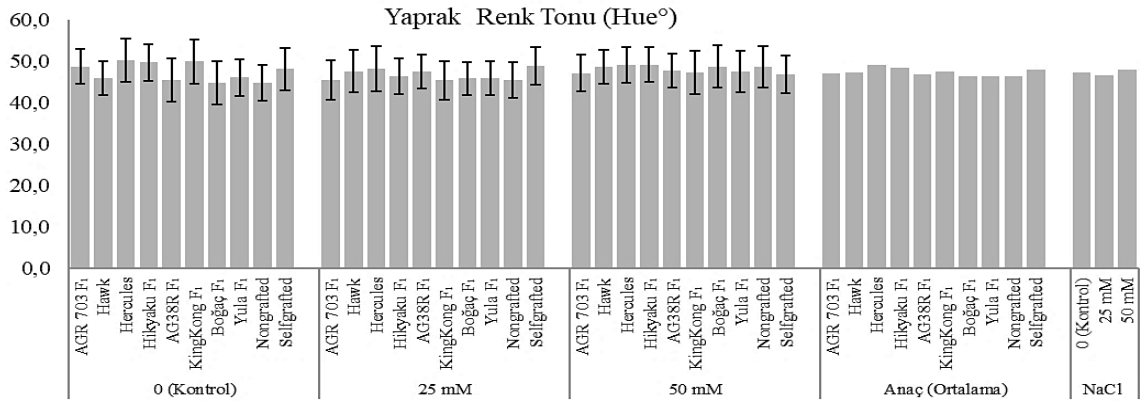
Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir (p < 0,05; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.19. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda yaprak renk açıklığına (L*) etkisi



Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.20. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda yaprak renk doygunluğu (Croma) üzerine etkisi



Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Şekil 4.21. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda yaprak renk tonu (Hue°) üzerine etkisi

4.2. Patlıcanda Alkali Stresi Koşullarında Aşılamanın Etkileri

4.2.1 Alkali stresi koşullarında aşılamanın patlıcanda verim parametrelerine etkisi

Pazarlanabilir verim(t/ha):

Alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda pazarlanabilir verim üzerindeki etkileri incelendiğinde, pH düzeyi ($p < 0.001$), anaçlar ($p < 0.001$) ve pH × anaç interaksiyonunun ($p < 0.05$) istatistiksel olarak önemli etkiler oluşturduğu, etki büyüklüğü incelendiğinde,

pazarlanabilir verim üzerinde en güçlü etkiyi pH faktörünün yarattığı ($\eta^2=0.910$), bunu anaç ($\eta^2=0.846$) ve interaksiyon etkisinin ($\eta^2=0.288$) izlediği görülmektedir (Çizelge 4.8). Normal pH koşullarında pazarlanabilir verim en yüksek düzeye Hawk (215.21 t/ha) ve Hercules (218.93 t/ha) anaçlarında ulaşmış, Boğaç F₁ (193.47 t/ha) ve AG38R F₁ (187.54 t/ha) anaçları da yüksek performans göstermiştir. Buna karşın, Yula F₁ (153.24 t/ha) en düşük pazarlanabilir verimi verirken, aşısız (174.57 t/ha) ve kendi üzerine aşılı (171.95 t/ha) bitkiler de düşük verim grubu içinde yer almıştır. Alkali stres koşullarında pazarlanabilir verim belirgin şekilde düşmüş ve ortalama değerlerde yaklaşık %26 gerileme kaydedilmiştir. Bu koşullarda en yüksek verim Hawk (166.10 t/ha), Hercules (158.22 t/ha) ve Boğaç F₁ (152.87 t/ha) anaçlarında elde edilmiştir. Buna karşın, aşısız (121.15 t/ha), kendi üzerine aşılı (114.27 t/ha) ve Yula F₁ (119.83 t/ha) anaçı en düşük verim değerlerini göstermiştir. Hawk anaçının alkali koşullarda aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilere kıyasla pazarlanabilir verimi sırasıyla %37 ve %45 oranında artırdığı, Boğaç F₁'in ise bu oranları %26 ve %34 düzeyinde yükselttiği belirlenmiştir. Genel olarak sonuçlar, alkali stresin pazarlanabilir verimde ciddi düşüşlere yol açtığını, ancak stres toleransı yüksek anaçların bu kayıpları önemli ölçüde telafi edebildiğini göstermektedir. Özellikle Hawk ve Hercules anaçları normal ve alkali stres altında üstün performans sergileyerek öne çıkmıştır. Buna karşılık, Yula F₁ ile aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkiler stres koşullarında en düşük verim değerlerine sahip olmuşlardır. Bu bulgular, anaç seçiminin pazarlanabilir verim performansı üzerinde kritik rol oynadığını ve stres toleransı yüksek anaçların alkali koşullarda üretim kayıplarını önemli ölçüde minimize ettiğini ortaya koymaktadır.

Pazarlanabilir erkenci verim (t/ha):

Alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda pazarlanabilir erkenci verim üzerine etkileri incelendiğinde, pH düzeyi ($P=0.000$), anaçlar ($P=0.000$) ve pH \times anaç interaksiyonunun ($P=0.010$) istatistiksel olarak önemli olduğu, etki büyüklüğü analizlerine göre, pH faktörü erkenci verim üzerinde güçlü ($\eta^2=0.977$), anaç etkisi orta ($\eta^2=0.615$), pH \times anaç interaksiyonu ise zayıf-orta ($\eta^2=0.532$) düzeyde etkili bulunmuştur (Çizelge 4.8). Normal pH koşullarında pazarlanabilir erkenci verim en yüksek düzeye Hercules (39.18 t/ha) ve Hawk (39.00 t/ha) anaçlarında ulaşmıştır. Bunları KingKong F₁

(38.13 t/ha), AG38R F₁ (37.75 t/ha) ve aşısız bitkiler (36.77 t/ha) izlemiştir. En düşük değer Yula F₁ (34.15 t/ha) ve kendi üzerine aşılı bitkilerde (34.88 t/ha) kaydedilmiştir. Alkali ortamda erkenci verimde belirgin bir düşüş gözlenmiş ve ortalama değerlerde yaklaşık %54 oranında azalma meydana gelmiştir. Bu ortamda en yüksek erkenci verim Hawk (20.07 t/ha) ve Hercules (20.06 t/ha) anaçlarında tespit edilmiştir. Buna karşın, Yula F₁ (13.20 t/ha), KingKong F₁ (13.63 t/ha) ve AG38R F₁ (14.50 t/ha) anaçları en düşük değerleri göstermiştir. Genel ortalamalar dikkate alındığında, Hercules (29.62 t/ha) ve Hawk (29.54 t/ha) anaçları istatistiksel olarak üstünlük göstermiş, Boğaç F₁ (26.31 t/ha), AG38R F₁ (26.13 t/ha) ve Hikyaku F₁ (25.97 t/ha) orta seviyede yer almışlardır. Yula F₁ (23.67 t/ha), aşısız (26.50 t/ha) ve kendi üzerine aşılı bitkiler (25.20 t/ha) ise daha düşük verim değerlerine sahip olmuştur. Sonuç olarak, alkali stres pazarlanabilir erkenci verimde ciddi kayıplara neden olmakla birlikte, Hercules ve Hawk anaçları bu kayıpları önemli ölçüde sınırlandırarak öne çıkmıştır. Hercules anacı alkali ortamda aşısız bitkilere kıyasla erkenci verimi %24 oranında artırmış, bu da söz konusu anacın stres toleransında etkin rol oynadığını göstermektedir.

Pazarlanabilir meyve sayısı (adet/bitki):

Pazarlanabilir meyve sayısı bakımından yapılan değerlendirmede, ortam pH düzeyi (P=0.000), anaçlar (P=0.000) ve pH × anaç interaksyonunun (P=0.047) istatistiksel olarak önemli etkiler oluşturmuş, etki büyüklüğü analizlerine göre, pH ($\eta^2=0.870$) ve anaç ($\eta^2=0.770$) faktörleri çok yüksek düzeyde etkili olurken, pH × anaç interaksyonu orta düzeyde ($\eta^2=0.237$) etki göstermiştir (Çizelge 4.8). Normal pH ortamında en yüksek pazarlanabilir meyve sayısı Hawk (57.41 adet) ve Hercules (56.55 adet) anaçlarında elde edilmiştir. Bunları Boğaç F₁ (51.32 adet) ve AG38R F₁ (49.44 adet) anaçları takip etmiştir. Yula F₁ (36.71 adet), aşısız (45.66 adet) ve kendi üzerine aşılı (44.11 adet) bitkiler en düşük meyve sayısına sahip olmuşlardır. Alkali uygulamasında genel olarak meyve sayılarında belirgin bir düşüş kaydedilmiş, ortalama değerlerde yaklaşık %28 oranında azalma gözlenmiştir. Bu ortamda yüksek meyve sayısı Hawk (41.58 adet) ve Hercules (39.59 adet) anaçlarında görülmüş, Boğaç F₁ (37.02 adet) ve AG38R F₁ (37.23 adet) orta düzeyde meyve sayısına sahip anaçlar olmuşlardır. En düşük meyve sayısı ise kendi üzerine aşılı (30.11 adet), aşısız (31.46 adet) ve Yula F₁

(30.71 adet) bitkilerde kaydedilmiştir. Alkali ortamda Hawk anacı, aşısız bitkilere kıyasla meyve sayısını %32.2 ve kendi üzerine aşılı bitkilere göre %38.0 artırmıştır. Hercules anacında ise bu artışlar sırasıyla %25.9 ve %31.4 oranında gerçekleşmiştir. Sonuç olarak, alkali stresi pazarlanabilir meyve sayısında önemli azalmaya yol açmış, ancak Hawk ve Hercules anaçları bu kaybı büyük ölçüde sınırlamıştır.

Pazarlanabilir meyve ağırlığı (g):

Pazarlanabilir meyve ağırlığı üzerine yapılan varyans analizinde, ortam pH'sı ($P=0,000$) ve anaçlar ($P=0.026$) istatistiksel olarak önemli etkiler oluştururken, $pH \times$ anaç etkileşimi anlamsız bulunmuştur ($P=0.442$) (Çizelge 4.8). Etki büyüklüğü incelendiğinde pH faktörünün çok yüksek düzeyde ($\eta^2=0.731$), anaç faktörünün düşük düzeyde ($\eta^2=0.258$) etkiye sahip olduğu, interaksiyonun ise önemsiz düzeyde kaldığı görülmektedir. Ortalama değerlere göre, kontrol ortamında meyve ağırlığı 209,35 g iken, alkali ortamda 189.26 g'a gerileyerek yaklaşık %9.6'lık bir düşüş göstermiştir. Normal pH ortamında en yüksek meyve ağırlığı Hawk (219,30 g) ve Hercules (218.23 g) anaçlarında ölçülürken, Yula F₁ (200.68 g) ve kendi üzerine aşılı (202.85 g) bitkiler en düşük ağırlığa sahip uygulamalar olmuştur. Alkali ortamda ise Hercules (193.41 g), Hawk (190.53 g) ve Boğaç F₁ (190.20 g) anaçları öne çıkarken, kendi üzerine aşılı (186.65 g) ve AGR 703 F₁ (187.36 g) en düşük ağırlığa sahip olmuşlardır. Ortalama anaç etkilerine bakıldığında Hercules (205.82 g) ve Hawk (204.91 g) en yüksek değerlere ulaşmış, Yula F₁ (194.59 g) ve kendi üzerine aşılı (194.75 g) bitkiler en düşük grupta yer almıştır. En yüksek ile en düşük anaç ortalaması arasındaki fark %5.5 olmuştur. Sonuç olarak, pazarlanabilir meyve ağırlığında esas belirleyici etmenin ortam pH'sı olduğu, anaçlar arasındaki farklılıkların ise istatistiksel olarak anlamlı ancak dar bir aralıkta gerçekleştiği belirlenmiştir.

Iskarta verim (t/ha):

Alkali stresi ($P=0.000$), aşılama ($P=0.000$) ve $pH \times$ anaç interaksiyonu ($P=0.000$) iskarta verim üzerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde etkili olurken, etki büyüklüklerine bakıldığında anaç faktörünün etkisinin çok yüksek düzeyde ($\eta^2=0.613$),

pH ($\eta^2=0.399$) ve bu iki faktörün interaksyonunun ($\eta^2=0.414$) orta olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.9). Normal koşullarda ortalama ıskarta verim 22.46 t/ha iken alkali koşullarda bu değer 26.65 t/ha'a yükselmiştir. Bu artış, alkali stresin ıskarta ürün miktarını önemli ölçüde artırdığını göstermektedir. Anaç bazında değerlendirildiğinde, her iki koşulda da en düşük ıskarta verim Hawk (20.75 t/ha), KingKong F₁ (20.92 t/ha), Hercules (21.51 t/ha) ve Hikyaku F₁ (21.49 t/ha) anaçlarında kaydedilmiştir. Bu anaçlar alkali stres koşullarında verim kalitesini daha iyi korumuşlardır. Buna karşılık, kendi üzerine aşılı (29.63 t/ha), Boğaç F₁ (28.38 t/ha) ve aşısız (28.24 t/ha) bitkiler en yüksek ıskarta verim değerlerine ulaşmıştır. Alkali ortamda ise ıskarta verim özellikle kendi üzerine aşılı (29.16 t/ha), aşısız (32.03 t/ha) ve Boğaç F₁ (35.13 t/ha) uygulamalarında belirgin şekilde artmıştır. Örneğin, Boğaç F₁ anacında alkali ortamda ıskarta verim, normal koşullara göre yaklaşık %62 oranında artarken, aşısız bitkilerde bu artış %31 seviyesinde gerçekleşmiştir. Sonuç olarak, alkali ortamda ıskarta verim artarken, anaçlara bağlı olarak aşılama ıskarta oranını azaltmada etkili olmuştur.

ıskarta meyve sayısı (adet/bitki):

Çalışmada alkali stresi, aşılama ve pH × anaç interaksyonu ıskarta meyve sayısına önemli derecede etki etmiştir (P=0.000). Etki büyüklüğü analizleri anaç faktörünün çok yüksek ($\eta^2=0.855$), pH'ın yüksek ($\eta^2=0.760$) ve interaksyonun orta düzeyde ($\eta^2=0.423$) etkili olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.9). Ortalama değerler, alkali koşulların ıskarta meyve sayısını belirgin biçimde artırdığını ortaya koymuştur; normal pH ortamında 7,52 adet olan ıskarta meyve sayısı, alkali ortamda %28 artarak 9.64 adete ulaşmıştır. Anaçlar bazında en yüksek ıskarta meyve sayısı kendi üzerine aşılı (10.75 adet), aşısız (10.34 adet) ve Yula F₁ (10.01 adet) uygulamalarında kaydedilmiştir. Özellikle Yula F₁, normal koşullarda 7.75 adet olan ıskarta meyve sayısını alkali ortamda 12.26 adete çıkararak %58 oranında artış göstermiştir. Aşısız bitkilerde %34, kendi üzerine aşılı bitkilerde ise %18 oranında artış gözlenmiştir. Buna karşın en düşük ıskarta meyve sayıları Hawk (6.30 adet), Hercules (6.85 adet) ve Hikyaku F₁ (6.91 adet) anaçlarında ölçülmüş, özellikle Hawk anacı alkali koşullarda sadece %25 oranında artış göstererek kalite kayıplarını sınırlandırmıştır. Bu veriler, ıskarta meyve sayısının alkali ortamda arttığını ve anaç seçiminin bu artışta belirleyici olduğunu göstermektedir.

Iskarta meyve ağırlığı (g):

Iskarta meyve ağırlığı ortam pH'sı, aşılama ve bu faktörlerin interaksyonundan önemli düzeyde etkilenmiştir ($P=0.000$). Etki büyüklüğü analizinde anaç faktörü çok yüksek ($\eta^2=0.926$), pH \times anaç etkileşimi yüksek ($\eta^2=0.791$), pH ise orta düzeyde ($\eta^2=0.423$) etkili bulunmuştur (Çizelge 4.9). Ortalama olarak alkali koşullarda ıskarta meyve ağırlığı %5.7 azalarak 133.50 g'dan 125.89 g'a gerilemiştir. Anaçlar arasında en yüksek ıskarta meyve ağırlığı Hawk (156.78 g) anacında elde edilmiş ve bu anaç alkali ortamda da meyve ağırlığını koruyarak (160,33 g) dikkat çekmiştir. Boğaç F₁ (144.11 g) ve Hercules (143.61 g) anaçları da ıskarta meyve ağırlığı yüksek anaçlar olarak öne çıkmıştır. KingKong F₁ (105.57 g) ve Yula F₁ (106.59 g) ise en düşük ıskarta meyve ağırlığına sahip anaçlar olmuşlardır. AG38R F₁ anacı alkali koşullarda ıskarta meyve ağırlığını %23.9 oranında düşürmüştür (142.93 g \rightarrow 108.80 g) ve bu durum meyve gelişiminin stresle daha fazla baskılandığını göstermiştir. Kendi üzerine aşılı bitkilerde de benzer şekilde %15'lik düşüş kaydedilmiştir. Sonuç olarak, alkali stresi ıskarta meyve ağırlığı üzerinde anlamlı ve çoğunlukla olumsuz etkiler göstermiş, ancak bu etkiler anaçlara göre farklı düzeylerde gerçekleşmiştir.

Alkali koşullar altında pazarlanabilir verim, erkenci verim, meyve sayısı ve meyve ağırlığında gözlenen düşüş, yüksek pH'nın bitki fizyolojisi üzerinde oluşturduğu baskı ile ilişkili olup, Alengebawy ve ark. (2021)'na göre kök bölgesinde iyon dengesizliği, besin elementi alımının kısıtlanması ve ozmotik stres bu düşüşlerin temel mekanizmalarını oluşturmaktadır. Bununla birlikte, alkali stresin yol açtığı verim kayıpları tolerant anaçlarla aşılamanın bitkilerde önemli ölçüde azalmış, özellikle pazarlanabilir verimde Hawk ve Hercules anaçlarında verim kaybı %26–%34, erkenci verimde %24–%32 oranında azalmıştır. Meyve sayısında da tolerant anaçlar aşısız ve hassas anaçlara kıyasla %25–%38 artış sağlarken, meyve ağırlığı alkali koşullara karşı görece stabil kalmış ve ortalama olarak yaklaşık %9,6 düşüş göstermiştir. Tüm bu bulgular, aşılamanın alkali stres koşullarında verim ve erken verimi artırıcı etkisinin, kullanılan tolerant anaçların iyon homeostazını desteklemesi, reaktif oksijen türlerini uzaklaştırması ve membran stabilitesini korumasıyla yakından ilişkili olduğunu göstermektedir (Rouphael et al., 2020; Zhao et al., 2023).

Çizelge 4.8.. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda pazarlanabilir verim parametrelerine etkisi

pH	Anaç	Pazarlanabilir Verim (t/ha)	Pazarlanabilir Erkenci Verim (t/ha)	Pazarlanabilir Meyve Sayısı (adet/bitki)	Pazarlanabilir Meyve Ağırlığı (g)	
6,5 (Kontrol)	AGR 703 F ₁	182.50±9.98	30.32±1.65	46.44±3.80	208.55±5.68	
	Hawk	215.21±9.29	39.00±1.34	57.41±2.14	219.30±7.32	
	Hercules	218.93±8.16	39.18±2.27	56.55±3.69	218.23±6.39	
	Hikyaku F ₁	187.67±8.53	33.87±1.84	45.76±3.67	208.82±7.40	
	AG38R F ₁	187.54±8.36	37.75±1.32	49.44±3.55	212.47±8.26	
	KingKong F ₁	178.12±9.43	38.13±2.16	45.75±5.03	207.72±8.17	
	Boğaç F ₁	193.47±7.17	36.51±2.26	51.32±1.95	210.79±6.46	
	Yula F ₁	153.24±9.14	34.15±1.35	36.71±3.01	200.68±6.83	
	Aşısız	174.57±7.05	36.77±2.11	45.66±2.87	204.12±7.09	
8,1	K.Ü. aşılı	171.95±9.39	34.88±2.46	44.11±3.43	202.85±7.07	
	AGR 703 F ₁	143.57±6.95	17.49±1.24	35.06±3.67	187.36±7.03	
	Hawk	166.10±8.38	20.07±1.69	41.58±3.45	190.53±6.54	
	Hercules	158.22±9.84	20.06±1.73	39.59±2.87	193.41±7.69	
	Hikyaku F ₁	140.65±9.60	18.07±1.01	31.60±2.56	189.56±6.04	
	AG38R F ₁	150.83±9.47	14.50±1.54	37.23±2.28	188.11±8.33	
	KingKong F ₁	117.94±8.78	13.63±1.03	31.14±1.86	189.00±7.48	
	Boğaç F ₁	152.87±9.53	16.11±1.15	37.02±3.01	190.20±7.10	
	Yula F ₁	119.83±7.39	13.20±1.45	30.71±2.83	188.50±5.88	
Ortalamalar	Aşısız	121.15±6.89	16.22±1.80	31.46±2.55	189.27±5.31	
	K.Ü. aşılı	114.27±6.97	15.52±2.04	30.11±3.29	186.65±7.62	
	Anaç	AGR 703 F ₁	163.04c	23.91c	40.75cd	197.96ab
		Hawk	190.65a	29.54a	49.49a	204.91a
		Hercules	188.58a	29.62a	48.07a	205.82a
		Hikyaku F ₁	164.16bc	25.97b	38.68de	199.19ab
		AG38R F ₁	169.19bc	26.13b	43.33bc	200.29ab
		KingKong F ₁	148.03d	25.88b	38.44de	198.36ab
		Boğaç F ₁	173.17b	26.31b	44.17b	200.50ab
Yula F ₁		136.54e	23.67c	33.71f	194.59b	
Aşısız		147.86d	26.50b	38.56de	196.70b	
pH	K.Ü. aşılı	143.11de	25.20bc	37.11e	194.75b	
	pH 6,5 (Kontrol)	186.32a	36.05a	47.91a	209.35a	
pH	pH 8,1	138.54b	16.49b	34.55b	189.26b	
	P değeri:	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Önem düzeyi:	***	***	***	***	
Anaç	η ²	0.910	0.977	0.870	0.731	
	P değeri:	0.000	0.000	0.000	0.026	
	Önem düzeyi:	***	***	***	*	
pH × Anaç	η ²	0.846	0.615	0.770	0.258	
	P değeri:	0.011	0.010	0.047	0.442	
	Önem düzeyi	*	***	*	ö.d.	
pH × Anaç	η ²	0.288	0.532	0.237	0.132	

Aynı harf ile gösterilen ortalamalar, Duncan çoklu karşılaştırma testine göre istatistiksel olarak anlamlı fark göstermemektedir (P ≤ 0.05). *, ** ve *** uygulamalar arasındaki farkın sırasıyla P < 0.05 ve P < 0.001 ve P < 0,001 düzeyinde istatistiksel olarak önemli olduğunu ifade etmektedir. η² (eta kare), etki büyüklüğünü ifade eder ve uygulamanın toplam varyans içindeki açıklayıcılığını gösterir. η² değeri 0.01-0,05 küçük, 0.06-0,013 orta ve 0.14-1,00 yüksek etki büyüklüğünü ifade eder (Cohen, 1988).

Çizelge 4.9. Alkali stresi ve aşılamanın ıskarta verim parametrelerine etkisi

pH	Anaç	Iskarta Verim (t/ha)	Iskarta Meyve Sayısı (adet/bitki)	Iskarta Meyve Ağırlığı (g)
6,5 (Kontrol)	AGR 703 F ₁	24.24±3.44	7.32±0.68	143.83±5.84
	Hawk	19.06±2.63	5.60±0.42	153.23±5.12
	Hercules	21.98±1.55	6.44±0.55	151.95±3.73
	Hikyaku F ₁	20.11±2.64	6.47±0.60	138.47±4.94
	AG38R F ₁	24.38±3.68	7.60±0.41	142.93±5.50
	KingKong F ₁	18.86±2.80	7.75±0.23	108.13±5.53
	Boğaç F ₁	21.64±2.79	7.55±0.42	128.00±4.97
	Yula F ₁	19.74±3.67	7.75±0.30	114.23±5.68
	Aşısız	24.46±1.87	8.83±0.49	122.08±4.83
	K.Ü. aşılı	30.11±3.38	9.88±0.46	132.12±4.93
8,1	AGR 703 F ₁	28.78±2.75	9.56±1.06	124.52±4.70
	Hawk	22.45±2.41	7.00±1.04	160.33±4.50
	Hercules	21.05±2.25	7.25±0.45	135.27±4.57
	Hikyaku F ₁	22.87±2.88	7.36±0.54	134.79±4.92
	AG38R F ₁	24.25±3.77	9.91±0.54	108.80±4.30
	KingKong F ₁	22.99±2.03	9.91±0.43	103.02±5.05
	Boğaç F ₁	35.13±4.26	9.69±0.49	160.22±5.71
	Yula F ₁	27.82±3.11	12.26±0.90	98.95±6.21
	Aşısız	32.03±3.11	11.85±1.47	120.70±4.59
	K.Ü. aşılı	29.16±2.91	11.63±0.94	112.29±6.21
Ortalamalar				
Anaç	AGR 703 F ₁	26.51ab	8.44c	134.17c
	Hawk	20.75d	6.30d	156.78a
	Hercules	21.51cd	6.85d	143.61b
	Hikyaku F ₁	21.49cd	6.91d	136.63c
	AG38R F ₁	24.32bc	8.75c	125.86d
	KingKong F ₁	20.92d	8.83c	105.57e
	Boğaç F ₁	28.38a	8.62c	144.11b
	Yula F ₁	23.78bcd	10.01b	106.59e
	Aşısız	28.24a	10.34ab	121.39d
	K.Ü. aşılı	29.63a	10.75a	122.21d
pH	pH 6,5 (Kontrol)	22.46b	7.52b	133.50a
	pH 8,1	26.65a	9.64a	125.89b
pH	P değeri:	0.000	0.000	0.000
	Önem düzeyi:	***	***	***
	η ²	0.399	0.760	0.423
Anaç	P değeri:	0.000	0.000	0.000
	Önem düzeyi:	***	***	***
	η ²	0.613	0.855	0.926
pH × Anaç	P değeri:	0.000	0.000	0.000
	Önem düzeyi:	***	***	***
	η ²	0.414	0.423	0.791

Aynı harf ile gösterilen ortalamalar, Duncan çoklu karşılaştırma testine göre istatistiksel olarak anlamlı fark göstermemektedir ($P \leq 0.05$). *** uygulamalar arasındaki farkın $P < 0.001$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli olduğunu ifade etmektedir. η² (eta kare), etki büyüklüğünü ifade eder ve uygulamanın toplam varyans içindeki açıklayıcılığını gösterir. η² değeri 0.01-0,05 küçük, 0.06-0,013 orta ve 0.14-1,00 yüksek etki büyüklüğünü ifade eder (Cohen, 1988).

4.2.2. Alkali stresi ve aşılamanın bitki boyu, gövde çapı ve biyomas üzerine etkisi

Bitki boyu (m):

Alkali stres koşullarında farklı anaçlara aşılamanın patlıcan bitkilerinin bitki boyu performansları değerlendirildiğinde, pH düzeyi ile anaç çeşitliliğinin ($p=0.000$) ve $pH \times$ anaç interaksiyonunun ($p=0.005$) bitki boyu üzerinde istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı etkilere sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.10). Varyans analiz sonucuna göre ortam pH'sının biyomas üzerindeki etkisi çok güçlü olup (%93.3), bu etki alkali stresin bitkide biyomas üretimini baskılayan temel faktör olduğunu göstermektedir. Anaç farklılıkları da biyomas üzerinde belirgin bir etkiye sahip olmuş ve toplam varyansın %87.8'ini açıklamaktadır. Alkali stresi ile anaçlar arasındaki etkileşim de anlamlı olup, biyomas varyansının %31.3'ünü açıklamaktadır ve farklı anaçların alkali stresi altında biyomas birikimlerinin farklılaştığını ve iki faktörün birlikte etkisinin önemli olduğunu göstermektedir. Kontrol ortamında en yüksek bitki boyu Hawk (4.95 m), Hercules (4.87 m) ve Yula F₁ (4.77 m) anaçlarında ölçülmüş, aşısız bitkiler 4.58 m, kendi üzerine aşılı bitkiler ise 4.62 m uzunluğa ulaşmıştır. Bu ortamda Hawk anacı aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilere göre sırasıyla %8.1 ve %7.1 daha uzun bitkiler oluşturmuştur. Alkali stres koşullarında ise tüm anaçlarda ve kontrol bitkilerinde bitki boyu azalmış, ortalama bitki boyu 4.03 m'ye gerilemiştir. Ancak azalma oranı anaçlara göre farklılık göstermiştir. Bu stres ortamında en yüksek bitki boyu Hikyaku F₁ (4.25 m), AG38R F₁ (4.23 m) ve Hercules (4.19 m) anaçlarında ölçülmüştür. Aşısız bitkiler (3.97 m) ve kendi üzerine aşılılar (3.74 m) yine en düşük değerlere sahip olmuştur. En yüksek bitki boyuna sahip olan Hikyaku F₁ anacı alkali ortamda aşısız bitkilere göre %7.1, kendi üzerine aşılılara göre ise %13.6 daha uzun bitkiler oluşturmuştur. Anaçların ortalama bitki boyları dikkate alındığında, Hawk (4.54 m) ve Hercules (4.53 m) anaçları en yüksek ortalamaya sahip uygulamalar olarak öne çıkarken, bu anaçları AG38R F₁ (4.49 m), Boğaç F₁ (4.42 m) ve AGR 703 F₁ (4.41 m) anaçları takip etmiştir. Buna karşın, en düşük ortalamalar KingKong F₁ (4.11 m), kendi üzerine aşılı (4.18 m) ve aşısız (4.28 m) bitkilerde kaydedilmiştir.

Denemede bitki boyu üzerinde hem ortam pH'sının hem de aşılamanın önemli düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir. Alkali stresi genel olarak bitki boyunu azaltmakla birlikte,

bu azalmanın şiddeti kullanılan anaçlara göre değişmiş; bazı anaçlar stres altında dahi bitki boyunu koruyabilmiştir. Bu durum, aşılamanın bitki boyunu olumlu yönde etkilediğini ancak bu etkinin anaç seçimine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Literatürde de alkali stresin domates ve bezelyede bitki boyunu önemli düzeyde kısalttığı vurgulanmaktadır (Zribi ve Gharsalli, 2002). Keshavarzi ve ark. (2019), kavunda alkali stresin bitki boyunu ve gelişimini azalttığını ancak aşılı bitkilerin alkali stres koşullarında daha iyi performans gösterdiklerini belirtmektedirler. Bu bulgular denemede elde edilen sonuçlarla örtüşmekte, aşılamanın stres koşullarında büyüme üzerindeki olumlu etkisini desteklemektedir. Ulaş ve ark. (2019) ise kavunda alkali stresin gövde uzunluğunu azalttığını, aşılamanın ise bu etkiyi kısmen telafi ettiğini, ancak farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını belirtmektedirler. Öte yandan, Ulaş ve ark. (2021) tarafından karpuzda yürütülen bir başka çalışmada hem normal hem de alkali koşullarda aşılamanın gövde uzunluğunu anlamlı düzeyde artırdığı bildirilmektedir.

Gövde çapı (mm):

Denemede alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda gövde çapı üzerinde önemli etkileri olduğu belirlenmiştir. İstatistiksel analizler, ortam pH'sının, anaç farklılıklarının ve pH × anaç etkileşiminin gövde çapı üzerinde yüksek düzeyde anlamlı etkiler oluşturduğunu göstermiştir (p=0.000). Etki büyüklükleri açısından, gövde çapındaki toplam varyansın %92,3'ünün pH uygulamasından, %87.3'ünün anaç farklılıklarından ve %44.6'sının da pH × anaç etkileşiminden kaynaklandığı saptanmıştır. Bu sonuçlar, ortam pH'sının gövde çapı üzerinde baskın bir etkisi olduğunu ve anaçların da bu özellik üzerinde belirgin değişimler yarattığını ortaya koymaktadır (Çizelge 4.10). Kontrol ortamında ortalama gövde çapı 25.37 mm olarak ölçülmüş, bu ortamda en yüksek gövde çapı Boğaç F₁ (27.78 mm), Hercules (27.77 mm) ve Hawk (27.47 mm) anaçlarında ölçülmüştür. En düşük gövde çapı ise KingKong F₁ (21.52 mm) ve Yula F₁ (23.21 mm) anaçlarında kaydedilmiştir. Aşısız bitkiler (24.66 mm) ve kendi üzerine aşılı bitkiler (24.15 mm) ise orta seviyede yer almıştır. Alkali koşullarda ise ortalama gövde çapı 21.21 mm'ye gerilemiş ve tüm anaçlarda düşüş görülmüştür. Ancak bu azalmanın şiddeti anaçlara göre değişmiş, Hawk (23.67 mm), Hercules (22.30 mm) ve Boğaç F₁

(21.86 mm) anaçları stres altında gövde çapını nispeten daha iyi koruyabilmişlerdir. Alkali ortamda gövde çapı bakımından en yüksek değeri veren Hawk anacı aşısız bitkilere göre gövde çapını %14.2, kendi üzerine aşılı bitkilere göre ise %20.6 oranında artırmıştır. Bu durum, Hawk anacının alkali stresi altında gövde gelişimini desteklemede daha üstün olduğunu göstermektedir. Anaçların genel ortalamalarına bakıldığında Hawk (25.57 mm), Hercules (25.04 mm) ve Boğaç F₁ (24.82 mm) anaları en kalın gövde çapına sahip olurken, KingKong F₁ (20.68 mm), Yula F₁ (21.16 mm) ve kendi üzerine aşılı bitkiler (21.88 mm) en düşük gövde çapını oluşturmuşlardır.

Literatürde genelde sebzelerde özelde ise patlıcanda gövde çapı üzerine alkali stresin etkisini ve aşılamanın bu parametre üzerindeki rolünü değerlendiren çalışmalar bulunmamaktadır. Elde edilen bulgular, alkali stresin gövde çapını belirgin şekilde azalttığını, ancak anaç seçiminin bu azalmayı hafifletebileceğini göstermektedir. Özellikle Hawk, Boğaç F₁ ve Hercules anaçlarının alkali koşullarda gövde çapını daha iyi koruması, bu anaçların stres toleransında potansiyel bir avantaj sunduğunu düşündürmektedir.

Biyomas (kg/bitki):

Denemede biyomas üzerine ortam pH'sının (p=0.000), anaç farklılıklarının (p=0.000) ve pH × anaç interaksiyonunun (p=0.005) istatistiksel olarak önemli etkileri olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.10). Etki büyüklükleri incelendiğinde biyomas üzerine toplam varyansın %93.3'ünün pH uygulamasından, %87.8'inin anaç farklılıklarından ve %31.3'ünün pH × anaç etkileşiminden kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Bu sonuçlar, alkali stresinin biyoması önemli ölçüde azalttığını ve kullanılan anaçların biyomas miktarını farklı düzeylerde etkilediğini göstermektedir. Kontrol ortamında ortalama biyomas 33.30 kg/bitki olurken, Hawk (39.87 kg), AG38R F₁ (36.12 kg) ve Boğaç F₁ (35.81 kg) anaçları en yüksek biyoması üretmişlerdir. Aşısız bitkilerde biyomas 32.11 kg, kendi üzerine aşılı bitkilerde ise 29.01 kg olmuştur. Alkali ortamda ortalama biyomas 24.49 kg/bitki'ye gerilemiş ve tüm anaçlarda düşüş gözlenmiştir. Ancak bu düşüşün şiddeti anaçlara göre farklılık göstermiş ve AG38R F₁ (28.82 kg), Hawk (28.78 kg) ve Hercules (27.23 kg) anaçları alkali ortamda en iyi biyoması oluşturmuşlardır. Yula F₁ (19.19 kg), KingKong F₁ (21.44 kg) ve aşısız bitkiler (22.56 kg) alkali ortamda

en düşük biyomasa sahip uygulamalar olmuşlardır. Alkali ortamda en yüksek biyomas değerine sahip Hawk anacı aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilere göre sırasıyla %27.6 ve %20.9 oranında daha fazla biyomas üretmiştir. Anaçların ortalama biyomas performanslarına bakıldığında Hawk (34.32 kg), AG38R F₁ (32.47 kg) ve Hercules (31.32 kg) anaçları en iyi aşı kombinasyonları olurken, Yula F₁ (23.20 kg), KingKong F₁ (26.31 kg) ve kendi üzerine aşılı bitkiler (26.40 kg) en düşük ortalama biyomas değerlerine sahip olmuşlardır.

Alkali stresi birçok bitki türünde olduğu gibi patlıcanda da biyomas üretimini sınırlayan önemli abiyotik stres faktörlerinden biridir. Bu durumun temelinde NaCO₃ gibi alkali tuzların neden olduğu iyonik ve osmotik stresin yanı sıra özellikle demir gibi mikro besin elementlerinin alınması ve taşınmasındaki bozulmalar yer almaktadır (Bavaresco ve ark., 1999; Nikolić ve Kastori, 2000; De la Guardia ve Alcántara, 2002). Alkali ortamlarda HCO₃⁻ iyonunun varlığı demir çözünürlüğünü ve biyoyararlılığını azaltarak klorofil sentezini sınırlamakta, bu da fotosentez kapasitesinin düşmesine ve dolayısıyla bitki büyümesinde gerilemeye neden olmaktadır. Nitekim, Alhendawi ve ark. (1997) ile Zribi ve Gharsalli (2002) tarafından yapılan çalışmalarda da artan NaHCO₃ seviyelerinin sürgün ve kök gelişiminde belirgin azalmaya yol açtığı ve bunun sonucunda biyoküttelede düşüş yaşandığı bildirilmiştir. Denemede de alkali stresi patlıcanda biyomas üretimini kontrol koşullarına göre yaklaşık %26.5 oranında azaltmış; ancak bu azalmanın şiddeti anaçlara göre farklılık göstermiştir. Alkali koşullarda AG38R F₁, Hawk ve Hercules anaçları diğer anaçlara göre daha yüksek biyomas üreterek stres koşullarında büyüme performanslarını koruyabilmişlerdir. Bu sonuçlar tolerant anaçların kullanımıyla biyomas kayıplarının azaltılabileceğini göstermektedir. Literatürde aşılamanın stres koşullarındaki büyüme performansı üzerine olumlu etkileri sıklıkla rapor edilmiştir. Örneğin Colla ve ark. (2010), karpuzda alkali stresin sürgün ve kök biyokütlesini azalttığını ancak bazı anaçların bu etkiyi hafiflettiğini ve aşılamanın stres toleransını artırarak bitki gelişimini desteklediğini, Roosta ve Karimi (2012) Cucurbita moschata anaçlarının alkali stres koşullarında daha etkin osmotik dengeleme mekanizmaları sergileyerek, daha yüksek biyomas değerlerine ulaştığını rapor etmektedirler.

Çizelge 4.10. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda bitki boyu, gövde çapı ve biyomas üzerine etkisi

pH	Anaç	Bitki Boyu (m)	Gövde Çapı (mm)	Biyomass (kg/bitki)
6,5 (Kontrol)	AGR 703 F ₁	4.71±0.39	25.59±1.90	32.97±1.13
	Hawk	4.95±0.36	27.47±2.02	39.87±1.54
	Hercules	4.87±0.43	27.77±2.27	35.42±1.40
	Hikyaku F ₁	4.55±0.35	25.64±2.39	33.31±1.30
	AG38R F ₁	4.76±0.37	25.90±2.63	36.12±1.08
	KingKong F ₁	4.51±0.35	21.52±2.32	31.18±1.59
	Boğaç F ₁	4.71±0.42	27.78±1.92	35.81±1.54
	Yula F ₁	4.77±0.38	23.21±1.74	27.21±1.41
	AŞISIZ	4.58±0.42	24.66±2.23	32.11±1.33
	K.Ü. aşılı	4.62±0.33	24.15±1.84	29.01±1.05
8,1	AGR 703 F ₁	4.10±0.33	22.02±2.58	23.75±1.51
	Hawk	4.14±0.39	23.67±2.66	28.78±1.30
	Hercules	4.19±0.32	22.30±2.01	27.23±1.42
	Hikyaku F ₁	4.25±0.39	21.42±2.25	23.59±1.27
	AG38R F ₁	4.23±0.41	21.54±1.72	28.82±1.37
	KingKong F ₁	3.83±0.33	19.83±2.03	21.44±1.02
	Boğaç F ₁	4.12±0.39	21.86±2.09	25.75±1.64
	Yula F ₁	3.75±0.40	19.12±2.21	19.19±1.30
	AŞISIZ	3.97±0.37	20.72±1.84	22.56±1.40
	K.Ü. aşılı	3.74±0.41	19.62±2.08	23.80±1.44
Ortalamalar				
Anaç	AGR 703 F ₁	4.41bc	23.80c	28.36d
	Hawk	4.54a	25.57a	34.32a
	Hercules	4.53a	25.04ab	31.32bc
	Hikyaku F ₁	4.40c	23.53c	28.45d
	AG38R F ₁	4.49ab	23.72c	32.47b
	KingKong F ₁	4.11f	20.68f	26.31e
	Boğaç F ₁	4.42bc	24.82b	30.78c
	Yula F ₁	4.26de	21.16f	23.20f
	AŞISIZ	4.28d	22.69d	27.34de
	K.Ü. aşılı	4.18ef	21.88e	26.40e
pH	pH 6,5 (Kontrol)	4.70a	25.37a	33.30a
	pH 8,1	4.03b	21.21b	24.49b
pH	P değeri:	0.000	0.000	0.000
	Önem düzeyi:	***	***	***
	η ²	0.955	0.923	0.933
Anaç	P değeri:	0.000	0.000	0.000
	Önem düzeyi:	***	***	***
	η ²	0.766	0.873	0.878
pH × Anaç	P değeri:	0.000	0.000	0.005
	Önem düzeyi:	***	***	**
	η ²	0.628	0.446	0.313

Aynı harf ile gösterilen ortalamalar, Duncan çoklu karşılaştırma testine göre istatistiksel olarak anlamlı fark göstermemektedir ($P \leq 0.05$). *** uygulamalar arasındaki farkın $P < 0.001$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli olduğunu ifade etmektedir. η² (eta kare), etki büyüklüğünü ifade eder ve uygulamanın toplam varyans içindeki açıklayıcılığını gösterir. η² değeri 0.01-0,05 küçük, 0.06-0,013 orta ve 0.14-1,00 yüksek etki büyüklüğünü ifade eder (Cohen, 1988).

4.2.3. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda yaprak ve meyve kuru madde miktarına etkisi

Yaprak kuru madde miktarı (%):

Yaprak kuru madde miktarı üzerine ortam pH düzeyi ($P>0.05$) ve $\text{pH} \times \text{anaç}$ interaksiyonunun ($P>0.05$) etkisi istatistiksel olarak önemli olmazken, anaç faktörünün etkili olduğu saptanmıştır ($P=0.001$). Etki büyüklüğü verileri, yaprak kuru madde miktarı ndaki toplam varyansın %35,1'inin anaç farklarından ($\eta^2=0.351$), %21.3'ünün ise $\text{pH} \times \text{anaç}$ etkileşiminden ($\eta^2=0.213$) kaynaklandığını göstermektedir (Çizelge 4.11). Normal koşullarda en yüksek yaprak kuru madde miktarı %15.82 ile Boğaç F₁ anacında ölçülmüş, bunu Yula F₁ (%15.76) ve kendi üzerine aşılı (%15,60) bitkiler takip etmiştir. Alkali ortamda ise en yüksek değer %15.76 ile AG38R F₁, Hercules (%15.62) ve kendi üzerine aşılı (%15.49) uygulamalarda ölçülmüştür. Genel ortalamalara göre Boğaç F₁ (%15.59) ve kendi üzerine aşılı (%15.55) bitkiler her iki ortamda da en iyi performansı göstermiştir. En düşük yaprak kuru madde miktarı ise %13.71 ile KingKong F₁ anacında kaydedilmiştir. Ortam pH düzeyindeki artışın genel olarak yaprak kuru madde miktarı nı hafif oranda artırdığı (%14.85 → %14.96) görülmüşse de bu değişim anlamlı bulunmamıştır. Ancak bazı anaçlarda (özellikle AG38R F₁) bu artış belirgin düzeyde olmuştur. Örneğin AG38R F₁ anacında yaprak kuru madde miktarı %11,6 oranında artış göstermiştir. Bu sonuçlar, özellikle Boğaç F₁, AG38R F₁, Hercules ve kendi üzerine aşılı uygulamaların yaprak kuru madde miktarı nı hem normal hem de stres koşullarında koruyabildiğini ve fotosentetik kapasite açısından avantaj sunduğunu ortaya koymaktadır.

Meyve kuru madde miktarı (%):

Çalışmada aşılamanın ve pH düzeyinin patlıcanda meyve kuru madde miktarı üzerindeki etkileri incelendiğinde, ortam pH düzeyi, anaç faktörü ve $\text{pH} \times \text{anaç}$ interaksiyonunun bu parametre üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki oluşturmadığı görülmüştür ($P>0.05$). Ancak etki büyüklüğü analizleri, anaç faktörünün %17,5 ($\eta^2=0.175$), $\text{pH} \times \text{anaç}$ interaksiyonunun ise %11.1 ($\eta^2=0.111$) düzeyinde etkili olduğunu göstermektedir. (Çizelge 4.11). Kontrol ortamında en yüksek meyve kuru madde miktarı %8.64 ile Boğaç F₁ anacında ölçülmüş, bunu Yula F₁ (%8.57), aşısız

(%8.53) ve kendi üzerine aşılı (%8.50) uygulamalar takip etmiştir. Alkali koşullarda ise en yüksek kuru madde %8,75 ile kendi üzerine aşılı bitkilerde belirlenmiş, bunu Hercules (%8.65), AG38R F₁ (%8.48) ve Yula F₁ (%8.47) anaçları izlemiştir. Ortam pH düzeyindeki artışla birlikte ortalama kuru madde oranında küçük bir artış eğilimi gözlenmiş (%8.27 → %8.40), ancak bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Her iki ortamda da kendi üzerine aşılı, Yula F₁, AG38R F₁ ve Hercules gibi anaçların meyve kuru madde miktarı nispeten yüksek çıkarken, AGR 703 F₁ ve Hawk gibi anaçlarda daha sınırlı düzeyde kalmıştır. Bu durum, meyve kalitesini yansıtan kuru madde içeriğinin, stres koşullarında bazı anaçlar tarafından daha başarılı şekilde korunabildiğini göstermektedir.

Kuru madde birikimi, bitkilerin büyüme kapasitesinin ve stres koşullarına karşı fizyolojik dayanıklılığının önemli bir göstergesidir. Alkali stres gibi olumsuz çevresel etmenler, bu parametre üzerinde baskılayıcı etki oluşturabilirken, aşılama uygulamaları bu etkinin azaltılmasında potansiyel bir agronomik strateji olarak öne çıkmaktadır. Çalışmada, meyve kuru madde miktarı üzerine yapılan değerlendirmelerde, istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamış olmasına rağmen, etki büyüklüğü analizleri bazı anaçların bu parametre üzerinde orta düzeyde etkili olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle stres koşullarında dahi bazı anaçların (örneğin Hercules ve AG38R F₁) meyve kuru madde oranını görece yüksek seviyelerde sürdürebildiği gözlenmiştir. Bu durum, bazı genotiplerin meyve kalitesine doğrudan katkı sağlayabilecek fizyolojik mekanizmaları etkin biçimde kullanabildiğini göstermektedir. Literatürde de benzer bulgulara rastlanmaktadır. Örneğin Colla ve Roupheal (2012), karpuzda bazı anaçların hem kontrol hem de alkali stres koşullarında kuru madde birikimini artırabildiğini, buna karşın bazı anaçların etkisiz kaldığını ya da olumsuz etki oluşturduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde Ulaş ve ark. (2021), karpuzda aşılamanın sürgün kuru madde miktarı nı anlamlı düzeyde artırdığını ve bu etkinin anaçların genetik yapısına bağlı olarak değiştiğini ifade etmişlerdir. Yaprak kuru madde miktarı açısından elde edilen bulgular, anaç faktörünün bu parametre üzerinde belirgin düzeyde etkili olduğunu ortaya koymuştur. Yaprak dokusunda kuru madde birikimi, fotosentetik kapasitenin ve genel bitki sağlığının dolaylı bir göstergesi olup, bu parametrenin korunması, bitkinin stresle baş etme kapasitesini güçlendirmektedir.

Çizelge 4.11. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda yaprak ve meyve kuru madde miktarına etkisi

pH	Anaç	Yaprak Kuru Madde Miktarı (%)	Meyve Kuru Madde Miktarı (%)
6,5 (Kontrol)	AGR 703 F ₁	14.47±0.80	7.81±0.61
	Hawk	15.03±0.87	7.81±0.61
	Hercules	15.11±0.99	8.17±0.42
	Hikyaku F ₁	14.01±0.77	8.23±0.45
	AG38R F ₁	14.12±0.79	8.36±0.47
	KingKong F ₁	13.38±0.81	8.11±0.63
	Boğaç F ₁	15.82±1.05	8.64±0.49
	Yula F ₁	15.76±0.56	8.57±0.42
	Aşısız	15.24±1.03	8.53±0.45
	K.Ü. aşılı	15.60±0.94	8.50±0.41
8,1 (Alkali)	AGR 703 F ₁	14.29±0.89	8.23±0.48
	Hawk	14.95±0.98	8.27±0.40
	Hercules	15.62±1.08	8.65±0.49
	Hikyaku F ₁	14.64±0.91	8.37±0.47
	AG38R F ₁	15.76±0.93	8.48±0.42
	KingKong F ₁	14.04±0.67	8.25±0.44
	Boğaç F ₁	15.37±0.76	8.09±0.48
	Yula F ₁	14.13±1.10	8.47±0.43
	Aşısız	15.29±0.94	8.48±0.46
	K.Ü. aşılı	15.49±0.88	8.75±0.51
Ortalamalar			
Anaç	AGR 703 F ₁	14.38bcd	8.02
	Hawk	14.99abc	8.04
	Hercules	15.37ab	8.41
	Hikyaku F ₁	14.32cd	8.30
	AG38R F ₁	14.94abc	8.42
	KingKong F ₁	13.71d	8.18
	Boğaç F ₁	15.59a	8.36
	Yula F ₁	14.94abc	8.52
	Aşısız	15.27abc	8.50
	K.Ü. aşılı	15.55a	8.62
pH	pH 6,5 (Kontrol)	14.85	8.27
	pH 8,1	14.96	8.40
pH	P değeri:	0.614	0.229
	Önem düzeyi:	ö.d.	ö.d.
	η ²	0.004	0.024
Anaç	P değeri:	0.001	0.203
	Önem düzeyi:	**	ö.d.
	η ²	0.351	0.175
pH × Anaç	P değeri:	0.085	0.111
	Önem düzeyi:	ö.d.	ö.d.
	η ²	0.213	0.111

Aynı harf ile gösterilen ortalamalar, Duncan çoklu karşılaştırma testine göre istatistiksel olarak anlamlı fark göstermemektedir ($P \leq 0.05$). ** uygulamalar arasındaki farkın $P < 0.01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli olduğunu, ö.d. farkın önemsiz olduğunu ifade etmektedir. η^2 (eta kare), etki büyüklüğünü ifade eder ve uygulamanın toplam varyans içindeki açıklayıcılığını gösterir. η^2 değeri 0.01-0,05 küçük, 0.06-0,013 orta ve 0.14-1,00 yüksek etki büyüklüğünü ifade eder (Cohen, 1988).

Çalışmada bazı anaçlar (örneğin Boğaç F₁, AG38R F₁ ve Hercules), her iki ortamda da yaprak kuru madde miktarını koruma veya artırma yönünde avantajlı performans sergilemiştir. Bu bulgu, özellikle AG38R F₁ anacının alkali koşullarda yaprak kuru madde miktarında kayda değer artış sağlamasıyla desteklenmektedir. Bu durum, bazı anaçların su ve besin elementi kullanım etkinliğini artırarak, stres altında dahi yaprak dokularında biyokütle kaybını sınırlayabildiğini göstermektedir. Benzer şekilde, Keshavarzi ve ark. (2019) tarafından kavunda yürütülen çalışmada da alkali stresin kök ve yaprak kuru madde miktarını azalttığı; ancak aşılı bitkilerin bu azalmayı baskıladığını belirlemişlerdir. Buna karşın, Mohsenian ve ark. (2012), domateste alkali stresin yaprak kuru madde miktarını önemli ölçüde azalttığını ve aşılamanın bu kaybı her durumda önleyemediğini belirtmişlerdir. Bu farklılık, aşılamanın kuru madde birikimi üzerindeki etkisinin tür, stresin şiddeti ve uygulanan anaç kombinasyonlarına bağlı olarak değişebileceğini ortaya koymaktadır.

4.2.4. Alkali stresi ve aşılamanın meyve biyokimyasal özelliklerine etkisi

Suda çözünebilir kuru madde miktarı (SÇKM, %):

Denemede patlıcan meyvelerinin SÇKM içeriği, ortam pH düzeyinden ziyade anaçlardan etkilenmiştir. İstatistiksel analizler, aşılama faktörünün SÇKM üzerinde yüksek derecede anlamlı etkisi olduğunu (P=0.000) ortaya koyarken, pH düzeyi (P=0.500) ve pH × anaç etkileşimi (P=0.452) bu parametre üzerinde anlamlı bir fark yaratmamıştır. Etki büyüklüğü açısından, anaç etkisinin orta düzeyde ($\eta^2=0.543$), pH ve etkileşim etkisinin ise düşük düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir ($\eta^2=0.008$ ve 0.130) (Çizelge 4.12). Normal pH koşullarında ortalama SÇKM %5,88 iken, alkali ortamda bu oran %5.84 seviyesinde gerçekleşmiş ve istatistiksel olarak fark gözlenmemiştir. Anaç bazında incelendiğinde, AG38R F₁ (%6.18), AGR 703 F₁ (%6.15), kendi üzerine aşılı (%6.11) ve aşısız (%6.00) bitkiler SÇKM açısından en avantajlı grupları oluşturmuş, bu uygulamalar birbirleriyle istatistiksel olarak benzer performans göstermiştir. Buna karşın, Hercules anacı %5.41 ile en düşük SÇKM değerine sahip olmuş ve istatistiksel olarak farklılık yaratmıştır. Alkali ortamda bazı anaçlarda hafif artışlar gözlenmiş, ancak bunlar anlamlı bulunmamıştır. Bu sonuçlar,

patlıcan meyvesinde SÇKM miktarının ortam pH'sından ziyade anaç ve aşılama uygulamalarından daha fazla etkilendiğini göstermektedir.

Meyve pH Değeri:

Çalışmada yetiştirme ortamının alkalilik düzeyinin meyve pH'ını önemli ölçüde etkilediği ($P=0.000$), aşılama ($P=0.306$) ve $\text{pH} \times$ anaç interaksiyonunun ($P=0.612$) ise anlamlı bir etki oluşturmadığı tespit edilmiştir. Etki büyüklüğü incelendiğinde, pH'ın orta düzeyde ($\eta^2=0.295$), aşılama ve interaksiyonun ise düşük düzeyde etkili olduğu gözlenmiştir ($\eta^2=0.154$ ve 0.108) (Çizelge 4.12). Normal koşullarda en yüksek meyve pH değeri 5.83 ile AG38R F₁ anacında ölçülmüş, bunu Hawk ve Hercules anaçları (5.77) takip etmiştir. Aşısız (5.67), AGR 703 F₁ (5.67) ve kendi üzerine aşılı (5.63) uygulamalar ise daha düşük pH değerlerine sahip olmuştur. Alkali ortamda ise Boğaç F₁ en yüksek pH (5.70) değerini göstermiş, kendi üzerine aşılı (5.49), AG38R F₁ (5.50), Yula F₁ (5.51) ve aşısız (5.53) bitkiler alkali ortamda en düşük pH değerlerine ulaşmıştır. Genel ortalamalar dikkate alındığında, 6.5 pH uygulamasında 5.71 olan meyve pH içeriği, alkali koşullarda 5.56'ya gerilemiştir. Sonuç olarak meyve pH içeriğinde en belirleyici faktör ortamın pH düzeyi olup, anaç ve aşılama etkileri sınırlı kalmıştır.

Elektriksel İletkenlik (EC, dS/m):

Patlıcan meyvesinin elektriksel iletkenliği (EC) üzerine yapılan analizlerde, ortam pH düzeyi ($P=0.000$) ve anaçların ($P=0.000$) etkisinin istatistiksel olarak yüksek olduğu, ancak $\text{pH} \times$ anaç etkileşiminin anlamlı olmadığı ($P=0.098$) saptanmıştır. Etki büyüklüğü verileri pH ($\eta^2=0.894$) ve anaç ($\eta^2=0.792$) faktörlerinin meyve EC üzerinde baskın rol oynadığını, interaksiyonun ise daha düşük düzeyde etkili olduğunu göstermektedir ($\eta^2=0.208$) (Çizelge 4.12). Normal ortamda en yüksek EC değeri $6.29 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ile kendi üzerine aşılı bitkilerde tespit edilirken, bunu aşısız (5.93), KingKong F₁ (5.79) ve Yula F₁ (5.72) uygulamaları izlemiştir. En düşük EC değerleri ise Hercules (5.17) ve Hawk (5.14) anaçlarında gözlenmiştir. Alkali ortamda ise en yüksek EC $7.28 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ile aşısız bitkilerde, bunu kendi üzerine aşılı (7.10), KingKong F₁ ve Yula F₁ (her ikisi 6.95) takip

etmiştir. En düşük değerler Hercules (6.10) ve Hawk (6.21) anaçlarında ölçülmüştür. Ortalama EC değerleri normal koşullarda $5.57 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ iken alkali koşullarda %19.9 artışla $6.68 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 'ye yükselmiştir. Anaç ortalamalarına göre, kendi üzerine aşılı ve aşısız bitkiler en yüksek iyonik yük birikimini göstermiş, bu da kalite açısından potansiyel dezavantaj oluşturmuştur. Bu sonuçlar, alkali stresin meyve tuz birikimini artırdığı ve buna bağlı olarak EC değerlerini yükselttiğini desteklemektedir.

Titre edilebilir asit miktarı (TA, %):

Alkali stresi koşullarında aşılamanın TA üzerine etkisi hem ortam pH düzeyi ($P=0.001$) hem de anaçlar ($P=0.001$) düzeyinde istatistiki olarak önemli farklılıklar oluşturmuş, ancak $\text{pH} \times \text{anaç}$ etkileşimi anlamlı bulunmamıştır ($P=0.778$) (Çizelge 4.12). Varyans analizine göre TA değişiminin %36.7'si anaç farklılıklarından, %15.8'i ise ortam pH'ından kaynaklanmıştır. Alkali ortamda TA değerlerinde belirgin artış gözlenmiş; pH 6.5'te ortalama %0.138 olan TA, pH 8.1'de %0.145'e yükselmiştir. Anaçlar arasında, en yüksek TA aşısız bitkilerde (%0.151) ölçülmüş, bunu kendi üzerine aşılı (%0.148), Yula F₁ ve KingKong F₁ (%0.147) izlemiştir. Kontrol ortamında en düşük TA miktarı Hikyaku F₁ (%0.129) ve AGR 703 F₁ (%0.132) anaçlarında kaydedilmiş olup, alkali ortamda bu değerler hafif artış göstermiştir. Hercules anacı ise her iki ortamda da benzer TA seviyeleri sergileyerek daha stabil bir asitlik profili sunmuştur. Bu bulgular, alkali stres altında meyve asitliğinin anaç ve ortam pH'ının bireysel etkileriyle şekillendiğini, ancak bu faktörlerin birlikte anlamlı bir etkileşim oluşturmadığını göstermektedir.

Çizelge 4.12. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda meyve biyokimyasal içeriğine etkisi

pH	Anaç	SÇKM (%)	pH	EC (dS/m)	TA (%)
6,5 (Kontrol)	AGR 703 F ₁	6.15±0.13	5.67±0.12	5.66±0.20	0.132±0.007
	Hawk	5.58±0.23	5.77±0.12	5.14±0.16	0.133±0.009
	Hercules	5.54±0.26	5.77±0.12	5.17±0.18	0.139±0.008
	Hikyaku F ₁	5.58±0.21	5.73±0.12	5.31±0.11	0.129±0.015
	AG38R F ₁	6.23±0.21	5.83±0.12	5.41±0.14	0.133±0.009
	KingKong F ₁	5.90±0.22	5.69±0.14	5.79±0.16	0.143±0.009
	Boğaç F ₁	5.75±0.26	5.70±0.14	5.30±0.18	0.137±0.009
	Yula F ₁	5.90±0.28	5.63±0.15	5.72±0.17	0.146±0.010
	Aşısız	6.13±0.31	5.67±0.12	5.93±0.14	0.147±0.008
	K.Ü. aşılı	6.08±0.17	5.63±0.12	6.29±0.26	0.139±0.008
8,1	AGR 703 F ₁	6.15±0.21	5.57±0.13	6.90±0.21	0.145±0.005
	Hawk	5.50±0.43	5.63±0.12	6.21±0.21	0.137±0.009
	Hercules	5.28±0.31	5.60±0.12	6.10±0.30	0.142±0.009
	Hikyaku F ₁	5.93±0.26	5.54±0.11	6.22±0.39	0.138±0.007
	AG38R F ₁	6.13±0.38	5.50±0.14	6.83±0.23	0.136±0.009
	KingKong F ₁	6.03±0.34	5.54±0.12	6.95±0.13	0.151±0.008
	Boğaç F ₁	5.55±0.34	5.70±0.14	6.24±0.19	0.137±0.012
	Yula F ₁	5.83±0.21	5.51±0.13	6.95±0.25	0.149±0.008
	Aşısız	5.88±0.18	5.53±0.14	7.28±0.36	0.155±0.014
	K.Ü. aşılı	6.15±0.24	5.49±0.14	7.10±0.18	0.156±0.009
Ortalamalar					
Anaç	AGR 703 F ₁	6.15ab	5.62	6.28bc	0.139bcd
	Hawk	5.54ef	5.70	5.68d	0.135d
	Hercules	5.41f	5.68	5.63d	0.140bcd
	Hikyaku F ₁	5.75cde	5.64	5.77d	0.134d
	AG38R F ₁	6.18a	5.67	6.12c	0.134d
	KingKong F ₁	5.97abc	5.62	6.37b	0.147abc
	Boğaç F ₁	5.65def	5.70	5.77d	0.137cd
	Yula F ₁	5.87bcd	5.57	6.33bc	0.147abc
	Aşısız	6.00abc	5.60	6.61a	0.151a
	K.Ü. aşılı	6.11ab	5.56	6.70a	0.148ab
pH	pH 6,5 (Kontrol)	5.88	5.71a	5.57b	0.138b
	pH 8,1	5.84	5.56b	6.68a	0.145a
pH	P değeri:	0.500	0.000	0.000	0.001
	Önem düzeyi:	ö.d.	***	***	**
	η ²	0.008	0.295	0.894	0.158
Anaç	P değeri:	0.000	0.306	0.000	0.001
	Önem düzeyi:	***	ö.d.	***	**
	η ²	0.543	0.154	0.792	0.367
pH × Anaç	P değeri:	0.452	0.612	0.098	0.778
	Önem düzeyi:	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.
	η ²	0.130	0.108	0.208	0.085

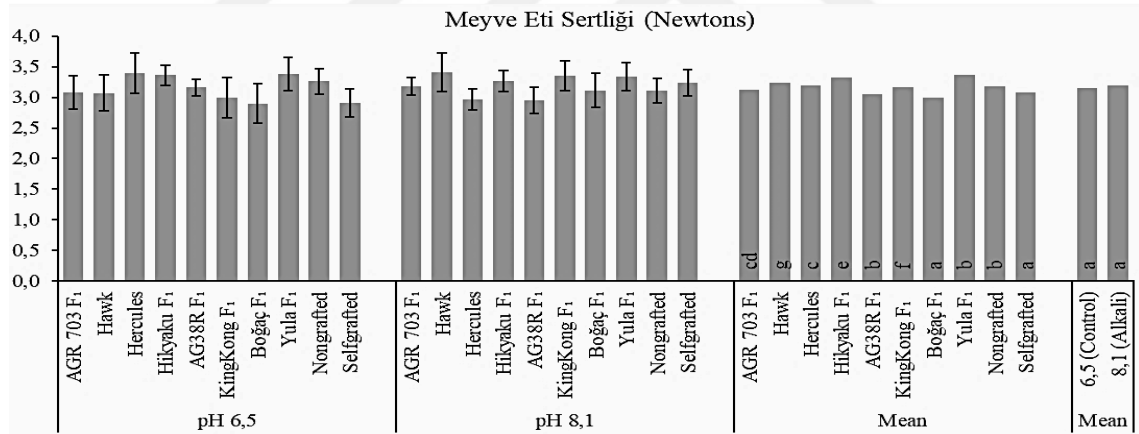
Aynı harf ile gösterilen ortalamalar, Duncan çoklu karşılaştırma testine göre istatistiksel olarak anlamlı fark göstermemektedir ($P \leq 0.05$). ** ve *** uygulamalar arasındaki farkın sırasıyla $P < 0.01$ ve $P < 0.001$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli olduğunu, ö.d. uygulamalar arasındaki farkın önemsiz olduğunu ifade etmektedir. η² (eta kare), etki büyüklüğünü ifade eder ve uygulamanın toplam varyans içindeki açıklıyıcılığını gösterir. η² değeri 0.01-0,05 küçük, 0.06-0,013 orta ve 0.14-1,00 yüksek etki büyüklüğünü ifade eder (Cohen, 1988).

4.2.5. Alkali stresi ve aşılamanın meyve eti sertliğine etkisi

Patlıcanda önemli kalite parametrelerinden biri olan meyve eti sertliği ortam pH düzeyi ($P=0.461$) ve aşılama ($P=0.198$) etkilenmezken $pH \times$ anaç etkileşimi anlamlı bulunmuştur ($P=0.019$). Etki büyüklüğü analizleri, sertlik değişkenliğinin %26.8'inin pH ve anaç etkileşiminden, %20.4'ünün ise anaçların bireysel etkisinden kaynaklandığını ortaya koymuştur. Bu durum, farklı anaçların pH koşullarına özgü meyve doku sertliği tepkilerinin değişkenlik gösterebildiğine işaret etmektedir. Ortalama sertlik değerleri pH 6.5'te 3.15 kg/cm^2 iken, alkali ortamda hafif artışla 3.19 kg/cm^2 olarak ölçülmüş, ancak bu artış istatistiksel olarak anlamlı çıkmamıştır. Anaç bazında, Yula F_1 (3.36 kg/cm^2), Hikyaku F_1 (3.32 kg/cm^2) ve Hawk (3.24 kg/cm^2) en yüksek sertlik değerlerine sahip olurken, Boğaç F_1 (3.00 kg/cm^2) en düşük sertlik ortalamasına sahip olmuştur. Bazı anaçlarda pH değişimine bağlı sertlikte belirgin değişimler izlenmiş; örneğin Hawk anacında pH 6,5'te $3,07 \text{ kg/cm}^2$ olan sertlik alkali koşullarda 3.41 kg/cm^2 'ye yükselmiştir. Benzer artışlar KingKong F_1 ve kendi üzerine aşılı bitkilerde de görülürken, Hercules ve AG38R F_1 anaçlarında sertlik değerleri alkali ortamda azalma göstermiştir. Bu sonuçlar, meyve eti sertliğinde alkali stresi ve anaç etkileşiminin kritik olduğunu, dolayısıyla stres koşullarında bu faktörlerin birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir (Şekil 4.23).

Alkali stresi koşullarının patlıcanda meyve kalite parametreleri üzerine etkilerine dair literatürde doğrudan veri bulunmamakta, bununla beraber sınırlı sayıda sebze türünde de bu konuda yapılan çalışmalar sayıca azdır ve genellikle dolaylı sonuçlara dayanmaktadır. Bu durum, çalışmanın önemini artırmakta ve elde edilen bulguların literatüre özgün katkı sağladığını göstermektedir. Patlıcanda yürütülen bu çalışmada, meyveye ait biyokimyasal özelliklerin (suda çözünür kuru madde, pH, elektriksel iletkenlik, titre edilebilir asitlik ve meyve eti sertliği) hem ortam pH'sı hem de anaç seçimine bağlı olarak önemli düzeyde değişiklik göstermiştir. Denemede kullanılan anaçların bazılarında SÇKM artışı gözlenmiş olup, bu durum kavun üzerinde 15 mM alkali koşullarında çalışan Keshavarzi ve ark. (2019)'nın, alkali stresin aşılı bitkilerde çözünür şeker içeriğini artırdığı yönündeki bulgularıyla paralellik göstermektedir. Benzer şekilde Mohsenian ve ark. (2012), domateste Datura anaçlı bitkilerde SÇKM artışını rapor etmiş ve anaç-genotip kombinasyonunun meyve kalitesinde belirleyici

olabileceğine işaret etmiştir. Bununla birlikte, alkali stresin meyve pH'sını düşürdüğü, EC değerini ise artırdığı görülmüştür; bu durum, iyon dengesizliği ve tuz birikiminin bir göstergesi olup, özellikle Hawk ve Hercules gibi bazı anaçların meyvede iyon birikimini kısıtladığı anlaşılmaktadır. Literatürde, aşılama uygulamalarının Na^+/K^+ dengesini düzenleyerek meyve iyon homeostazını koruyabileceği ve bu sayede abiyotik stres koşullarında verim ve kalitenin korunmasını sağlayacağı belirtilmektedir (Schwarz ve ark., 2010; Bie ve ark., 2025). Çalışmada gözlenen TA artışının ise stres altında organik asit metabolizmasının aktive edilmesiyle ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Meyve sertliğine ilişkin farklı tepkiler, anaçların hücre duvarı stabilitesi ve su regülasyonu üzerindeki etkilerinin çeşitlilik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu çalışmanın sonuçları, mevcut literatürdeki boşluğu doldurmada ve alkali stres koşullarında aşılamanın, patlıcan meyve kalitesi üzerindeki düzenleyici rolünü ortaya koyarak, sebze ıslahı ve sürdürülebilir üretim açısından önemli bir referans noktası oluşturmaktadır.



Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.22. Alkali stresi koşullarında aşılamanın patlıcanda meyve eti sertliğine etkisi (N)

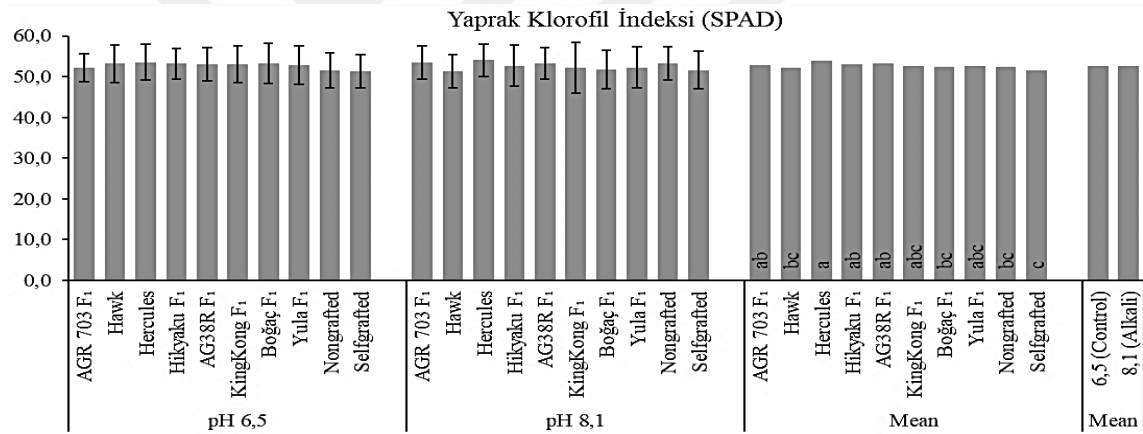
4.2.6. Alkali stresi ve aşılamanın yaprak klorofil indeksi (SPAD) üzerine etkisi

Patlıcanda yaprak klorofil içeriğini yansıtan SPAD değeri üzerine ortam pH düzeyi istatistiksel olarak anlamlı bir etki oluşturmazken ($P=0.621$), anaç farklılığı ($P=0.021$) ve $pH \times$ anaç interaksyonu ($P=0.038$) önemli düzeyde etkili olmuştur. Etki büyüklüğü analizlerine göre, SPAD değerlerindeki toplam varyansın %26.6'sı anaç farklarından

($\eta^2=0.266$), %24.4'ü ise interaksiyondan ($\eta^2=0.244$) kaynaklanmıştır (Şekil 4.23). Normal koşullarda en yüksek SPAD değeri %53.55 ile Hercules anacında tespit edilmiş, bunu Boğaç F₁ (%53.29), Hikyaku F₁ (%53.20) ve Hawk (%53.20) anaçları izlemiştir. Alkali ortamda da Hercules anacı (%54.14) en yüksek SPAD değerini korurken, AGR 703 F₁ (%53.43) ve AG38R F₁ (%53.37) anaçları benzer düzeylerde performans sergilemiştir. Aşısız (%52.42) ve özellikle kendi üzerine aşılı (%51.53) uygulamalarda ise daha düşük SPAD değerleri belirlenmiştir. Özellikle alkali stres koşullarında Hercules ve AGR 703 F₁ anaçları, aşısız bitkilere göre sırasıyla %1.6 ve %2.4 oranında daha yüksek SPAD değeri sağlamıştır. Bu artışlar, söz konusu anaçların klorofil içeriğini koruyarak fotosentetik aktiviteyi destekleyebilecek potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Ortam pH düzeyindeki artışın genel SPAD değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişikliğe yol açmadığı gözlenirse de anaçlara bağlı farklı fizyolojik tepkiler dikkat çekicidir. Sonuçlar, alkali stres koşullarında fotosentetik kapasitenin sürdürülebilirliği için uygun anaç seçiminin kritik olduğunu ortaya koymaktadır.

Çalışmada, patlıcan bitkilerinde yaprak klorofil içeriğinin göstergesi olan SPAD değerine ilişkin bulgular hem anaç seçiminin hem de anaç × pH interaksiyonunun belirleyici rol oynadığını ortaya koymuştur. Ortam pH düzeyinin tek başına SPAD üzerinde anlamlı bir etkisinin bulunmaması alkali stres koşullarının doğrudan klorofil içeriğini baskılamadığına işaret ederken, farklı anaçlara ait fizyolojik performansların bu durumu etkilediğini göstermektedir. Elde edilen bu sonuçlar, Keshavarzi ve ark. (2019) tarafından kavunda yürütülen çalışmayla örtüşmektedir. Söz konusu çalışmada, 15 mM alkali stres koşulunda aşılı bitkilerde klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil içeriklerinin aşısızlara kıyasla daha yüksek olduğu, aşılamanın bu pigmentlerin bozulmasını sınırlayabildiği rapor edilmiştir. Bu bulgu, mevcut çalışmada gözlenen, bazı anaçların (örneğin Hercules, AGR 703 F₁) alkali koşullarda SPAD değerini yüksek düzeyde sürdürebilme özelliğiyle örtüşmektedir. Benzer şekilde, Mohsenian ve ark. (2012) tarafından domateste gerçekleştirilen çalışmada da artan alkali stresin (pH 7–8.1) klorofil a içeriğini düşürdüğü, ancak aşılamanın bu düşüşü telafi ettiği ve anaç bazlı farklılıkların önemli olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte, literatürde yer alan bazı çalışmalar mevcut bulgularla tam olarak örtüşmemektedir. Örneğin, Ulaş ve ark. (2021), kapuzda hem pH 8.5 düzeyindeki alkali koşulların hem de anaç farkının SPAD üzerine anlamlı bir etkisinin bulunmadığını belirtmektedirler. Benzer şekilde, Ulaş ve ark.

(2019), kavunda SPAD değerinin alkali koşullarda genel olarak arttığını, ancak çeşitler ve anaçlar arasında istatistiksel olarak fark gözlemlenmediğini bildirmişlerdir. Bu farklılıklar, türler arasındaki fizyolojik yanıt farklarından, kullanılan alkali ajanların kimyasal bileşimlerinden veya deneysel koşullardaki farklılıklardan kaynaklanıyor olabilir. Klorofil içeriğindeki azalma çoğunlukla Fe gibi mikrobese elementlerinin düşük çözünürlüğü ve yetersiz taşınımından kaynaklanmaktadır (Bavaresco ve ark., 1999). Demirin klorofil sentezindeki yapısal ve fonksiyonel rolü göz önüne alındığında (Nikolic ve Kastori, 2000), yüksek pH ortamında Fe'un bitki tarafından alınımının kısıtlanması klorofil sentezini dolaylı olarak baskılamaktadır (De la Guardia ve Alcántara, 2002). Bu bağlamda, bazı anaçların demir alımı, taşınımı ya da klorofil sentezinin korunmasına yönelik farklı düzeylerde etkinlik göstermesi, SPAD değerlerinde gözlenen varyasyonu açıklamada önemli bir faktör olabilir.



Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.23 Alkali stresi koşullarında aşılamanın yaprak klorofil indeksine (SPAD) etkisi

4.2.7. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcan yapraklarında antioksidan enzim aktivitesine etkisi (U/g/FW)

Süperoksit dismutaz (SOD, U/g/FW):

Süperoksit dismutaz (SOD), bitkilerde çevresel stresler altında oluşan süperoksit radikallerinin ($O_2^{\cdot-}$) detoksifikasyonunu sağlayarak oksidatif zararın önlenmesinde ilk

savunma hattını oluşturan hayati bir antioksidan enzimidir. Bu çalışmada, patlıcan yapraklarında SOD aktivitesi üzerine ortam pH düzeyi ($P<0,001$), anaç farklılığı ($P<0.001$) ve $\text{pH} \times$ anaç interaksyonu ($P<0.001$) istatistiksel olarak önemli düzeyde etki etmiştir (Şekil 4.24). Etki büyüklüğü analizlerine göre SOD aktivitesindeki varyansın %97.8'i pH etkisinden, %95.4'ü anaç farklılıklarından ve %94.6'sı $\text{pH} \times$ anaç interaksyonundan kaynaklanmıştır. Bu sonuçlar, alkali stresin SOD aktivitesini güçlü biçimde tetiklediğini ve bu yanıtın anaçlara göre önemli ölçüde değişiklik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Kontrol ortamında ($\text{pH} 6.5$), SOD aktivitesi 113.53–152.09 U/g/FW arasında değişmiştir. Alkali ortamda ($\text{pH} 8.1$) ise bu değerler 199.21–358.77 U/g/FW seviyelerine kadar yükselmiştir. Genel olarak, alkali stresin SOD aktivitesinde ortalama %119.1'lik bir artışa neden olduğu görülmüştür (130.82 → 286.66 U/g/FW). En yüksek artış Hawk (%160; 138.02 → 358.77 U/g/FW), Hercules (%136; 152.09 → 358.77 U/g/FW) ve Boğaç F₁ (%149; 133.90 → 333.96 U/g/FW) anaçlarında gözlenmiştir. Yula F₁ (%72; 121.15 → 208.92 U/g/FW), aşısız (%75; 113.53 → 199.21 U/g/FW) ve kendi üzerine aşılı (%90; 115.05 → 218.65 U/g/FW) bitkilerde artış oranı daha düşük kalmıştır. Ortalama değerlere göre, en yüksek SOD aktivitesi Hercules (255.43 U/g/FW), Hawk (248.40 U/g/FW), Boğaç F₁ (233.93 U/g/FW) ve Hikyaku F₁ (230.59 U/g/FW) anaçlarında ölçülmüştür. Bu anaçlar, alkali stres koşullarında yüksek SOD düzeyleri ile etkin bir oksidatif savunma geliştirmiştir. Öte yandan, Yula F₁ (165.04 U/g/FW), aşısız (156.37 U/g/FW) ve kendi üzerine aşılı (166.85 U/g/FW) bitkiler daha düşük aktivite düzeyleri sergileyerek stres karşısında sınırlı bir enzimatik tepki göstermiştir. Sonuç olarak, alkali stres koşulları patlıcanda SOD enzim aktivitesini önemli ölçüde artırmıştır. Söz konusu artışın hem istatistiksel hem biyolojik olarak anlamlı olduğu ve anaçlara göre belirgin şekilde farklılaştığı görülmüştür. $\text{pH} \times$ anaç interaksyonunun da anlamlı olması, SOD aktivitesindeki artışın tüm anaçlarda aynı şekilde gerçekleşmediğini, bazı anaçların strese karşı daha güçlü, bazılarının ise daha zayıf yanıt verdiğini göstermektedir.

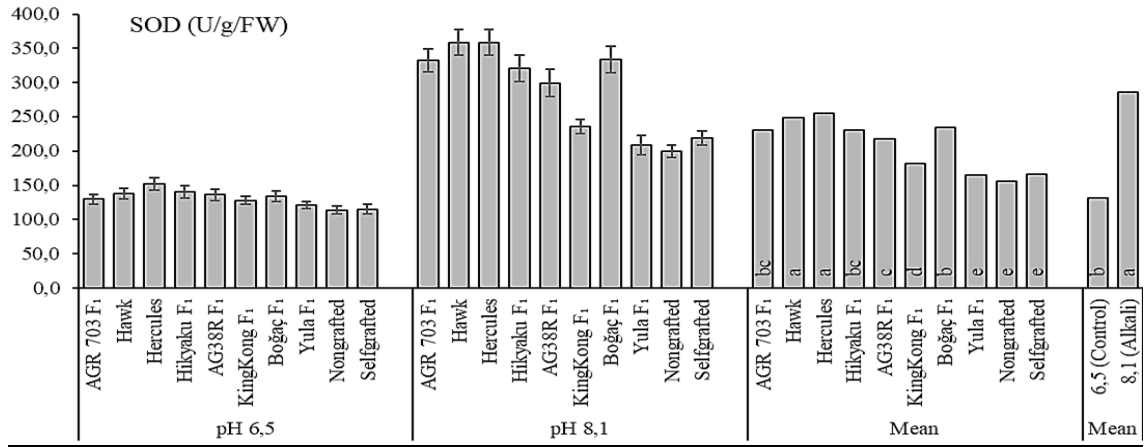
Katalaz (CAT) aktivitesi ($\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}/\text{FW}$):

Katalaz (CAT) enzimi, bitkilerde alkali ve tuz stresi gibi abiyotik stres koşullarında reaktif oksijen türlerinin (ROS) birikimini önleyerek hücrel yapıları koruyan temel antioksidan savunma mekanizmalarından biridir. Bu çalışmada, patlıcan yapraklarında

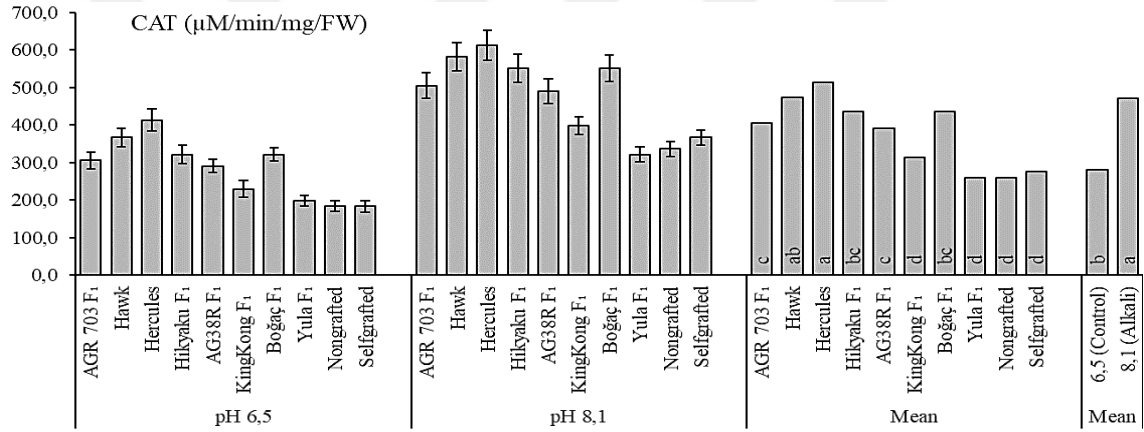
CAT enzim aktivitesi üzerine ortam pH düzeyi ($P < 0.001$) ve anaç farklılığı ($P < 0.001$) istatistiksel olarak anlamlı etkiler gösterirken, $\text{pH} \times \text{anaç}$ interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($P = 0.769$) (Şekil 4.25). Etki büyüklüğü (η^2) analizine göre CAT aktivitesindeki varyansın %76.5'i pH etkisinden, %73.7'si ise anaç farklılıklarından kaynaklanmıştır. Bu sonuçlar, alkali stresin oksidatif dengeyi bozarak antioksidan sistemleri tetiklediğini ve bu yanıtta anaçların genetik farklılıklarının da önemli rol oynadığını ortaya koymaktadır. $\text{pH} \times \text{anaç}$ interaksyonunun istatistiksel olarak önemsiz bulunması, alkali stresin CAT enzim aktivitesi üzerindeki etkisinin tüm anaçlarda benzer bir yön ve şiddette gerçekleştiğini, yani anaçlara göre farklı bir tepki deseninin oluşmadığını göstermektedir. Kontrol koşullarında (pH 6,5) patlıcan yapraklarında CAT aktivitesi 183.75–413.56 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$ arasında değişmiştir. Alkali ortama geçildiğinde (pH 8.1) bu aktivite ortalama %67.4 oranında artarak 471.90 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$ seviyesine ulaşmıştır (281.87 \rightarrow 471.90 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$). En yüksek artış Hercules (%48.2; 413.56 \rightarrow 612.75 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$), Hawk (%58.4; 367.50 \rightarrow 582.37 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$), Hikyaku F₁ (%71.4; 321.69 \rightarrow 551.50 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$) ve Boğaç F₁ (%71.4) anaçlarında kaydedilmiştir. Buna karşılık, Yula F₁ (%61.6; 199.19 \rightarrow 321.93 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$), aşısız (%83,2; 184,00 \rightarrow 337,12 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$) ve kendi üzerine aşılı (%100.2; 183.75 \rightarrow 367.75 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$) bitkilerde artış oranı yüksek olsa da, genel aktivite düzeyleri düşük kalmıştır. Ortalama değerlere göre, en yüksek CAT aktivitesi Hercules (513,15 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$), Hawk (474.93 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$) ve Hikyaku F₁/Boğaç F₁ (436.59 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$) anaçlarında belirlenmiştir. Bu anaçlar, alkali stres koşullarında daha güçlü bir antioksidan yanıt sergileyerek hücrel oksidatif zararı azaltmada daha etkili olmuşlardır. Öte yandan, Yula F₁ (260.56 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$), aşısız (260.56 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$) ve kendi üzerine aşılı (275.75 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$) bitkiler en düşük ortalama CAT aktivitesine sahip gruplar olmuş ve bu durum, bu uygulamalarda antioksidatif savunmanın daha zayıf kaldığını göstermektedir. Sonuç olarak, alkali stres koşulları patlıcanda CAT enzim aktivitesini önemli ölçüde artırmıştır. Artış oranı tüm uygulamalarda anlamlı düzeyde olmakla birlikte, en yüksek aktivite Hercules, Hawk ve Boğaç F₁ gibi anaçlarda gözlenmiş, buna karşılık, düşük aktivite gösteren Yula F₁ ve aşısız uygulamalar, stres koşullarında daha zayıf bir antioksidan yanıt geliştirmiştir.

Askorbat peroxidaz (APX, $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}/\text{FW}$):

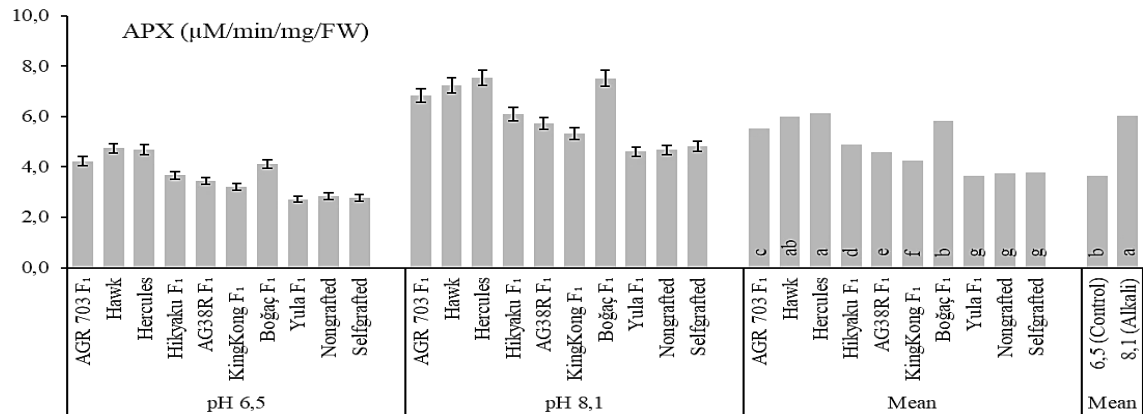
Askorbat peroksidaz (APX), bitkilerde alkali ve tuz stresi gibi abiyotik stres koşullarında reaktif oksijen türlerinin (ROS) detoksifikasyonunda görev alan temel antioksidan enzimlerden biridir. Bu çalışmada, patlıcan yapraklarında APX enzim aktivitesi üzerine ortam pH düzeyi ($P<0.001$), anaç farklılığı ($P<0.001$) ve $\text{pH} \times$ anaç interaksyonu ($P<0.001$) istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Şekil 4.26). Etki büyüklüğü analizlerine göre, APX aktivitesindeki varyansın %97.7'si pH etkisinden, %96.2'si anaç farklılıklarından ve anlamlı düzeyde de interaksiyon etkisinden kaynaklanmıştır. Bu bulgular, alkali stresin oksidatif savunma sistemlerini güçlü şekilde aktive ettiğini ve bu etkinin anaçlara göre farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Kontrol koşullarında (pH 6.5) APX aktivitesi 2.71–4.74 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$ arasında değişirken, alkali ortamda (pH 8.1) bu değerler 4.60–7.54 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$ aralığına yükselmiştir. Ortalama olarak alkali stresi altında APX aktivitesinde %65.7'lik bir artış gerçekleşmiştir (3.64 \rightarrow 6.03 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$). En yüksek artış Hercules (%61.1; 4.68 \rightarrow 7.54 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$), Hawk (%52.3; 4.74 \rightarrow 7.22 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$), Boğaç F₁ (%82.0; 4.12 \rightarrow 7.50 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$) ve AGR 703 F₁ (%61.8; 4.22 \rightarrow 6.83 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$) anaçlarında gözlenmiştir. Yula F₁ (%69.7), aşısız (%65.0) ve kendi üzerine aşılı (%73.6) bitkilerde aktivite artışı dikkat çekici olsa da genel düzeyleri düşük kalmıştır. Ortalama değerlere göre, en yüksek APX aktivitesi Hercules (6.11 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$), Hawk (5.98 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$), Boğaç F₁ (5.82 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$) ve AGR 703 F₁ (5.53 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$) anaçlarında belirlenmiştir. Bu anaçlar, stres koşullarında daha yüksek APX düzeyleri ile etkili bir antioksidatif savunma tepkisi göstermiştir. Buna karşılık, Yula F₁ (3.66 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$), aşısız (3.75 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$) ve kendi üzerine aşılı (3.79 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$) bitkiler düşük APX aktivitesi ile daha zayıf bir enzimatik savunma göstermiştir. Sonuç olarak, alkali stres patlıcanda APX enzim aktivitesini anlamlı ve güçlü bir şekilde artırmıştır. Bu artış, anaçlara göre farklılık göstererek interaksiyon etkisinin de anlamlı olduğunu ortaya koymuştur.



Şekil 4.24. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda SOD aktivitesine etkisi (U/mg/FW)



Şekil 4.25. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda CAT aktivitesine etkisi (µM/min/g/FW)

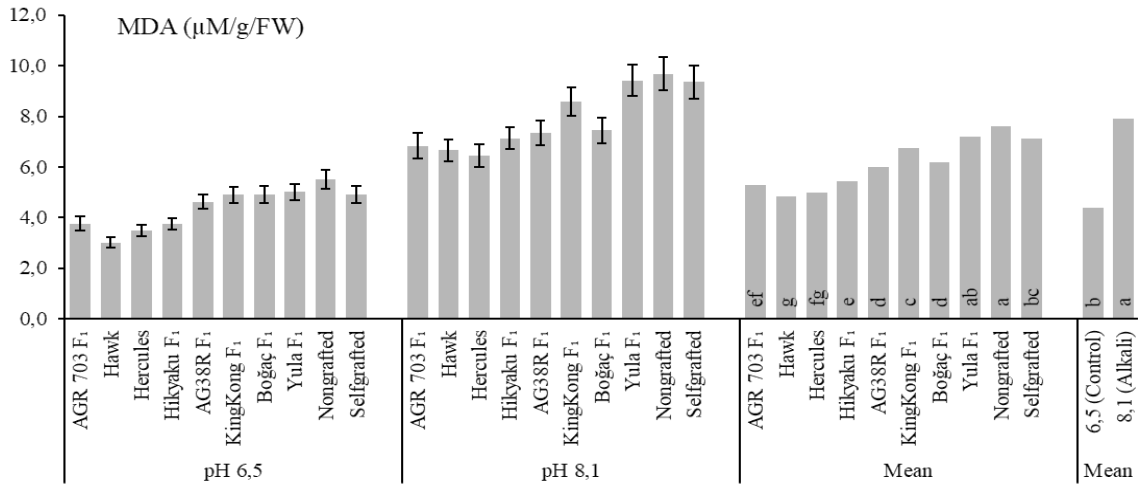


Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.26. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda APX aktivitesine etkisi (µM/min/g/FW)

4.2.8. Alkali stresi ve aşılanmanın patlıcan yapraklarında malondialdehit (MDA) düzeyine etkisi ($\mu\text{M/g}$ /FW)

Patlıcanda yapraklarda malondialdehid (MDA) birikimi üzerine hem ortam pH düzeyi ($P<0.001$), hem anaç farklılığı ($P<0.001$) hem de $\text{pH} \times$ anaç etkisi ($P<0.001$) istatistiksel olarak yüksek düzeyde önemli bulunmuştur (Şekil 4.27). Etki büyüklüğü analizlerine göre, MDA birikimindeki toplam varyansın %95.7'si pH etkisinden ($\eta^2=0.957$), %86.4'ü anaç farklılıklarından ($\eta^2=0.864$) ve %43.1'i etkisinden ($\eta^2=0.431$) kaynaklanmıştır. Bu bulgular, alkali stresin hücre zar bütünlüğü üzerinde baskın bir etkiye sahip olduğunu, ancak anaç farklılıklarının da önemli derecede belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır. Kontrol koşullarında (pH 6.5) MDA düzeyleri $3.02\text{--}5.51 \mu\text{M/g}$ arasında değişmiş, aşısız bitkiler en yüksek değeri ($5.51 \mu\text{M/g}$) sergilemiştir. Alkali ortamda (pH 8.1) MDA birikimi ortalama %79,7 oranında artış göstermiştir ($4.39 \rightarrow 7.89 \mu\text{M/g}$). En düşük artış Hercules (%85.1; $3.49 \rightarrow 6.46 \mu\text{M/g}$) ve AGR 703 F₁ (%81.4; $3.77 \rightarrow 6.84 \mu\text{M/g}$) anaçlarında tespit edilirken, Hawk (%120.9; $3.02 \rightarrow 6.67 \mu\text{M/g}$) ve Hikyaku F₁ (%89.1; $3.77 \rightarrow 7.13 \mu\text{M/g}$) orta düzeyde artış göstermiştir. AG38R F₁ (%58.5; $4.63 \rightarrow 7.34 \mu\text{M/g}$) ve Boğaç F₁ (%51.8; $4.91 \rightarrow 7.45 \mu\text{M/g}$) nispeten düşük oransal artış sergilerken, KingKong F₁ (%75.3; $4.90 \rightarrow 8.59 \mu\text{M/g}$), Yula F₁ (%87.6; $5.02 \rightarrow 9.41 \mu\text{M/g}$), kendi üzerine aşılı (%90.4; $4.91 \rightarrow 9.35 \mu\text{M/g}$) ve aşısız (%75.7; $5.51 \rightarrow 9.68 \mu\text{M/g}$) uygulamalarda MDA düzeyleri oldukça yüksek bulunmuştur. Ortalama değerlere göre, aşısız ($7.59 \mu\text{M/g}$), kendi üzerine aşılı ($7.13 \mu\text{M/g}$) ve Yula F₁ ($7.21 \mu\text{M/g}$) bitkilerde en yüksek MDA düzeyleri kaydedilmiştir. Buna karşın Hawk ($4.84 \mu\text{M/g}$), Hercules ($4.98 \mu\text{M/g}$) ve AGR 703 F₁ ($5.31 \mu\text{M/g}$) anaçları, alkali stres koşullarında en düşük MDA birikimini göstermiştir. Sonuç olarak, alkali stres MDA birikimini yaklaşık iki kat artırmış ve bu durum hücre zarlarında lipid peroksidasyonunun şiddetlendiğini göstermiştir. Ancak artış oranları anaçlara göre farklılık göstermiştir. Özellikle aşısız bitkilere kıyasla Hawk (%36.2 daha düşük), Hercules (%34.4 daha düşük) ve AGR 703 F₁ (%30.0 daha düşük) MDA düzeyiyle stres koşullarında zar hasarını sınırlandırmada öne çıkmıştır. Buna karşılık, aşısız ve kendi üzerine aşılı uygulamalarda MDA düzeyinin en yüksek bulunması, bu gruplarda alkali stresin hücre zar bütünlüğünü daha fazla bozduğunu ortaya koymaktadır.



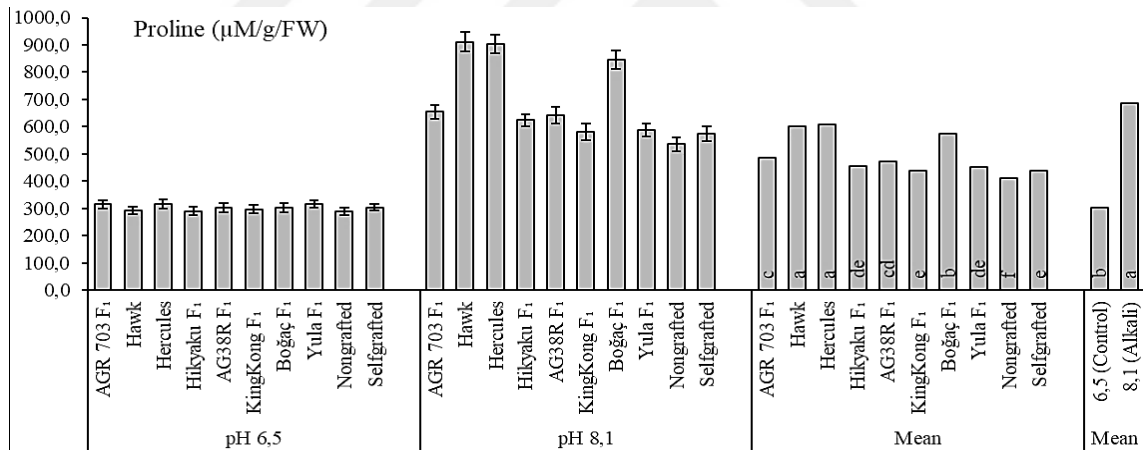
Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.27. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda MDA düzeyine etkisi ($\mu\text{M/g /FW}$)

4.2.9. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcan yapraklarında prolin içeriğine etkisi

Prolin, bitkilerde tuz ve alkali gibi abiyotik stres koşullarına karşı gelişen savunma mekanizmalarının önemli bir parçası olup, ozmotik dengeleme, serbest radikallerin temizlenmesi, hücre zarlarının stabilizasyonu ve protein yapılarının korunması gibi çeşitli işlevleriyle bitkisel stres toleransına katkı sağlamaktadır. Çalışmada, patlıcan yapraklarında prolin birikimi üzerine ortam pH düzeyi ($P < 0.001$), anaç farklılığı ($P < 0.001$) ve $\text{pH} \times \text{anaç}$ etkileşimi ($P < 0.001$) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Şekil 4.28). Etki büyüklüğü analizlerine göre prolin birikimindeki toplam varyansın %99.1'i pH etkisinden ($\eta^2=0.991$), %93.2'si anaç farklılıklarından ($\eta^2=0.932$) ve %92.9'u etkileşimden ($\eta^2=0.929$) kaynaklanmıştır. Bu durum, alkali stresin prolin metabolizmasını çok güçlü şekilde tetiklediğini, ancak bu yanıtın anaç özelliklerine bağlı olarak önemli ölçüde değişkenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Kontrol koşullarında (pH 6.5), prolin düzeyleri 288.67–315.61 $\mu\text{M/g}$ arasında dar bir aralıkta seyretmiştir. Ancak alkali ortamda (pH 8.1) bu değerler ortalama %127.2 oranında artarak 535.06–911.22 $\mu\text{M/g}$ düzeylerine ulaşmıştır. En yüksek artış Hawk (%211.4; 292.64 \rightarrow 911.22 $\mu\text{M/g}$) ve Hercules (%186.2; 315.61 \rightarrow 903.39 $\mu\text{M/g}$) anaçlarında gözlenirken, Boğaç F₁ (%181.0), AGR 703 F₁ (%107.9) ve Hikyaku F₁ (%114.9) gibi anaçlarda da belirgin artışlar kaydedilmiştir. Buna karşın, Yula F₁ (%86.8; 314.78 \rightarrow

587.83 $\mu\text{M/g}$), kendi üzerine aşılı (%89.5; 303.39 \rightarrow 574.78 $\mu\text{M/g}$) ve aşısız (%85.4; 288.67 \rightarrow 535.06 $\mu\text{M/g}$) bitkilerde artış oranı nispeten daha düşük kalmıştır. Ortalama değerlere göre en yüksek prolin içeriği sırasıyla Hercules (609.50 $\mu\text{M/g}$), Hawk (601.93 $\mu\text{M/g}$) ve Boğaç F₁ (573.28 $\mu\text{M/g}$) anaçlarında belirlenmiştir. Bu anaçlar, alkali stres altında prolin düzeylerini yüksek tutarak muhtemelen daha etkili bir osmotik dengeleme sağlamışlardır. Buna karşılık, aşısız (411.86 $\mu\text{M/g}$), KingKong F₁ (438.67 $\mu\text{M/g}$) ve kendi üzerine aşılı (439.08 $\mu\text{M/g}$) bitkiler en düşük prolin ortalamalarına sahip olmuş ve stres koşullarında daha sınırlı bir yanıt göstermişlerdir. Sonuç olarak, alkali stres koşulları patlıcanda prolin birikimini ortalama olarak iki katın üzerinde artırmıştır. Ancak bu artışın şiddeti, kullanılan anaçların fizyolojik yanıt kapasitelerine bağlı olarak önemli farklılıklar göstermiş, özellikle Hawk ve Hercules gibi anaçlar yüksek prolin birikimiyle stres altında güçlü bir uyum yanıtı sergilerken; aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilerde daha sınırlı birikim gözlenmiştir.



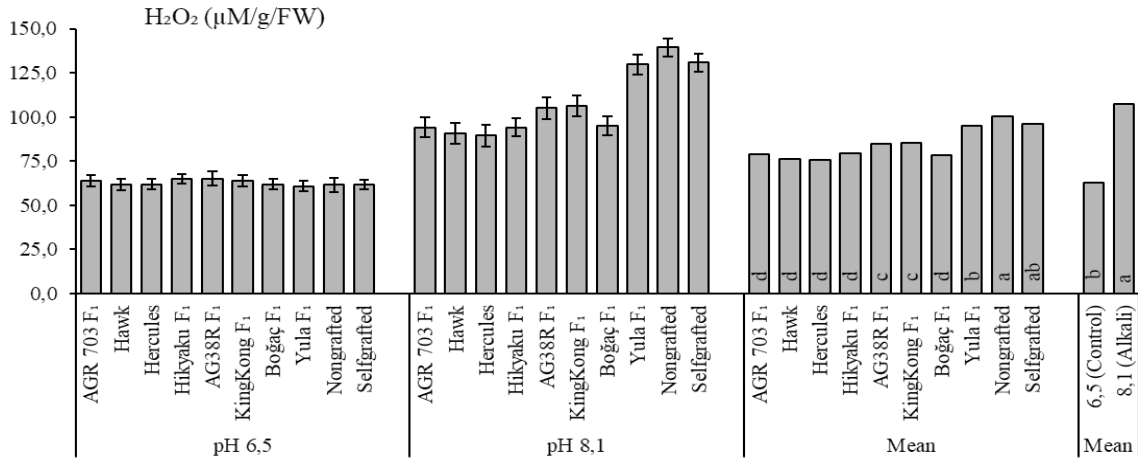
Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.28. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda prolin içeriğine ($\mu\text{M/g}$ /FW)

4.2.10. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcan yapraklarında hidrojen peroksit (H_2O_2) düzeyine etkisi ($\mu\text{M/g}$ /FW)

Çalışmada hidrojen peroksit (H_2O_2) birikimi üzerine hem ortam pH düzeyi ($P < 0.001$), hem anaç farklılığı ($P < 0.001$) hem de pH \times anaç interaksiyonunun etkisi ($P < 0.001$) istatistiksel olarak yüksek düzeyde önemli bulunmuştur (Şekil 4.29). Etki büyüklüğü

analizlerine göre, H₂O₂ birikimindeki toplam varyansın %96.9'u pH etkisinden ($\eta^2=0.969$), %82.5'i anaç farklılıklarından ($\eta^2=0.825$) ve %84.5'i interaksyondan ($\eta^2=0.845$) kaynaklanmıştır. Bu bulgular, alkali stresin oksidatif yanıtların en güçlü belirleyicisi olduğunu, ancak anaç seçiminin de önemli rol oynadığını göstermektedir. Kontrol ortamında H₂O₂ düzeyleri 60.89–65.06 $\mu\text{M/g}$ arasında dar bir aralıkta seyretmiş, tüm anaçlar benzer düzeylerde kalmıştır. Ancak alkali ortamda H₂O₂ birikimi ortalama %71.2 oranında artış göstermiştir (62.81 → 107.56 $\mu\text{M/g}$). En düşük artış Hercules (%44.4; 62.00 → 89.50 $\mu\text{M/g}$) ve Hawk (%47.2; 61.72 → 90.89 $\mu\text{M/g}$) anaçlarında gözlenirken, AGR 703 F₁'de %47.4, Hikyaku F₁'de %44.8 ve Boğaç F₁'de %53.4 artış belirlenmiştir. En yüksek oksidatif yük ise Yula F₁ anacı (%113.2; 60.89 → 129.78 $\mu\text{M/g}$) ile kendi üzerine aşılı (%112.1; 61.72 → 130.89 $\mu\text{M/g}$) ve aşısız (%126.0; 61.72 → 139.50 $\mu\text{M/g}$) bitkilerde tespit edilmiştir. Ortalama değerlere göre aşısız (100,61 $\mu\text{M/g}$) ve kendi üzerine aşılı (96.31 $\mu\text{M/g}$) uygulamalar en yüksek oksidatif yükü taşıırken, Yula F₁ (95.33 $\mu\text{M/g}$) anacı da benzer şekilde yüksek H₂O₂ birikimine sahip olmuştur. Buna karşın denemedeki aşı kombinasyonları arasında Hercules (75.75 $\mu\text{M/g}$) ve Hawk (76.31 $\mu\text{M/g}$) anaçları alkali stres koşullarında en düşük H₂O₂ miktarına sahip olmuşlardır. Sonuçlar, alkali stresin patlıcan yapraklarında ROS birikimini ciddi şekilde tetiklediğini, ancak artış oranlarının anaçlara bağlı olarak büyük farklılıklar gösterdiğini ortaya koymaktadır. Özellikle Hercules ve Hawk anaçları, aşısız bitkilere kıyasla sırasıyla %35.8 ve %32.6 oranında daha düşük H₂O₂ miktarına sahip olarak stres koşullarında oksidatif yükün sınırlandırılmasında öne çıkmıştır. Buna karşılık, aşısız ve kendi üzerine aşılı uygulamalarda H₂O₂ birikiminin iki katın üzerinde artış göstermesi anaç kullanılmayan patlıcanlarda alkali stresi altında oksidatif dengenin korunamadığını göstermektedir.



Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.29. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda H₂O₂ içeriğine etkisi (µM/g/FW)

4.2.11. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcan yapraklarında makro besin elementi içeriğine etkisi

Fosfor (P) (mg/100g):

Alkali stres koşullarında patlıcan yapraklarının P içeriği üzerine ortam pH düzeyinin, anaçların ve pH \times anaç interaksiyonunun ($P=0.000$) etkileri istatistiksel olarak yüksek derecede önemli bulunmuştur. Etki büyüklüğü analizine göre fosfor içeriği üzerindeki varyansın %96.6'sı anaçlardan ($\eta^2=0.966$), %93.0'ı ortam pH düzeyinden ($\eta^2=0.930$) ve %73.3'ü pH \times anaç interaksiyonundan ($\eta^2=0.733$) kaynaklanmıştır. Bu sonuçlar, fosforun alımı ve yaprak dokusunda birikiminin hem aşılama hem de stres koşullarından güçlü şekilde etkilendiğini göstermektedir. Normal koşullarda en yüksek fosfor içeriği Hawk (317.02 mg/100g) ve Hercules (304.17 mg/100g) anaçlarında tespit edilirken, bunları Boğaç F₁ (281.38 mg/100g) ve AG38R F₁ (247.42 mg/100g) anaçları takip etmiştir. Kendi üzerine aşılı (237.69 mg/100g) ve aşısız (227.82 mg/100g) uygulamaları. üstün anaçlara göre daha düşük düzeyde fosfor içermiştir. Alkali ortamda fosfor düzeyi tüm anaçlarda düşüş göstermiş, ancak Hawk (251.64 mg/100g), Hercules (240.15 mg/100g) ve Boğaç F₁ (236.23 mg/100g) alkali stres koşullarında da yüksek

fosfor birikimini sürdürmüştür. Öte yandan, kontrol bitkilerinde bu değerler ciddi oranda düşerek kendi üzerine aşılı (184.25 mg/100g) ve aşısız (186.71 mg/100g) bitkilerde belirgin bir azalma görülmüştür. Aynı zamanda yüksek pH uygulamasında fosfor içeriğinde anlamlı bir düşüş görülmektedir (252.36 → 209.32 mg/100g). Bu düşüş, alkali koşulların fosforun çözünürlüğünü ve alınabilirliğini sınırladığını göstermektedir. Anaç ortalamalarına göre ise en yüksek fosfor içeriği Hawk (284,33 mg/100g), Hercules (272.16 mg/100g) ve Boğaç F₁ (258.80 mg/100g) anaçlarında ölçülürken; en düşük miktar Yula F₁ (177.18 mg/100g) anacında kaydedilmiştir (Çizelge 4.13).

Potasyum (K) (mg/100g):

Yaprak potasyum içeriği üzerine ortam pH düzeyinin, anaçların ve pH × anaç interaksiyonunun (P=0,000) etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Etki büyüklüğü sonuçlarına göre, potasyum varyansının %99,0'ı anaçlardan ($\eta^2=0.990$), %98.1'i pH düzeyinden ($\eta^2=0.981$) ve %93.2'si interaksiyonundan ($\eta^2=0.932$) kaynaklanmıştır. Bu yüksek oranlar, potasyumun bitkide birikimi açısından hem aşılama hem de alkali stresinin baskın rol oynadığını göstermektedir. Normal koşullarda en yüksek potasyum birikimi AGR 703 F₁ (668.78 mg/100g), Hercules (653.64 mg/100g) ve Hawk (649.21 mg/100g) anaçlarında ölçülmüş, kendi üzerine aşılı (495.82 mg/100g) ve aşısız (490.86 mg/100g) bitkilerde K içeriği düşük seviyelerde kalmıştır. Alkali ortamda potasyum içeriği genel olarak düşerken, Hercules (610.65 mg/100g) ve Boğaç F₁ (581.45 mg/100g) gibi anaçlar bu düşüşe direnç göstererek daha yüksek K içeriğini korumuşlardır. Buna karşılık, Yula F₁ (394.28 mg/100g), kendi üzerine aşılı (392.87 mg/100g) ve aşısız (388.15 mg/100g) uygulamaları düşük potasyum düzeyleriyle dikkat çekmiştir. Ortam pH ortalaması değerlendirildiğinde, K içeriğinde anlamlı bir azalma saptanmıştır (592.69 → 493.19 mg/100g). Bu durum alkali ortamın potasyum alımını olumsuz etkilediğini açıkça göstermektedir. Anaç ortalamalarına göre en yüksek K içeriği Hercules (632.15 mg/100g), Boğaç F₁ (606.30 mg/100g) ve Hikyaku F₁ (605.75 mg/100g) anaçlarında ölçülürken, en düşük ortalama ise aşısız (439.50 mg/100g) bitkilerde kaydedilmiştir (Çizelge 4.13).

Kalsiyum (Ca) (mg/100g):

Yaprak kalsiyum içeriği üzerine ortam pH düzeyinin, anaçların ve pH × anaç interaksyonunun etkileri istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı bulunmuştur (P=0.000). Varyans analizine göre, toplam değişkenliğin %95.5'i pH etkisinden ($\eta^2=0.955$), %70.5'i anaçlardan ($\eta^2=0.705$) ve %65.2'si interaksyonun etkisinden ($\eta^2=0.652$) kaynaklanmaktadır. Bu durum, özellikle alkali stresinin kalsiyum içeriği üzerinde belirgin bir etkisinin olduğunu ortaya koymaktadır. Normal koşullarda en yüksek Ca içeriği Hercules (247.38 mg/100g), Boğaç F₁ (241.42 mg/100g) ve Hikyaku F₁ (241.19 mg/100g) anaçlarında gözlenmiştir. Kendi üzerine aşılı (239.24 mg/100g) bitkiler aşısız bitkilere (227.34 mg/100g) göre biraz daha yüksek Ca içeriğine sahip olmuşlardır. Alkali ortamda en yüksek Ca birikimi Hawk (204.11 mg/100g) ve Boğaç F₁ (189.99 mg/100g) anaçlarında ölçülmüş, kendi üzerine aşılı (170.98 mg/100g) ve aşısız (171.67 mg/100g) bitkilerde Ca içeriği minimum düzeylerde kalmıştır. Ortam pH'sının 6.5'ten 8.1'e çıkması ortalama kalsiyum içeriğini anlamlı biçimde azaltmış (233.54 → 181.07 mg/100g) ve bu durum yüksek pH'nın kalsiyum taşınımı üzerindeki baskılayıcı etkisini doğrulamıştır. Anaç ortalamasına göre en yüksek Ca içeriği Hercules (218.02 mg/100g), Boğaç F₁ (215.71 mg/100g) ve Hawk (214.93 mg/100g) anaçlarında ölçülürken, en düşük ortalama ise Yula F₁ (186.72 mg/100g) anacında saptanmıştır. Kontrol bitkilerinde de Ca içeriğinin tolerant anaçlara göre daha düşük düzeyde kaldığı görülmektedir (Çizelge 4.13).

Magnezyum (Mg) (mg/100g):

Yaprak Mg içeriği üzerine ortam pH düzeyinin (P=0.000), anaçların (P=0.000) ve pH × anaç interaksyonunun (P=0.043) etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuş, etki büyüklüğü analizine göre, Mg içeriğindeki varyasyonun %94.3'ü anaçlardan ($\eta^2=0.943$), %79.0'ı pH'dan ($\eta^2=0.790$) ve %33.3'ü pH × anaç etkileşiminden ($\eta^2=0.333$) kaynaklanmıştır. Bu bulgular, Mg alımı üzerindeki baskın faktörün anaçlar olduğunu, alkali stresi uygulamasının ise sınırlı düzeyde katkı sunduğunu göstermektedir. Normal koşullarda en yüksek Mg içeriği Hercules (152.71 mg/100g) ve Hawk (147.86 mg/100g) anaçlarında ölçülürken, bunları Boğaç F₁ (129.47 mg/100g) ve

AG38R F₁ (127.86 mg/100g) anaçları takip etmiştir. AŞISIZ (99.37 mg/100g) ve kendi üzerine aşılı (98.03 mg/100g) bitkilerde Mg içeriği düşük seviyelerde kalmıştır. Alkali koşullarda da Hercules (131.78 mg/100g) ve Hawk (126.75 mg/100g) yüksek Mg içeriğini nispeten korumuş, kendi üzerine aşılı (84.44 mg/100g), aşısız (94.21 mg/100g) ve Yula F₁ (94.42 mg/100g) uygulamaları en düşük değerlere sahip olmuştur. pH ortalamasına göre Mg içeriği 121.01 mg/100g'dan %105.73 mg/100g'a gerilemiş ve bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu düşüş, alkali koşulların Mg taşınımını sınırladığını göstermektedir. Anaç ortalamalarına bakıldığında en yüksek değer Hercules (142.25 mg/100g), ardından Hawk (137.31 mg/100g) gelmiştir. En düşük ortalama ise kendi üzerine aşılı (%91.23 mg/100g) bitkilerde gözlenmiştir (Çizelge 4.13).

Çalışmada, alkali stres koşullarının patlıcanda P, K, Mg ve Ca üzerine etkisi incelendiğinde alkali stresinin makro besin elementlerinin yaprak içeriğini anlamlı şekilde azalttığı, ancak bu düşüşün aşılı bitkilerde daha sınırlı düzeyde gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Bu durum, aşılamanın alkali stres altında besin elementi alımını ve taşınımını destekleyerek bitkisel toleransı artırdığını göstermektedir. P içeriğine bakıldığında, ortam pH düzeyinin, kullanılan anaçların ve bu iki faktörün etkileşiminin P alımı üzerinde oldukça yüksek düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir. Yüksek pH koşullarında genel olarak fosfor içeriğinde belirgin bir düşüş görülmüştür. Bu bulgu, Mengel (1994)'in fosforun alkali topraklarda Ca-P ve Mg-P gibi metal komplekslerine bağlanarak çözünürlüğünün sınırlanması nedeniyle bitkiler için kullanılamaz hale geldiğini belirttiği bulgularla örtüşmektedir. Aynı şekilde, Pissaloux ve ark. (1995) bikarbonat iyonlarının P alımını baskıladığını bildirmektedirler. Bununla birlikte, Hawk ve Hercules gibi bazı anaçların, alkali koşullarda dahi yüksek fosfor içeriğini sürdürebildiği görülmüştür. Bu durum, bu anaçların bikarbonat iyonlarının olumsuz etkisine karşı daha toleranslı olduğunu ve belki de organik asit salınımı yoluyla P'nin alınabilirliğini artırdığını düşündürmektedir. Nitekim, Colla ve ark. (2010) ile Gent ve ark. (2005) tolerant anaçların sitrik ve malik asit gibi organik asitleri salgılayarak P ve diğer besin elementlerinin çözünürlüğünü artırabildiklerini belirtmektedirler. K içeriği açısından da benzer bir eğilim gözlemlenmiş, ortam pH'nın yükselmesiyle birlikte tüm uygulamalarda K içeriğinde belirgin bir azalma olmuştur. Bu sonuç, Keshavarzi ve ark. (2019)'nın kavun bitkisinde alkali stresin potasyum içeriğini azalttığı yönündeki

bulgularını desteklemektedir. Ancak yine Hercules, AGR703 F₁ ve Boğaç F₁ gibi anaçlar yüksek K içeriğini alkali koşullarda dahi koruyabilmişlerdir. Roosta ve Bikdeloo (2022) tarafından yapılan çalışmada da alkali koşullar altında tolerant anaçlara (*C. moschata*) aşılana hıyar bitkilerinde K içeriğinin yüksek seviyede tutulabildiği, aşısız bitkilerde ise bu düzeyin ciddi şekilde azaldığı bildirilmektedir. Mg alımı üzerine yapılan değerlendirmelerde, Mg içeriği üzerindeki varyasyonun büyük ölçüde kullanılan anaçlardan kaynaklandığı, ortam pH'nın ise bu etkiyi ikincil düzeyde etkilediği görülmektedir. Alkali koşullar Mg içeriğinde düşüşe neden olsa da bu düşüş P ve K kadar belirgin değildir. Bununla birlikte, Hercules ve Hawk gibi anaçlar yüksek Mg içeriğini alkali ortamda da koruyabilmiş, aşısız ve kendi üzerine aşıllı bitkilerde ise belirgin azalmalar görülmüştür. Mg'nin bikarbonat iyonlarından etkilenerek alımının sınırlandırıldığına dair Pissaloux ve ark. (1995)'in belirttiği bulgular ve Mohsenian ve Roosta (2015)'nin domates bitkisinde Mg içeriğinin alkali stres altında azaldığı yönündeki çalışmaları, bu sonuçları destekler niteliktedir. Yaprak Ca içeriği ise çalışmada en yüksek pH duyarlılığı gösteren makro elementlerden biri olmuştur. Varyans analizine göre, Ca içeriğindeki değişimin %95.5'i ortam pH'sından kaynaklanmış ve bu durum yüksek pH'nın Ca taşınımını büyük ölçüde sınırladığını ortaya koymuştur. Nitekim Valdez-Aguilar ve Reed (2008) ve Mengel (1994), yüksek pH koşullarının özellikle karbonat ve bikarbonat iyonları nedeniyle besin maddelerinin çözünürlüğünü azalttığını ve bu durumun Ca gibi iyonların taşınımını zorlaştırdığını vurgulamaktadırlar. Bununla birlikte, Boğaç F₁ ve Hawk gibi anaçlar alkali stres altında dahi yüksek Ca içeriğini sürdürebilmiştir. Bu bulgu, Ca taşınımında kök sistemi yapısının ve iyon seçiciliğinin önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Borgognone ve ark. (2013), domatesde tolerant anaçlar sayesinde Ca ve diğer makro elementlerin yüksek pH koşullarında daha etkili bir şekilde alınıp taşınabildiğini belirtmektedirler. Aşıllı bitkiler genel olarak tüm makro besin elementlerinde, aşısız ve kendi üzerine aşıllı kontrollere göre daha yüksek içerik değerlerine ulaşmıştır. Bu durum, aşılamanın yalnızca stres toleransını artırmakla kalmayıp, besin elementi alımını da geliştiren sistemik etkiler oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Ulaş ve ark. (2021)'de benzer şekilde, karpuzda hem kontrol hem de alkali stres koşullarında aşılamanın makro ve mikro besin elementlerini artırdığını bildirmektedirler.

Çizelge 4.13. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcan yapraklarında makro besin elementi içeriğine etkisi (mg/100g D.W.)

pH	Anaç	P	K	Ca	Mg
6,5 (Kontrol)	AGR 703 F ₁	236.67±7.36	668.78±10.44	239.96±6.83	121.66±5.17
	Hawk	317.02±7.90	649.21±10.92	225.76±6.90	147.86±5.30
	Hercules	304.17±7.00	653.64±11.82	247.38±8.30	152.71±6.07
	Hikyaku F ₁	236.84±7.71	635.02±11.03	241.19±6.50	119.34±5.61
	AG38R F ₁	247.42±7.46	579.23±10.37	237.51±5.84	127.86±5.36
	KingKong F ₁	227.40±7.24	557.70±12.98	235.54±5.47	112.41±4.84
	Boğaç F ₁	281.38±7.15	631.15±10.98	241.42±7.36	129.47±4.53
	Yula F ₁	180.47±6.88	565.54±10.97	200.04±7.68	101.39±4.10
	Aşısız	227.82±7.84	490.86±10.80	227.34±5.92	99.37±3.69
	K.Ü. aşılı	237.69±6.98	495.82±11.36	239.24±5.52	98.03±3.27
8,1	AGR 703 F ₁	207.36±7.10	524.63±12.40	174.27±6.78	102.19±4.71
	Hawk	251.64±6.83	497.93±11.82	204.11±7.66	126.75±5.22
	Hercules	240.15±7.26	610.65±11.63	188.66±6.68	131.78±5.34
	Hikyaku F ₁	201.26±7.38	576.49±11.06	178.58±7.46	101.30±4.83
	AG38R F ₁	177.93±7.14	558.09±12.05	171.21±6.75	115.02±4.50
	KingKong F ₁	207.06±6.64	407.41±10.40	187.87±7.73	98.74±4.68
	Boğaç F ₁	236.23±9.16	581.45±11.21	189.99±7.97	108.48±5.76
	Yula F ₁	173.89±6.67	394.28±10.01	173.39±7.12	94.42±4.07
	Aşısız	186.71±5.83	388.15±10.88	171.67±7.29	94.21±4.16
	K.Ü. aşılı	184.25±6.91	392.87±12.51	170.98±6.39	84.44±4.40
Ortalamalar					
Anaç	AGR 703 F ₁	222.01 ^d	596.70 ^b	207.12 ^{bcd}	111.92 ^c
	Hawk	284.33 ^a	573.57 ^c	214.93 ^{ab}	137.31 ^a
	Hercules	272.16 ^b	632.15 ^a	218.02 ^a	142.25 ^a
	Hikyaku F ₁	219.05 ^{de}	605.75 ^b	209.89 ^{abc}	110.32 ^{cd}
	AG38R F ₁	212.67 ^{ef}	568.66 ^c	204.36 ^{cd}	121.44 ^b
	KingKong F ₁	217.23 ^{de}	482.55 ^d	211.70 ^{abc}	105.57 ^d
	Boğaç F ₁	258.80 ^c	606.30 ^b	215.71 ^{ab}	118.98 ^b
	Yula F ₁	177.18 ^g	479.91 ^d	186.72 ^e	97.91 ^e
	Aşısız	207.26 ^f	439.50 ^e	199.50 ^d	96.79 ^{ef}
	K.Ü. aşılı	210.97 ^{ef}	444.34 ^e	205.11 ^{cd}	91.23 ^f
pH	pH 6,5 (Kontrol)	252.36 ^a	592.69 ^a	233.54 ^a	121.01 ^a
	pH 8,1	209.32 ^b	493.19 ^b	181.07 ^b	105.73 ^b
pH	P değeri:	0.000	0.000	0.000	0.000
	Önem düzeyi:	***	***	***	***
	η ²	0.930	0.981	0.955	0.790
Anaç	P değeri:	0.000	0.000	0.000	0.000
	Önem düzeyi:	***	***	***	***
	η ²	0.966	0.990	0.705	0.943
pH × Anaç	P değeri:	0.000	0.000	0.000	0.043
	Önem düzeyi:	***	***	***	*
	η ²	0.733	0.932	0.652	0.333

Aynı harf ile gösterilen ortalamalar, Duncan çoklu karşılaştırma testine göre istatistiksel olarak anlamlı fark göstermemektedir ($P \leq 0.05$). * ve *** uygulamalar arasındaki farkın sırasıyla $P < 0.05$ ve $P < 0.001$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli olduğunu ifade etmektedir. η² (eta kare), etki büyüklüğünü ifade eder ve uygulamanın toplam varyans içindeki açıklayıcılığını gösterir. η² değeri 0.01-0.05 küçük, 0.06-0.013 orta ve 0.14-1.00 yüksek etki büyüklüğünü ifade eder (Cohen, 1988).

Tüm bu veriler birlikte değerlendirildiğinde, aşılamanın alkali stres koşullarında makro besin elementi alınma olan olumlu etkisi açıkça görülmektedir. Özellikle tolerant anaçlara yapılan aşılama, bikarbonat iyonlarının olumsuz etkilerine karşı dirençli yapılar sergileyerek P, K, Mg ve Ca gibi elementlerin daha etkin alınmasını ve taşınmasını sağlamaktadır. Bu etki, muhtemelen organik asit salgısı, kök sisteminde artan yüzey alanı, iyon seçici taşıma mekanizmaları ve stres koşullarına karşı daha güçlü antioksidatif ve fizyolojik yanıtlarla ilişkilidir. Nitekim Colla ve ark. (2010, 2012), Hamon ve ark. (2006) ve Gent ve ark. (2005) gibi araştırmacılar, tolerant anaçların bu tür mekanizmaları devreye sokarak yüksek pH stresine karşı bitkinin besin elementi gereksinimlerini karşıladığını vurgulamaktadırlar.

4.2.12. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcan yapraklarında sodyum (Na) içeriği (mg/100g) ve K/Na ile Ca/Na oranlarına etkisi

Sodyum, bitkilerde yüksek konsantrasyonlarda toksik etkiler yaparak hücre metabolizmasını bozabilen ve özellikle tuzlu ve alkali toprak koşullarında bitki büyümesini olumsuz etkileyen önemli bir iyon elementidir. Alkali stres koşullarında farklı anaçlarla yapılan aşılamanın patlıcan yapraklarında Na birikimi üzerine etkileri istatistiksel olarak yüksek düzeyde önemli bulunmuştur (pH: $P=0,000$, $\eta^2=0.998$; Anaç: $P=0.000$, $\eta^2=0.980$; pH \times Anaç: $P=0.000$, $\eta^2=0.979$). Bu sonuçlar, pH düzeyinin varyansın %99,8'ini açıklayarak birincil etki faktörü olduğunu, anaç etkisinin ise %98,0 ile ikinci sırada yer aldığını göstermektedir. Ayrıca, pH ile anaçların interaksyonunun da %97,9 oranında etkili olması oldukça güçlü bir interaktif etkinin olduğunu göstermektedir. Etki büyüklükleri açısından tüm faktörler çok yüksek düzeyde çıkmıştır. Normal (pH 6.5) koşullarda en düşük yaprak Na içeriği Boğaç F₁ (6.27 mg/100g), AGR 703 F₁ (6.50 mg/100g) ve kendi üzerine aşılı (6.50 mg/100g) uygulamalarda gözlenirken, aşısız bitkilerde 7.22 mg/100g ile daha yüksek düzeyde ölçülmüştür. Alkali stresi koşullarında en düşük Na içeriği, dikkat çekici şekilde, Hercules (21.84 mg/100g), Boğaç F₁ (25.67 mg/100g) ve AG38R F₁ (27.02 mg/100g) anaçlarında belirlenmiştir. Buna karşın, Yula F₁ (49.39 mg/100g), aşısız (43.93 mg/100g) ve kendi üzerine aşılı (42.84 mg/100g) uygulamaları yüksek Na birikimi göstermiştir. Özellikle Yula F₁ ve kontrol grupları bu açıdan olumsuz performans

sergilemiştir. pH ortalamaları değerlendirildiğinde, pH 6.5 koşullarında Na birikimi 7.20 mg/100g düzeyinde kalırken, pH 8.1 koşullarında bu değer yaklaşık beş kat artarak 33.96 mg/100g'a ulaşmıştır. Bu, Na birikiminin alkali koşullarda şiddetli şekilde arttığını ve stres tepkisinin iyon birikimi üzerinden açıkça gözlemlenebildiğini göstermektedir. Anaç ortalamaları açısından en düşük Na içeriği Hercules (14.53 mg/100g), Boğaç F₁ (15.97 mg/100g) ve AG38R F₁ (17.12 mg/100g) anaçlarında kaydedilmiş olup, bu anaçların Na birikimini sınırlamada daha etkili olduğu anlaşılmaktadır. Buna karşılık, Yula F₁ (28.58 mg/100g) ve kontrol grupları (aşısız 25.57 mg/100g; kendi üzerine aşılı 24.67 mg/100g) en yüksek değerleri göstermiştir (Şekil 4.30).

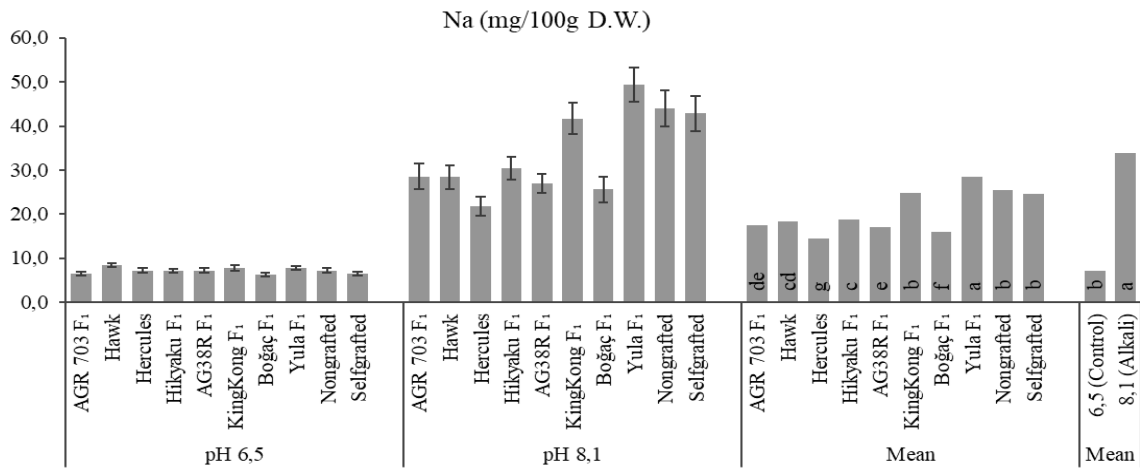
Potasyum/sodyum (K/Na) oranı, bitkilerde hücre osmotik dengesini ve enzim aktivitelerini koruyan, sodyum toksisitesine karşı direnç sağlayan kritik bir parametredir. K/Na oranı açısından hem pH etkisi hem anaç etkisi hem de bu iki faktörün interaksiyonu istatistiksel olarak yüksek düzeyde önemli bulunmuştur (pH: P=0.000, $\eta^2=0.992$; Anaç: P=0.000, $\eta^2=0.893$; pH \times Anaç: P=0.000, $\eta^2=0.657$). Bu oranlar, varyasyonun çok büyük kısmının açıklanabildiğini, pH varyasyonun %99.2'sini, anaç farkı %89.3'ünü ve pH \times anaç etkileşimi %65.7'sini açıklamaktadır. Normal koşullarda (pH 6.5), K/Na oranı en yüksek AGR 703 F₁ (%103.34), Boğaç F₁ (%100.70) ve Hercules (%90.92) anaçlarında gözlenirken, kontrol grupları olan aşısız (%68.21) ve kendi üzerine aşılı (%76.55) bitkilerde bu oran daha düşük bulunmuştur. Alkali koşullarda en yüksek K/Na oranları Hercules (%28.00), Boğaç F₁ (%22.68) ve AG38R F₁ (%20.67) anaçlarında ölçülmüş, buna karşılık Yula F₁ (%7.98), aşısız (%8.84) ve kendi üzerine aşılı bitkilerde (%9.17) K/Na oranı en düşük düzeyde gerçekleşmiştir. Bu sonuç, özellikle Hercules ve Boğaç F₁ anaçlarının Na birikimini sınırlandırarak K alımını koruma eğiliminde olduklarını göstermektedir. Alkali stresi ortalaması incelendiğinde pH 6.5 koşullarında K/Na oranı %83.16 iken, alkali koşullarda %16.21'ye düşmüştür. Bu durum alkali stresinin K/Na oranını büyük ölçüde bozduğunu ve iyonik dengenin sodyum lehine kaydığını göstermektedir. Bu değişim %80'den fazla oranda bir düşüşe işaret etmektedir. Anaç ortalamaları bakımından en yüksek K/Na oranı Boğaç F₁ (%61.69), AGR 703 F₁ (%60.87) ve Hercules (%59.46) kombinasyonlarında elde edilmiştir. Aşısız (%38.53) ve kendi üzerine aşılı (%42.86)

bitkiler düşük performans göstermiştir. Bu bağlamda özellikle Boğaç F₁ ve Hercules anaçlarının iyon homeostazını korumada avantaj sağladığı söylenebilir (Şekil 4.31).

Kalsiyum/sodyum (Ca/Na) oranı, hücre zarlarının stabilitesi ve selektif iyon taşınımı açısından kritik olup, tuz stresine karşı bitkilerin dayanıklılığında önemli rol oynar. Ca/Na oranına ilişkin varyans analizine göre, pH, anaç ve pH × anaç interaksyonu istatistiksel olarak yüksek derecede önemli bulunmuştur (pH: P=0.000, $\eta^2=0.987$; Anaç: P=0.000, $\eta^2=0.707$; pH × Anaç: P=0.000, $\eta^2=0.607$). Buradan, varyasyonun %98,7'sinin pH farkından, %70,7'sinin anaç farkından ve %60,7'sinin ise interaksyondan kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Bu durum, Ca/Na oranının stres koşullarına olduğu kadar aşu kombinasyonlarına da duyarlı olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. pH 6.5 koşullarında en yüksek Ca/Na oranları Boğaç F₁ (%38.53), AGR 703 F₁ (%37.01), kendi üzerine aşılı (%36.95) ve Hercules (%34.49) uygulamalarında ölçülmüştür. Bu, özellikle Boğaç F₁'in normal koşullarda güçlü kalsiyum taşınımını desteklediğini göstermektedir. Alkali koşullarda en yüksek oranlar Hercules (%8.67), Boğaç F₁ (%7.40) ve Hawk (%7.18) anaçlarında belirlenmiştir. Buna karşılık, en düşük oranlar Yula F₁ (%3.51), aşısız (%3.91) ve kendi üzerine aşılı (%3.99) uygulamalarında tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, Hercules ve Boğaç F₁ gibi anaçların alkali koşullarda da Ca/Na dengesini daha iyi koruyabildiğini göstermektedir. Denemede pH ortalaması pH 6.5'te %32,88 olurken, pH 8.1'de ise %5.75 olarak gerçekleşmiştir. Bu %82.5'lik azalma, Ca/Na dengesinin alkali stresle dramatik şekilde bozulduğunu kanıtlamaktadır. Anaç ortalamalarına göre en yüksek Ca/Na oranı Boğaç F₁ (%22.96), Hercules (%21.58) ve AGR 703 F₁ (%21.56) anaçlarında kaydedilirken, kontrol grupları (aşısız %17.79 ve kendi üzerine aşılı %20.47) ile birlikte Yula F₁ (%14.67) anacı en düşük oranları göstermiştir (Şekil 4.32).

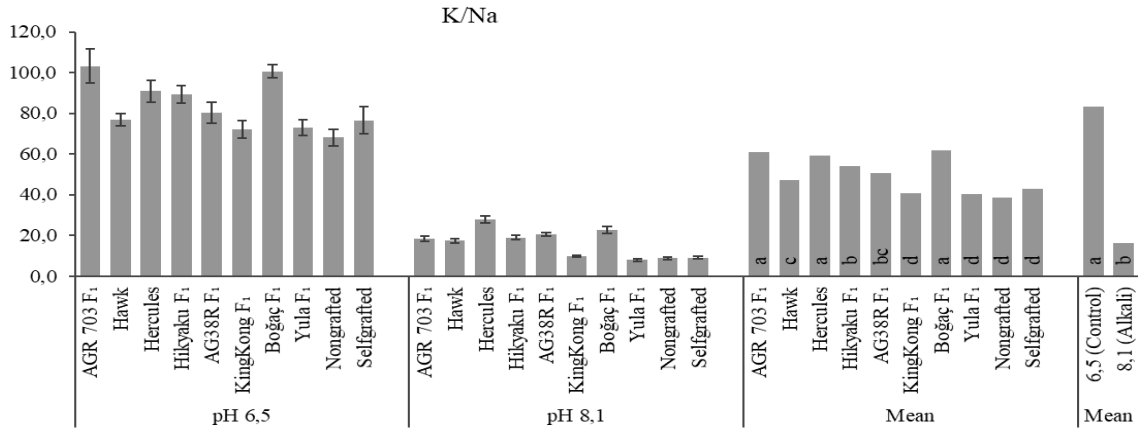
Alkali stres koşulları, bitkilerde iyonik dengenin ciddi şekilde bozulmasına neden olmakta ve özellikle sodyumun (Na⁺) aşırı birikimi ile bitki fizyolojisinde toksik etkiler oluşturabilmektedir. Çalışmada alkali stresi altında farklı anaçların kullanımıyla patlıcan yapraklarında Na⁺ birikiminin büyük oranda değiştiği ve bu etkinin pH, anaç ve bunların etkileşimiyle güçlü şekilde ilişkili olduğu belirlenmiştir. Özellikle Hercules, Boğaç F₁ ve AG38R F₁ gibi anaçlar Na birikimini sınırlamada etkili olurken, Yula F₁ ve kontrol grupları yüksek Na birikimi ile olumsuz sonuçlar vermiştir. Bu durum, Na⁺ birikiminin sadece stres koşullarının değil, aynı zamanda kullanılan anaçların fizyolojik

özellikleriyle yakından ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Na⁺ iyonunun birikimiyle bozulan hücresel dengeye karşı, K/Na ve Ca/Na oranları bitki dayanımı açısından kritik öneme sahiptir. Denemede özellikle Hercules ve Boğaç F₁ anaçlarının bu oranları yüksek tutarak Na⁺ toksisitesine karşı koruyucu bir rol üstlendikleri görülmüştür. Bu sonuçlar, Mohsenian ve Roosta (2015)'nin domates üzerinde gerçekleştirdiği çalışmayla paralellik göstermektedir; bu çalışmada da 10–15 mM NaHCO₃ ile oluşturulan alkali stresin Na/K oranını önemli düzeyde artırdığı, ancak aşılama ile bu oranın anaçlara bağlı olarak önemli ölçüde düşürülebildiği belirtilmiştir. Benzer şekilde, çalışmada alkali koşullarda genel olarak K/Na oranı %83'ten %16'ya, Ca/Na oranı ise %32'den %5'e kadar gerilemiştir. Bu bulgular, bu anaçların iyon seçiciliği, Na dışlama kapasitesi ve muhtemelen kök zarlarında daha etkin taşıyıcı sistemler sayesinde iyon homeostazını daha iyi koruduklarını göstermektedir. Sonuç olarak, patlıcanda alkali strese karşı aşılamanın önemli bir strateji olabileceği, özellikle bazı anaçların Na⁺ birikimini sınırlandırma ve K⁺ ile Ca²⁺ alımını koruma becerisiyle stres toleransını anlamlı biçimde artırabileceği anlaşılmaktadır.



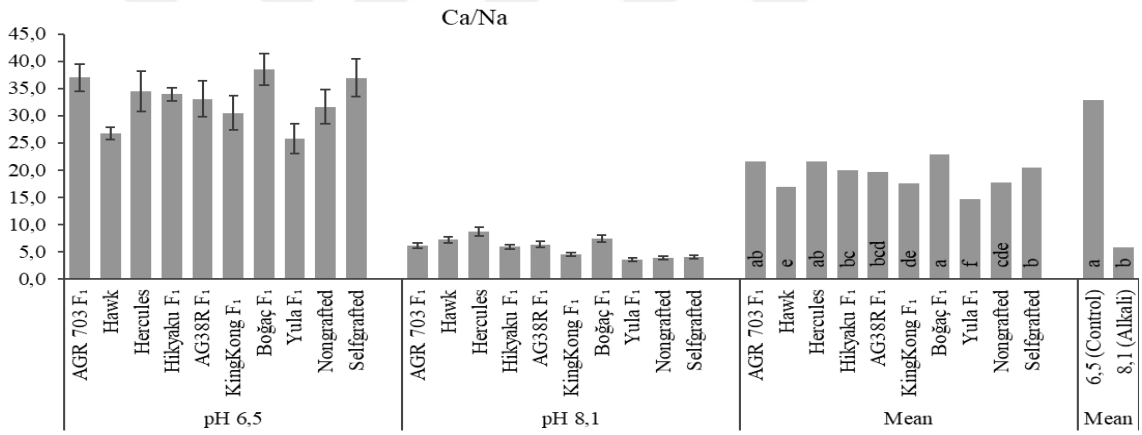
Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir (p < 0,05; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.30. Tuz stresi ve aşılamanın patlıcanda sodyum birikimine etkisi



Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.31. Tuz stresi ve anaçlara göre patlıcan yapraklarının K/Na oranı (%)



Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.32. Tuz stresi ve anaçlara göre patlıcan yapraklarının Ca/Na oranı (%)

4.2.13. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcan yapraklarında mikro besin elementi içeriğine etkisi

Demir (Fe, mg/kg D.W.):

Yaprak Fe içeriği, ortam pH'ı ($P=0.000$), anaçlar ($P=0.000$) ve pH \times anaç interaksiyonu ($P=0.002$) açısından istatistiksel olarak önemli farklılıklar göstermiştir. Etki büyüklüğü analizine göre değişimin %92.5'i pH'dan ($\eta^2=0.925$), %74.8'i anaçlardan ($\eta^2=0.748$) ve

%44.6'sı interaksiyondan ($\eta^2=0.446$) kaynaklanmıştır. Bu durum hem alkali stresi hem de anaç faktörlerinin Fe alımı ve taşınımında belirleyici olduğunu göstermektedir. Normal koşullarda Hercules (30.87 mg/kg), Yula F₁ (30.72 mg/kg), Hawk (30.34 mg/kg) ve AGR 703 F₁ (29.82 mg/kg) öne çıkarken, aşısız (25.61 mg/kg) ve kendi üzerine aşılı (26.88 mg/kg) bitkilerin Fe içeriği düşük bulunmuştur. Alkali stresi altında en yüksek Fe içeriği Hikyaku F₁ (25.21 mg/kg) anacında ölçülürken, Hawk, Hercules ve AGR 703 F₁ yaklaşık 24 mg/kg civarında Fe içeriği ile Hikyaku F₁ anacını takip etmişlerdir. En düşük Fe içeriği ise KingKong F₁ (20.91 mg/kg), aşısız (21.01 mg/kg) ve kendi üzerine aşılı (21.87 mg/kg) bitkilerde ölçülmüştür. pH ortalamaları incelendiğinde, pH 8.1 uygulamasında Fe içeriği 28.59 mg/kg'dan 23.02 mg/kg'a düşerek ciddi bir kayıp göstermiştir. Anaç ortalamalarına göre Hercules (27.48 mg/kg) ve Hawk (27.24 mg/kg) anaçları en yüksek Fe içeriklerine sahip olurken, aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilerin ortalamaları (23.31–24.37 mg/kg) düşük bulunmuştur (Çizelge 4.14).

Bakır (Cu, mg/kg D.W.):

Bakır içeriği yönünden ortam pH'ı (P=0.000), anaçlar (P=0.000) ve pH × anaç interaksyonu (P=0.000) istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Etki büyüklüğüne göre varyansın %94.8'i pH'dan ($\eta^2=0.948$), %90.1'i anaçlardan ($\eta^2=0.901$) ve %56.0'ı interaksiyondan ($\eta^2=0.560$) kaynaklanmıştır. Bu bulgular yaprak Cu içeriğine alkali stresinin çok güçlü düzeyde etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Normal koşullarda AGR 703 F₁ (2.87 mg/kg), Hawk (2.80 mg/kg) ve Hercules (2.79 mg/kg) yüksek Cu içeriğine sahipken, kendi üzerine aşılı (2.25 mg/kg) ve aşısız (2.19 mg/kg) bitkilerde Cu içeriği daha düşük bulunmuştur. Alkali ortamda Hercules (2.30 mg/kg) yüksek Cu içeriğini korurken, diğer anaçlar belirgin düşüş göstermiştir. En düşük Cu içeriği, sırasıyla aşısız (1.64 mg/kg), kendi üzerine aşılı (1.77 mg/kg) bitkilerde ve Yula F₁ (1.85 mg/kg) anacında saptanmıştır. Ortam pH ortalamaları karşılaştırıldığında 2.56 mg/kg'dan 2.01 mg/kg'a düşüş gözlenmiş, bu da Cu alımının alkali stres tarafından güçlü şekilde baskılandığını göstermektedir. Anaç ortalamalarına göre en yüksek değer Hercules (2.55 mg/kg), AGR 703 F₁ (2.46 mg/kg) ve Hawk (2.42 mg/kg) anaçlarında saptanmıştır (Çizelge 4.14).

Çinko (Zn, mg/kg D.W.):

Zn içeriği açısından pH ($P=0.000$) ve anaçlar ($P=0.000$) istatistiki olarak önemli farklılıklar oluştururken; pH \times anaç interaksyonu anlamlı bulunmamıştır ($P=0.194$). Etki büyüklükleri incelendiğinde oluşan varyansın %87.8'i pH'dan ($\eta^2=0.878$), %84.0'ı anaçlardan ($\eta^2=0.840$) ve %24.8'i interaksyondan ($\eta^2=0.248$) kaynaklanmıştır. Buradan, Zn alımı üzerinde alkali stresi ve anaçların önemli, interaksyonun ise sınırlı düzeyde etkili olduğu anlaşılmaktadır. Normal pH koşullarında en yüksek Zn içeriği Hercules (14.28 mg/kg), Hawk (13.78 mg/kg) ve Boğaç F₁ (13.30 mg/kg) anaçlarında ölçülürken, aşısız (11.49 mg/kg) ve kendi üzerine aşılı (9.58 mg/kg) bitkilerde Zn içeriği aşılı bitkilere göre daha düşük bulunmuştur. Yüksek pH ortamında Hercules (11.28 mg/kg) yine en yüksek düzeyde Zn içeriğine sahip olurken, KingKong F₁ anacı (9.50 mg/kg), kendi üzerine aşılı (7.90 mg/kg), aşısız bitkiler (8.44 mg/kg) en düşük seviyelerde kalmıştır. pH ortalamasında Zn miktarı %21 düşerek 12.46 mg/kg'dan 9.85 mg/kg'a gerilemiştir. Anaç ortalamasına göre Hercules (12.78 mg/kg), Hawk (12.30 mg/kg) ve Yula F₁ (11.66 mg/kg) anaçları üst sıralarda yer alırken, kendi üzerine aşılı (8.74 mg/kg) ve aşısız (9.97 mg/kg) bitkiler en alt grupta yer almıştır (Çizelge 4.14).

Bor (B, mg/kg D.W.):

Bor içeriği yönünden ortam pH'ı ($P=0.000$), anaçlar ($P=0.000$) ve pH \times anaç interaksyonu ($P=0.000$) istatistiksel olarak oldukça anlamlı bulunmuştur. Varyansın %95,5'i anaçlardan ($\eta^2=0.955$), %77.9'u pH'dan ($\eta^2=0.779$) ve %80.4'ü interaksyondan ($\eta^2=0.804$) kaynaklanmaktadır. Bu yüksek oranlar hem aşılamanın hem de alkali stresinin B alımı ve taşınımı üzerinde güçlü ve etkileşimli bir rol oynadığını göstermektedir. Normal koşullarda en yüksek B içeriği Hercules (2.95 mg/kg), Boğaç F₁ (2.76 mg/kg) ve Hawk (2.61 mg/kg) anaçlarında ölçülürken, aşısız (2.04 mg/kg) ve kendi üzerine aşılı (1.93 mg/kg) bitkiler alt grupta yer almıştır. Alkali ortamda AGR 703 F₁ (2.38 mg/kg) anacı dikkat çekerken, Hercules ve Boğaç F₁ anaçları da yüksek B içeriğine sahip olmuşlardır. KingKong F₁ (1.70 mg/kg) anacı ile kendi üzerine aşılı bitkiler (1,84 mg/kg) ve Yula F₁ anacı (1.90 mg/kg) alkali koşullarda en düşük B içeriğine sahip olmuşlardır. pH ortalamalarına göre bor içeriği %10 azalmış (2.30 →

2.07 mg/kg), bu da alkali koşulların bor alımını olumsuz etkilediğini göstermektedir. Anaç ortalamaları açısından en yüksek B içeriği Hercules (2.76 mg/kg) ve Boğaç F₁ (2.56 mg/kg) anaçlarında ölçülmüştür (Çizelge 4.14).

Mangan (Mn, mg/kg D.W.):

Yaprak Mn içeriği bakımından pH (P=0.000), anaçlar (P=0.000) ve pH × anaç interaksyonu (P=0.000) istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı bulunmuştur. Etki büyüklüğü analizlerine göre varyasyonun %97,7'sinin anaçlardan ($\eta^2=0.977$), %95.7'sinin pH'dan ($\eta^2=0.957$) ve %52.2'sinin interaksyondan ($\eta^2=0.522$) kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Normal koşullarda Hawk (3.16 mg/kg) ve Hikyaku F₁ (3.06 mg/kg) anaçları öne çıkarken, en düşük Mn içeriği KingKong F₁ (2.06 mg/kg) ve Yula F₁ (2.07 mg/kg) anaçlarında ölçülmüştür. Aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkiler de nispeten daha düşük düzeylerde Mn içermiştir. Alkali ortamda Hawk (2.57 mg/kg), Hikyaku F₁ (2.37 mg/kg) ve Boğaç F₁ (2.36 mg/kg) anaçları üstün performans gösterirken, Yula F₁ (1.58 mg/kg), aşısız (1.61 mg/kg) ve KingKong F₁ (1.77 mg/kg) oldukça düşük Mn içeriğine sahip olmuşlardır. pH ortalamasına göre Mn düzeyi 2.58 mg/kg'dan 2.08 mg/kg'a gerileyerek %19.4'lük bir azalma göstermiştir. Anaç ortalamasında en yüksek Mn içeriği Hawk (2.86 mg/kg), Hikyaku F₁ (2.72 mg/kg) ve Boğaç F₁ (2.60 mg/kg) anaçlarında görülmüştür (Çizelge 4.14).

Alkali stresinin mikro besin elementleri üzerindeki olumsuz etkileri, patlıcan gibi hassas kültür bitkilerinde büyüme ve gelişmeyi sınırlandırmaktadır. Literatürde, özellikle Fe'nin biyoyararlanımının alkali topraklarda önemli ölçüde kısıtlandığı ve bu durumun kireçli topraklarda bitkilerde yaygın kloroz problemlerine yol açtığı belirtilmektedir (Mengel, 1994; Römheld ve Marschner, 1986). Çalışmada da alkali stresi altında yapraklarda Fe içeriğinde belirgin bir azalma gözlenmiş, ancak farklı anaçların Fe alımını kısmen desteklediği saptanmıştır. Bu sonuçlar, Colla ve ark. (2010, 2012) tarafından karpuzda bildirilen, alkali stres koşullarında tolerant anaçlara aşılamanın Fe ve diğer mikro elementlerin alımını artırdığı ve köklerde salgılanan sitrik ve malik asitlerin besin elementlerinin mobilizasyonunu kolaylaştırdığı bulgularıyla uyumludur (Gent ve ark., 2005).

Çizelge 4.14. Alkali stresi koşullarında aşılamanın patlıcan yapraklarında mikro besin elementi içeriğine etkisi (mg/kg D.W.)

pH	Anaç	Fe	Cu	Zn	B	Mn
6,5 (Kontrol)	AGR 703 F ₁	29.82±1.05	2.87±0.12	12.66±0.64	1.93±0.07	2.69±0.06
	Hawk	30.34±0.97	2.80±0.08	13.78±0.64	2.61±0.08	3.16±0.07
	Hercules	30.87±0.77	2.79±0.10	14.28±0.60	2.95±0.07	2.61±0.08
	Hikyaku F ₁	28.39±0.96	2.69±0.07	12.22±0.64	2.25±0.07	3.06±0.05
	AG38R F ₁	28.30±1.03	2.63±0.09	13.11±0.59	2.28±0.06	2.81±0.07
	KingKong F ₁	27.43±1.38	2.60±0.10	11.39±0.73	2.08±0.08	2.06±0.07
	Boğaç F ₁	27.52±0.92	2.36±0.11	13.30±0.60	2.76±0.06	2.83±0.07
	Yula F ₁	30.72±1.51	2.45±0.07	12.83±0.68	2.18±0.07	2.07±0.08
	Aşısız	25.61±0.87	2.19±0.07	11.49±0.97	2.04±0.10	2.22±0.05
	K.Ü. aşılı	26.88±0.89	2.25±0.08	9.58±0.58	1.93±0.08	2.33±0.05
8,1	AGR 703 F ₁	24.02±0.78	2.06±0.08	10.50±0.46	2.38±0.07	2.17±0.05
	Hawk	24.15±0.77	2.05±0.14	10.82±0.57	2.30±0.06	2.57±0.09
	Hercules	24.09±0.83	2.30±0.08	11.28±0.48	2.57±0.07	2.23±0.07
	Hikyaku F ₁	25.21±1.00	2.15±0.08	9.72±0.59	1.89±0.08	2.37±0.07
	AG38R F ₁	22.94±1.02	2.16±0.07	9.94±0.59	1.84±0.06	2.23±0.05
	KingKong F ₁	20.91±1.12	2.00±0.09	9.50±0.49	1.70±0.08	1.77±0.07
	Boğaç F ₁	23.66±0.80	2.11±0.08	9.86±0.60	2.35±0.07	2.36±0.06
	Yula F ₁	22.40±0.70	1.85±0.09	10.50±0.47	1.90±0.07	1.58±0.06
	Aşısız	21.01±0.84	1.64±0.05	8.44±0.43	1.89±0.06	1.61±0.06
	K.Ü. aşılı	21.87±0.89	1.77±0.09	7.90±0.42	1.84±0.15	1.88±0.09
Ortalamalar						
Anaç	AGR 703 F ₁	26.92ab	2.46ab	11.58bc	2.16d	2.43d
	Hawk	27.24a	2.42b	12.30ab	2.46c	2.86a
	Hercules	27.48a	2.55a	12.78a	2.76a	2.42d
	Hikyaku F ₁	26.80a	2.42b	10.97cd	2.07de	2.72b
	AG38R F ₁	25.62b	2.39b	11.53c	2.06ef	2.52c
	KingKong F ₁	24.17c	2.30c	10.45de	1.89g	1.913
	Boğaç F ₁	25.59b	2.24cd	11.58bc	2.56b	2.60c
	Yula F ₁	26.56ab	2.15d	11.66bc	2.04ef	1.83g
	Aşısız	23.31c	1.92f	9.97e	1.97f	1.91f
	K.Ü. aşılı	24.37c	2.01e	8.74f	1.89g	2.11e
pH	pH 6,5 (Kontrol)	28.59a	2.56a	12.46a	2.30a	2.58a
	pH 8,1	23.02b	2.01b	9.85b	2.07b	2.08b
pH	P değeri:	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Önem düzeyi:	***	***	***	***	***
	η ²	0.925	0.948	0.878	0.779	0.957
Anaç	P değeri:	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Önem düzeyi:	***	***	***	***	***
	η ²	0.748	0.901	0.840	0.955	0.977
pH × Anaç	P değeri:	0.002	0.000	0.194	0.000	0.000
	Önem düzeyi	**	***	ö.d.	***	***
	η ²	0.446	0.560	0.248	0.804	0.522

Aynı harf ile gösterilen ortalamalar, Duncan çoklu karşılaştırma testine göre istatistiksel olarak anlamlı fark göstermemektedir ($P \leq 0.05$). ** ve *** uygulamalar arasındaki farkın sırasıyla $P < 0.01$ ve $P < 0.001$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli olduğunu, ö.d. uygulamalar arasındaki farkın önemsiz olduğunu ifade etmektedir. η² (eta kare), etki büyüklüğünü ifade eder ve uygulamanın toplam varyans içindeki açıklayıcılığını gösterir. η² değeri 0.01-0,05 küçük, 0.06-0.013 orta ve 0.14-1.00 yüksek etki büyüklüğünü ifade eder (Cohen, 1988).

Ayrıca, Cu ve Zn gibi mikro elementlerin içeriği alkali ortamda azalmış, ancak özellikle Hercules, AGR 703 F₁ ve Hawk anaçları bu düşüşü önemli ölçüde sınırlamıştır; bu da Borgognone ve ark. (2013) ile Mohsenian ve Roosta (2015) tarafından domateste bildirilen aşılamanın mikro element alımını artırmasıyla paralellik göstermektedir. Mn ve B elementlerinde de alkali stres önemli düşümlere neden olurken, Hawk ve Hercules gibi bazı anaçlar bu azalmanın önüne geçebilmiştir; benzer şekilde Roosta ve Bikdeloo (2022) hıyarda C. moschata anaçlarının Mn ve Fe alımını koruduğunu rapor etmektedirler. Hamon ve ark. (2006) ise stres koşullarında anaçların kök salgılarını artırarak mikro elementlerin mobilitesini ve dolayısıyla bitki içi taşınımını desteklediğini vurgulamaktadırlar. Alkalinitenin özellikle HCO₃⁻ ve CO₃²⁻ iyonları nedeniyle pH artışına ve dolayısıyla da mikro besin elementlerinin çözünürlüğünü düşürdüğü (Valdez-Aguilar ve Reed, 2008) ve bunun bitkilerde besin elementi alımını engellediği açıkça ortaya konmuştur. Sonuç olarak, aşılamanın alkali stres altında mikro elementlerin alımını iyileştirmede kritik rol oynadığı; bu etkinin ise anaca bağlı olarak değiştiği ve organik asit salgıları ile kök aktivitesinin artması gibi mekanizmalarla desteklendiği literatür ve elde edilen bulgularla uyumludur (Mohsenian ve ark., 2012; Colla ve ark., 2010).

4.2.14. Alkali stresi koşullarında aşılamanın patlıcan meyvelerinde fizyolojik bozukluklara etkisi

Meyve kabuk rengi bozulmaları (%):

Patlıcanda renk bozukluğu üzerine alkali stresinin (P=0.000), aşılamanın (P=0.000) ve pH × anaç interaksiyonunun (P=0.000) etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Etki büyüklüğü dikkate alındığında toplam varyansın %90.8'inin ortam pH düzeyinden, %84.4'ünün anaçlardan ve %61.0'mının pH × anaç etkileşiminden kaynaklandığı görülmektedir. Normal pH koşullarında en düşük renk bozukluğu oranı Hercules (%3.97), Hawk (%4.83) ve Boğaç F₁ (%4.92) anaçlarında kaydedilirken, alkali ortamda en yüksek oranlar kendi üzerine aşılı (%12.35), aşısız (%12.10) ve Yula F₁ (%11.91) uygulamalarında ölçülmüştür. Genel ortalamalara göre en yüksek bozukluk oranları %9.42 ile Yula F₁, %9.32 ile kendi üzerine aşılı ve %9.15 ile aşısız bitkilerde

gerçekleşmiştir. En düşük oran ise %5.58 ile Hercules anacında kaydedilmiştir. Ortam pH'sındaki artış, renk bozukluğu oranında önemli bir artışa neden olmuş (%5.68 → %9.26), bu artış tüm anaçlarda belirgin düzeyde olmakla birlikte özellikle Yula F₁, kendi üzerine aşılı ve aşısız bitkilerde dikkat çekici olmuştur. Buna karşın Hercules ve Hawk gibi anaçlar bu artışa karşı daha dirençli davranmış ve daha düşük bozukluk oranları sergilemiştir. Bu sonuçlar, alkali stresin meyve dış görünüşü üzerinde olumsuz etkiler yarattığını, ancak bazı anaçların bu fizyolojik bozukluğu azaltıcı potansiyele sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Şekil 4.33).

Meyvede kabarma bozukluğu (%):

Özellikle stres koşullarında patlıcan meyvelerinde görülen fizyolojik bozukluklardan biri meyvede kabarma bozukluğu olup, denemede alkali stresi (P=0.000) ve aşılamanın (P=0.000) etkileri istatistiksel olarak önemli bulunurken, pH × anaç interaksyonu anlamlı bulunmamıştır (P=0.144). Etki büyüklüğü verilerine göre varyansın %51.0'ı ortam pH'ından, %86.2'si anaçlardan kaynaklanırken, interaksiyon etkisi sınırlı kalmıştır ($\eta^2=0.191$). Normal pH koşullarında en düşük kabarma oranı Hercules (%4.06) ve Hikyaku F₁ (%4.34) anaçlarında belirlenmiş, en yüksek oran ise Yula F₁ (%7.19) ve kendi üzerine aşılı (%7.36) uygulamalarda tespit edilmiştir. Alkali koşullarda da benzer eğilim sürmüştür; en düşük oranlar Hercules (%4.96) ve Hikyaku F₁ (%5.06) anaçlarında görülürken, en yüksek oranlar kendi üzerine aşılı ve (%7.87) ve Yula F₁ (%8.00) uygulamalarında belirlenmiştir. pH düzeyindeki artış kabarma oranını önemli düzeyde artırmış (%5.62 → %6.53). Ancak bu artış Yula F₁ anacı ile aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilerde daha yüksek gerçekleşmiştir. Hercules ve Hikyaku F₁ gibi anaçlarda ise kabarma oranı daha düşük düzeyde görülmüştür (Şekil 4.34).

Tohumlu meyve oluşum oranı (%):

Tohumlu meyve oluşumu üzerine ortam pH düzeyinin (P=0.000), anaçların (P=0.000) ve pH × anaç interaksyonunun (P=0.000) etkileri istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı bulunurken aynı zamanda etki büyüklükleri de oldukça yüksektir çıkmıştır. Varyansın %91.3'ü hem pH hem de anaç kaynaklı iken, interaksiyondan gelen katkı

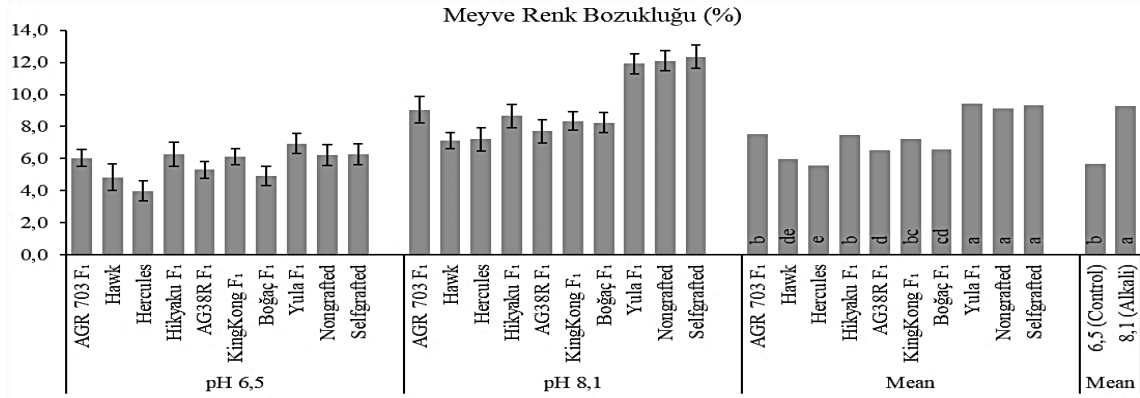
%78.8 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.35). Normal koşullarda en düşük tohumlu meyve oranı Hercules (%3.58), AG38R F₁ (%4.43) ve Boğaç F₁ (%4.56) anaçlarında tespit edilmiştir. Alkali ortamda ise en yüksek oran %11.74 ile kendi üzerine aşılı, %10.68 ile aşısız bitkilerde ve %9.33 ile Yula F₁ anacında kaydedilmiştir. Genel ortalamalara bakıldığında en düşük değer %4.70 ile Hercules, en yüksek değer ise %8.99 ile kendi üzerine aşılı bitkilerde gerçekleşmiştir. Denemede pH artışı tohumlu meyve oluşum oranını tüm uygulamalarda önemli düzeyde artırmıştır (%5.08 → %7.79). Kontrol bitkileri ile Yula F₁ anacı bu artıştan en fazla etkilenen uygulamalar olurken, Hercules ve Boğaç F₁ alkali stres altında daha düşük tohum oluşum oranları ile öne çıkmıştır.

Çiçek burnu çürüklüğü (%):

Patlıcanda stres koşullarında görülen fizyolojik bozukluklardan biri de çiçek burnu çürüklüğü olup, denemede ÇBC üzerine ortam pH düzeyi (P=0.000), anaçlar (P=0.000) ve pH × anaç interaksyonu (P=0.000) istatistiksel olarak önemli düzeyde etki etmiş, oluşan varyansın %93.2'si alkali stresinden, %74.5'i aşılardan ve %65.0'i pH x anaç interaksyonundan kaynaklanmıştır. Bu sonuçlar, ÇBC oluşumunun özellikle alkali ortamdan güçlü şekilde etkilendiğini göstermektedir (Şekil 4.36). Normal koşullarda en düşük ÇBC oranı %1.53 ile Hercules anacında, en yüksek oran ise %3.58 ile Yula F₁ anacında gözlenmiştir. Alkali koşullarda ise en yüksek oran %7.52 ile kendi üzerine aşılı bitkilerde, %6.35 ile aşısız bitkilerde görülürken, en düşük oran %4.04 ile Hercules ve %4.19 ile Hawk anaçlarında ölçülmüştür. Genel ortalamalara göre kendi üzerine aşılı (%4.87) ve Yula F₁ (%4.37) uygulamaları en yüksek ÇBC oranına sahipken, Hercules (%2.78), Hawk (%3.01) ve AGR 703 F₁ (%3.05) anaçları en düşük oranlara sahip olmuşlardır. Ortam pH'sındaki artış, çiçek burnu çürüklüğünü önemli düzeyde artırmış (%2.22 → %5.02). Bu artıştan özellikle kendi üzerine aşılı ve aşısız bitkiler olumsuz etkilenirken, Hercules ve Hawk gibi anaçların bu fizyolojik bozukluğu baskılayabildiği anlaşılmıştır. Bu da, söz konusu anaçların kalsiyum taşınımı ve meyve doku bütünlüğü açısından avantaj sağladığını göstermektedir.

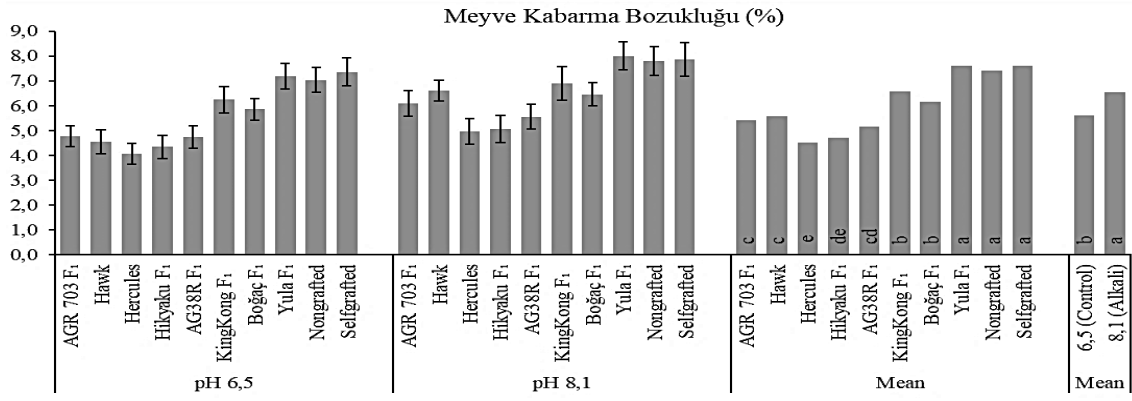
Genelde sebze türlerinde, özelde ise patlıcanda alkali stresine bağlı fizyolojik bozukluklar ve aşılama uygulamalarının bu bozukluklar üzerindeki etkileri hakkında literatürde herhangi bir bilgi bulunmamaktadır. Bu nedenle çalışma, patlıcanda renk

bozukluğu, meyvede kabarma, tohumlu meyve oluşumu ve çiçek burnu çürüklüğü gibi fizyolojik bozuklukların alkali stres koşullarında nasıl değiştiğini ve farklı anaçların bu bozuklukları ne ölçüde etkileyebileceğini ortaya koyan ilk araştırmadır. Renk bozukluğu oranı, pH artışıyla birlikte belirgin şekilde yükselmiş, özellikle aşısız, kendi üzerine aşı ve Yula F₁ anacında bozukluk oranı dikkat çekici düzeye ulaşmıştır. Buna karşın Hercules ve Hawk anaçlarının bu etkiyi sınırlayabildiği görülmüştür. Benzer şekilde, meyvede kabarma oranı da alkali stresle artış göstermiş; ancak Hercules ve Hikyaku F₁ anaçlarında bu artış oldukça düşük kalmıştır. Tohumlu meyve oluşumu da alkali koşullarda önemli düzeyde artmış; özellikle aşısız ve kendi üzerine aşı bitkiler bu durumdan olumsuz etkilenmiştir. Ancak Hercules ve Boğaç F₁ gibi anaçlar bu bozukluğu baskılayabilmiştir. Çiçek burnu çürüklüğü oranı da stres koşullarında artış göstermiş, fakat Hercules ve Hawk anaçları bu artışı sınırlamıştır. Özellikle Hercules anacının dört fizyolojik bozukluk açısından da düşük oranlar sergilemesi, bu anacın alkali strese karşı üstün bir adaptasyon yeteneğine sahip olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, uygun anaç seçiminin patlıcanda kalite kayıplarını azaltmada kritik bir araç olabileceğini ortaya koymaktadır.

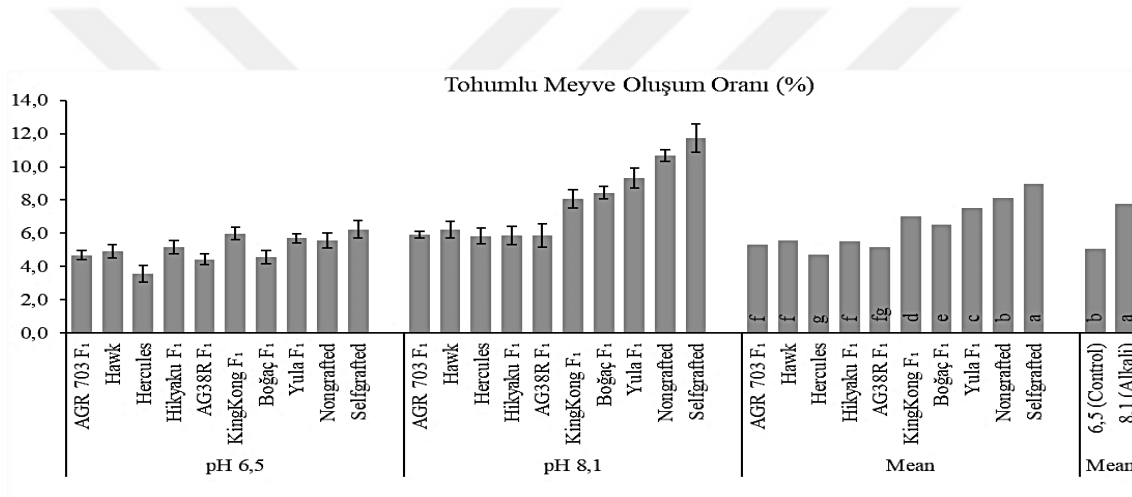


Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

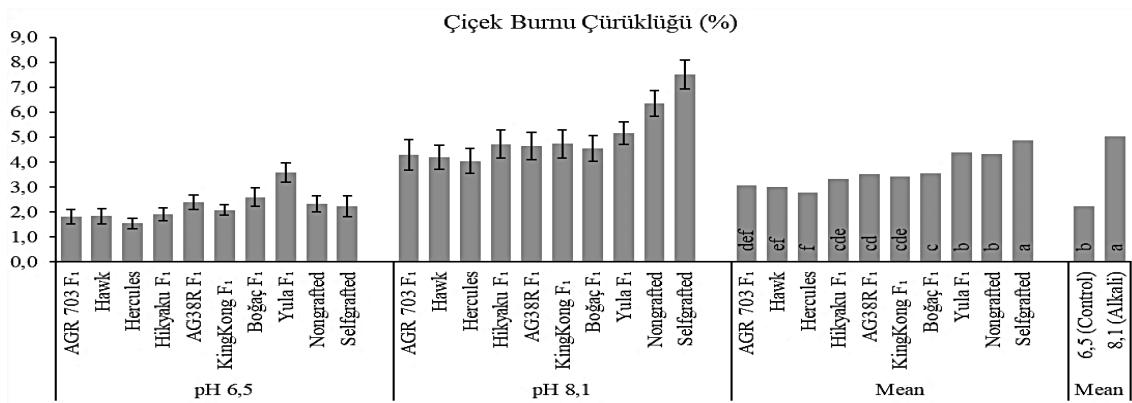
Şekil 4.33. Alkali stresi ve aşılamamanın patlıcan meyvelerinde renk bozulmasına etkisi (%)



Şekil 4.34. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcan meyvelerinde kabarma bozulmasına etkisi (%)



Şekil 4.35. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda tohumlu meyve oluşumu oranına etkisi (%)



Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.36. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda çiçek burnu çürüklüğüne etkisi (%)

4.2.15. Alkali stresi ve aşılamanın meyve kabuk rengi parametrelerine etkisi

Meyve renk açıklığı (L*):

Çalışmada alkali uygulaması (P=0.000) ve pH × anaç interaksiyonunun (P=0.005) L* değeri üzerine etkisi önemli bulunurken, aşılamanın etkisi anlamlı bulunmamıştır (P=0.130). Ortam pH düzeyi %31.8 ($\eta^2=0.318$) ve pH × anaç etkileşimi %31.4 ($\eta^2=0.314$) oranında orta-yüksek düzeyde etkili olurken, anaç faktörünün etkisi %19.5 ($\eta^2=0.195$) ile daha sınırlı düzeyde gerçekleşmiştir (Şekil 4.37). Ortam pH düzeyindeki artışla birlikte ortalama L* değeri %4 oranında artış göstermiş (31.23 → 32.48) ve bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu durum, alkali koşulların patlıcan meyvesinin açıklık/parlaklık düzeyini artırdığını göstermektedir. Normal koşullarda en yüksek L* değeri Boğaç F₁ (32.25) anacında kaydedilmiş; aşısız (32.23), kendi üzerine aşılı (31.97) ve Yula F₁ (31.70) uygulamaları da benzer şekilde yüksek parlaklık düzeyleri sergilemiştir. Alkali ortamda ise en yüksek L* değeri 33,48 ile AG38R F₁ anacında belirlenmiş; Hercules (32.97), Yula F₁ (32.92) ve KingKong F₁ (32.91) anaçları takip etmiştir. Genel ortalamalar değerlendirildiğinde en yüksek L* değeri 32.36 ile aşısız bitkilerde ölçülmüş, bunu Yula F₁ (32.31), Boğaç F₁ (32.22) ve Hercules (32.17) anaçları takip etmiştir. En düşük ortalama L* değeri ise 30,74 ile AGR 703 F₁ anacında kaydedilmiştir. Bu bulgular, meyve kalitesini doğrudan etkileyen açıklık/parlaklık parametresinin, pH koşulları ve anaç özelliklerine bağlı olarak farklı düzeylerde değiştiğini; bazı anaçların ise bu özelliği artırarak kaliteyi iyileştirme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

Meyve renk doygunluğu (Chroma):

Denemede ortam pH'sının croma üzerine etkisi önemli bulunmuş (P=0.006), buna karşın anaç faktörü (P=0.822) ve pH × anaç interaksiyonunun etkisi (P=0.918) istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Etki büyüklüğü analizlerinde, croma değerindeki toplam varyansın %11,9'unun ortam pH'sından ($\eta^2=0.119$), %7,8'inin anaçtan ($\eta^2=0.078$) ve %6,0'ının pH × anaç etkileşiminden ($\eta^2=0.060$) kaynaklandığı görülmüştür (Şekil 4.38). pH 6.5 ortamında en yüksek croma değeri 4.45 ile Hawk

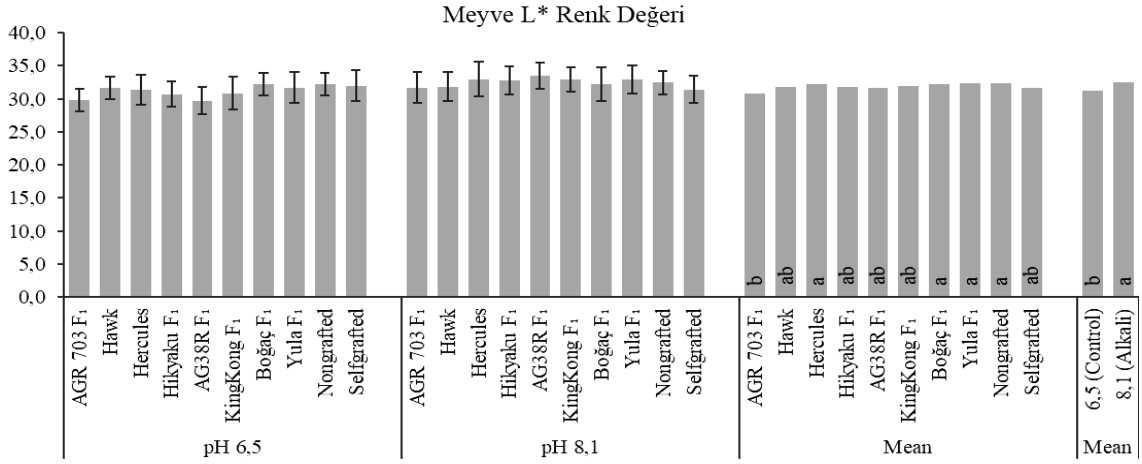
anacında gözlenmiş; bunu AGR 703 F₁ (4.36), AG38R F₁ (4.27) ve kendi üzerine aşılı (4.27) uygulamalar takip etmiştir. Alkali ortamda ise en yüksek croma değeri 4.09 ile Boğaç F₁ anacında belirlenmiş, Hercules (3.90) ve Yula F₁ (3.99) anaçları ise daha düşük değerler göstermiştir. Genel ortalamalarda ise Hawk (4.22) ve Boğaç F₁ (4.14) anaçları en yüksek croma değerleri ile öne çıkarken, Yula F₁ (3.95) en düşük ortalama değeri vermiştir. Ortamdaki pH düzeyinin artmasıyla birlikte ortalama croma değerinde %5 oranında anlamlı bir düşüş gözlenmiştir (4.20 → 3.99). Bu durum, alkali ortamın patlıcan meyvesinde renk doygunluğunu azaltarak meyve kalitesini olumsuz etkilediğini göstermektedir. Her ne kadar anaçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmasa da bazı anaçların özellikle alkali koşullarda daha yüksek croma değerleriyle renk kalitesini koruyabildiği dikkat çekmektedir. Özellikle Boğaç F₁ ve kendi üzerine aşılı uygulamalar alkali ortamda renk doygunluğunu nispeten daha iyi muhafaza etmiştir. Bu sonuçlar, patlıcan meyvesinin renk doygunluğunun alkali stresinden etkilendiğini, anaç seçiminin ise croma değerinde sınırlı etkiye sahip olmakla birlikte belirli anaçların renk kalitesini kısmen koruyabildiğini ortaya koymuştur.

Meyve renk tonu (Hue°):

Alkali stresi ve aşılamanın patlıcan meyvelerinde Hue* değerine etkisi incelendiğinde ortam pH'sının Hue* değerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmazken (P=0.410), anaç faktörünün (P=0.005) ve pH × anaç interaksyonunun (P=0,001) anlamlı olduğu saptanmıştır. Etki büyüklüğü analizleri, Hue* değerindeki toplam varyansın %30,9'unun anaç kaynaklı ($\eta^2=0.309$) ve %36.1'inin pH × anaç etkileşiminden ($\eta^2=0,361$) kaynaklandığını; pH'nın etkisinin ise oldukça sınırlı kaldığını göstermektedir ($\eta^2=0.011$) (Şekil 4.39). pH 6,5 ortamında en yüksek Hue* değeri 33.78 ile Hikyaku F₁ anacında ölçülmüş olup, Yula F₁ (33.45), aşısız (32.46) ve AGR 703 F₁ (32.91) uygulamaları da yüksek değerler vermiştir. Alkali ortamda ise Hawk (33.74) ve aşısız (32.74±0.94) uygulamaları daha yüksek Hue* değerleri göstermiştir. En düşük Hue* değerleri ise alkali ortamda AG38R F₁ (30.70), Boğaç F₁ (30.90) ve KingKong F₁ (30.64) anaçlarında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar değerlendirildiğinde, AGR 703 F₁ (32.75), Yula F₁ (32.65), aşısız (32.60) ve Hikyaku F₁ (32.50) uygulamaları her iki pH ortamında da üstün performans göstermiştir. pH × anaç interaksyonunun yüksek

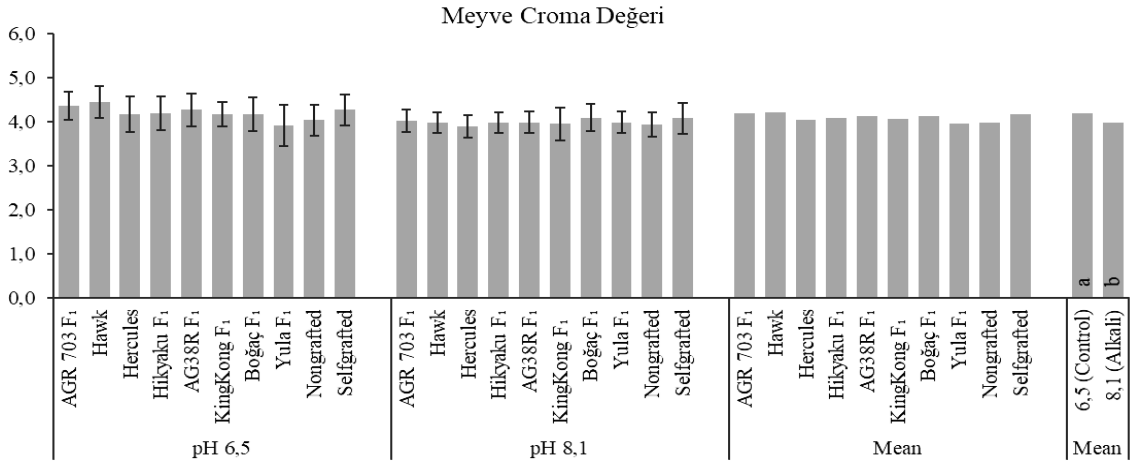
düzeyde anlamlı olması, farklı anaçların pH koşullarına bağlı olarak Hue* değerlerinde farklı tepkiler verdiğini ortaya koymaktadır. Örneğin, Hawk anacı alkali ortamda Hue* değerini artırırken, Hikyaku F₁ ve KingKong F₁ anaçlarında alkali ortamda düşüş gözlenmiştir. Sonuç olarak, patlıcan meyvesinin Hue* renk tonu, anaç faktörüne ve pH × anaç etkileşimine bağlı olarak değişmekle beraber aşılamanın tek başına ortam pH'sına etkisi sınırlı kalmıştır. Bu bulgular, alkali stres altında meyve renk tonunun korunmasında anaç seçiminin önemli olduğunu ve farklı anaçların stres koşullarına farklı tepkiler gösterebileceğini ortaya koymaktadır.

Meyve rengi, tüketici tercihleri ve pazarlanabilirlik açısından temel kalite kriterlerinden biri olup, çevresel stres faktörlerinden doğrudan etkilenebilmektedir. Bu çalışmada, alkali stresin patlıcan meyve rengi üzerine etkileri L*, chroma ve hue renk parametreleri üzerinden değerlendirilmiş; ayrıca farklı anaçlara yapılan aşılamanın bu etkileri ne ölçüde değiştirdiği araştırılmıştır. Ancak mevcut literatürde, sebzelerde aşılamanın alkali koşullarda meyve rengi üzerine etkilerini doğrudan ele alan herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmada meyve parlaklığı (L*) ve renk doygunluğu (chroma) parametrelerinin özellikle ortam pH düzeyinden etkilendiği, buna karşın anaç faktörünün etkisinin daha sınırlı kaldığı görülmüştür. L* değerinde pH ve pH × anaç etkileşimi önemli bulunmuş; bazı anaçların alkali koşullarda meyve parlaklığını koruyabildiği gözlenmiştir. Chroma değerinde ise alkali ortamda anlamlı düşüş saptanmış, ancak aşılamanın bu parametre üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı olmamıştır. Renk tonu (Hue*) ise büyük ölçüde anaç ve pH × anaç etkileşimine bağlı olarak değişmiş; bazı anaçlar olumlu tepki verirken bazılarında düşüş gözlenmiştir. Bu bulgular, alkali stresin meyve renk kalitesini olumsuz etkilediğini, aşılamanın ise anaç kombinasyonuna bağlı olarak bu etkiyi sınırlı ölçüde modüle edebildiğini göstermektedir.



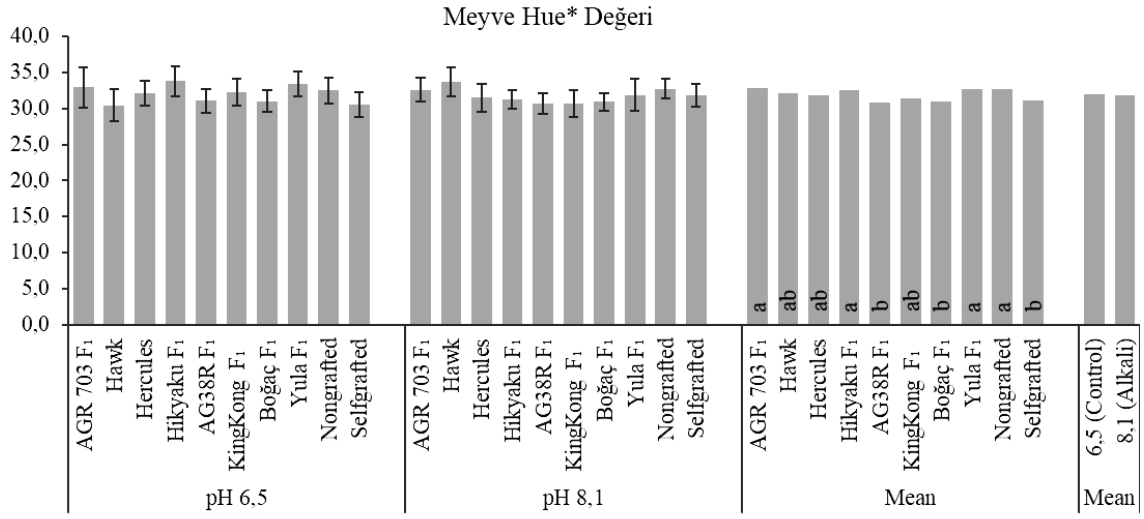
Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.37. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda meyve kabuk rengi açıklığına (L*) etkisi



Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.38. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda meyve renk doygunluğuna (Croma) etkisi



Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.39. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda meyve renk tonu (Hue^o) üzerine etkisi

4.2.16. Alkali stresi ve aşılamanın yaprak renk parametrelerine etkisi

Yaprak renk açıklığı (L*)

Çalışmada yaprak L* renk değeri üzerine ortam pH düzeyinin istatistiksel olarak etkisi önemli bulunurken ($P=0.000$), aşılama ($P=0.136$) ve $pH \times$ anaç interaksiyonunun ($P=0.355$) etkileri anlamlı bulunmamıştır. Etki büyüklüğü analizlerine göre L* değerlerindeki varyansın %26.5'i ortam pH düzeyinden ($\eta^2=0.265$), %19.4'ü anaç faktöründen ($\eta^2=0.194$) ve %14.5'i $pH \times$ anaç etkileşiminden ($\eta^2=0.145$) kaynaklanmıştır (Şekil 4.40). pH 6.5'ten 8.1'e geçildiğinde ortalama yaprak L* değeri 42.52'den 43.59'a yükselmiş ve bu durum alkali koşulların yaprak yüzeyinde daha açık/aydınlık bir görünüm oluşturduğunu ortaya koymuştur. Normal ortamda en yüksek L* değeri 43.69 ile kendi üzerine aşılı bitkilerde ölçülmüş, bunu aşısız bitkiler (43.64), Hikyaku F₁ (42.81) ve Boğaç F₁ (42.67) anaçları takip etmiştir. Alkali ortamda ise Hikyaku F₁ (44.04), AGR 703 F₁ (44.03) ve KingKong F₁ (44.00) uygulamaları en yüksek L* değerlerine ulaşmıştır. Genel ortalamalar dikkate alındığında, en yüksek yaprak L* değeri 43.83 ile aşısız bitkilerde saptanmış, bunu Hikyaku F₁ (43.43), kendi üzerine aşılı bitkiler (43.41) ve AGR 703 F₁ (43.32) anaçları izlemiştir. En düşük ortalama L* değerleri ise Hercules (42.55) ve AG38R F₁ (42.44) anaçlarında tespit

edilmiştir. Bu sonuçlar, yaprak rengindeki açıklığın stres koşullarına duyarlı olduğunu, ancak bazı anaçların bu özelliği destekleyerek stres altında bile yüksek parlaklık düzeyini sürdürebildiğini göstermektedir.

Yaprak renk doygunluğu (Chroma):

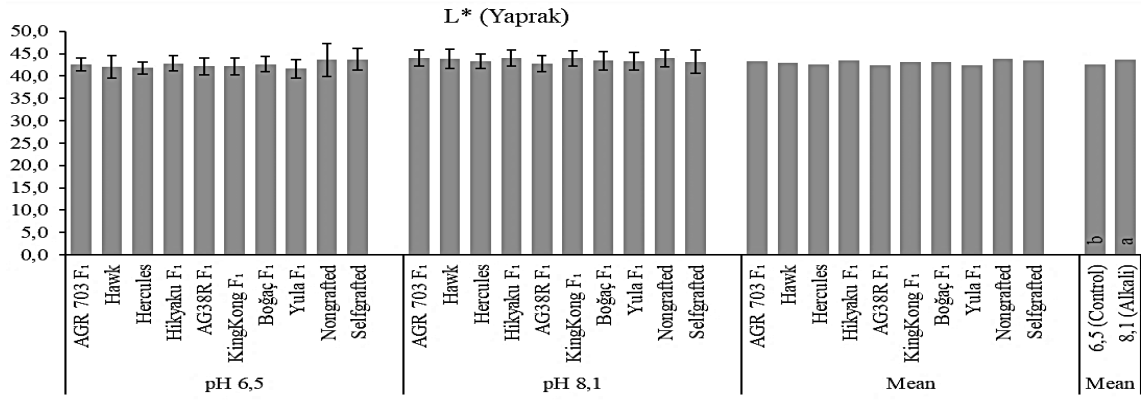
Yaprak renginin canlılığını ve pigment doygunluğunu yansıtan chroma değeri üzerine ortam pH düzeyi ($P=0.000$), anaç faktörü ($P=0.000$) ve $pH \times$ anaç etkileşimi ($P=0.004$) istatistiksel olarak önemli düzeyde etkili olmuş, etki büyüklüğü değerleri incelendiğinde, toplam varyansın %53.4'ünün ortam pH düzeyinden ($\eta^2=0.534$), %39.6'sının anaçlardan ($\eta^2=0.396$) ve %31.7'sinin $pH \times$ anaç etkileşiminden ($\eta^2=0.317$) kaynaklandığı görülmüştür (Şekil 4.41). Normal pH 6.5 koşullarında ortalama chroma değeri 12.25 iken, pH 8.1 ortamında bu değer %6.8 oranında azalarak 11.42'ye düşmüştür. Normal koşullarda en yüksek chroma değeri Hikyaku F₁ (13.04), Hercules (12.61) ve KingKong F₁ (12.55) anaçlarında ölçülürken, alkali ortamda en yüksek değer Hercules (11.89) ve AG38R F₁ (11.81) anaçlarında tespit edilmiştir. Genel ortalamalarda Hikyaku F₁ (12.28), Hercules (12.25) ve AG38R F₁ (12.14) anaçları dikkat çekmiş, buna karşın aşısız (11.27) ve kendi üzerine aşılı (11.58) bitkilerde daha düşük değerler kaydedilmiştir. Sonuçlar, renk doygunluğunun özellikle pH değişimlerinden yüksek düzeyde etkilendiğini, ancak bazı anaçların bu etkiyi sınırlandırarak yaprak pigment yoğunluğunu koruyabildiğini göstermektedir. Bu tür anaçlar, fotosentetik pigmentlerin stabilitesini sürdürmeleri bakımından alkali koşullarda önemli bir avantaj sağlayabilir.

Yaprak renk tonu (Hue°):

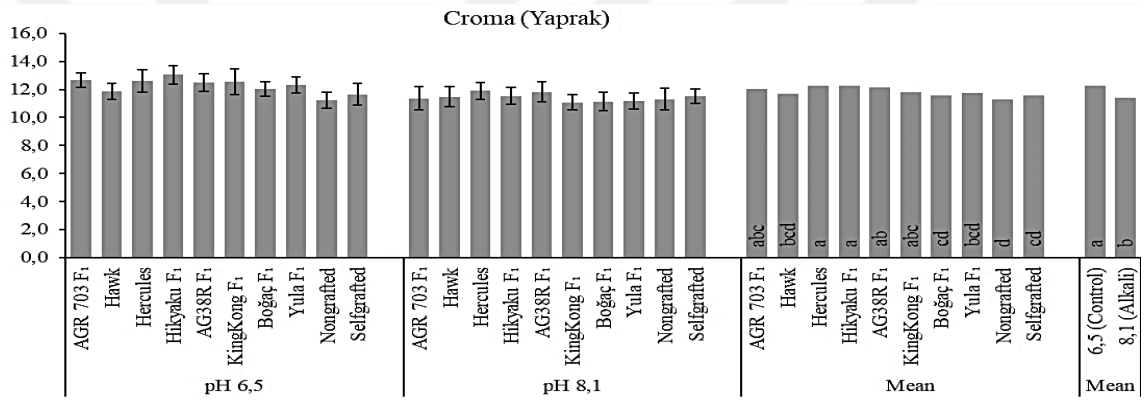
Patlıcan yapraklarında renk tonunu ifade eden hue* değeri ortam pH düzeyi ($P=0.029$) ve aşılardan ($P=0.036$) istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilenirken, $pH \times$ anaç etkileşiminin etkisi önemli bulunmamıştır ($P=0.157$). Etki büyüklüğü analizine göre, hue* değerlerindeki toplam varyansın %24.6'sı anaç farklılıklarından ($\eta^2=0.246$), %18.7'si etkileşimden ($\eta^2=0.187$) ve %7.7'si ortam pH düzeyinden ($\eta^2=0.077$) kaynaklanmaktadır (Şekil 4.42). Ortam pH'sındaki artış, hue* değerinde %2.3 oranında

bir yükselmeye neden olmuş (48.08 → 49.18) ve bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu artış, alkali koşulların yapraklarda daha mavi-yeşil tonların baskın hale gelmesine neden olduğunu düşündürmektedir. Normal pH koşullarında en yüksek hue değeri 50.37 ile aşısız bitkilerde ölçülürken bunu Hawk (49.81), kendi üzerine aşılı bitkiler (49.63) ve AG38R F₁ (48.55) anacı takip etmiştir. Alkali ortamda ise Hawk (50.77), AG38R F₁ (50.07) ve aşısız bitkiler (49.62) en yüksek değerlere ulaşmıştır. Genel ortalamalar değerlendirildiğinde en yüksek hue değeri 50.29 ile Hawk anacında, 49.99 ile aşısız bitkilerde ve 49.44 ile kendi üzerine aşılı bitkilerde ölçülmüştür. Buna karşın en düşük hue ortalamaları Hikyaku F₁ (46.83) ve Yula F₁ (47.55) anaçlarında tespit edilmiştir. Özellikle Hikyaku F₁'de pH artışına bağlı olarak hue değerinde ciddi artış (44.71 → 48.96) gözlenmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, yaprak renk tonunun hem alakli stresinden hem de anaç farklılığından etkilendiği, bazı anaçların patlıcan yapraklarının renk tonunu stabil düzeyde tutarak fotosentetik pigmentlerin bozulmasını sınırlayabildiği anlaşılmaktadır.

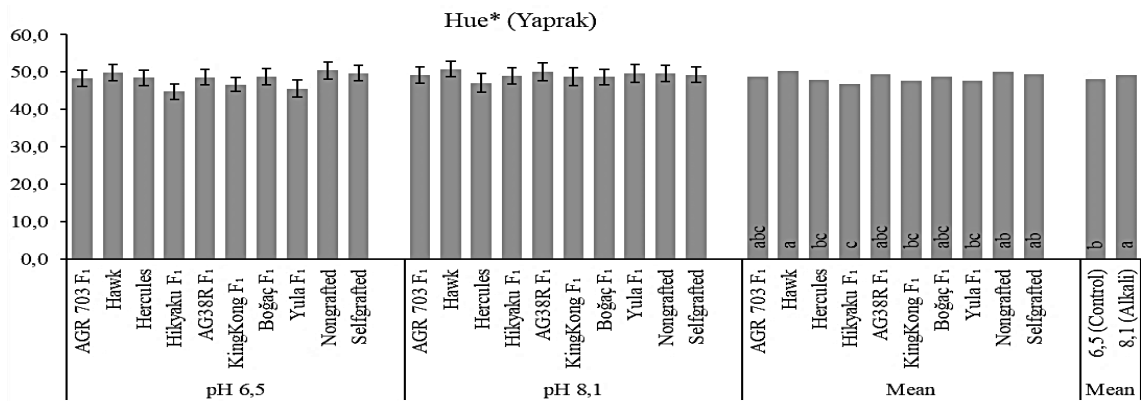
Sebzelerde alkali stresin fizyolojik etkileri sıklıkla araştırılmış olsa da özellikle yaprak renk parametreleri üzerindeki etkileri ve bu etkilere karşı aşılamanın rolü hakkında literatürde doğrudan bir çalışma bulunmamaktadır. Bu bağlamda elde edilen bulgular başka bulgularla karşılaştırılamamıştır. Çalışmada, yaprak L* değerinin (parlaklık/açıklık) ortam pH düzeyinden anlamlı düzeyde etkilendiği, pH artışıyla birlikte yaprak renginin daha açık hale geldiği, ancak aşılamanın bu parametreye etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. Bununla birlikte, etki büyüklüğü analizleri bazı anaçların L* değerini olumlu etkileyebildiğini göstermiştir. Chroma (renk doygunluğu) değeri ise hem ortam pH'ından hem de anaç farklarından yüksek oranda etkilenmiştir. Alkali koşullarda genel bir düşüş gözlenmiş olsa da, Hercules ve AG38R F₁ gibi bazı anaçlar, bu azalmayı sınırlayarak pigment yoğunluğunu koruyabilmiştir. Bu durum, bu anaçların fotosentetik kapasiteyi koruma potansiyeli taşıdığını göstermektedir. Hue (renk tonu) değeri ise hem pH artışından hem de aşılama etkilenmiş; yapraklarda daha mavi-yeşil tonlara kayma tespit edilmiştir. Özellikle Hawk ve AG38R F₁ anaçları, hue değerini yüksek düzeyde tutarak olası pigment bozulmasını sınırlamıştır. Sonuç olarak, aşılamanın alkali stres koşullarında yaprak renginin korunmasında potansiyel katkılar sunduğu, ancak bu etkinin anaçlara göre önemli ölçüde değiştiği ortaya konmuştur.



Şekil 4.40. Alkali stresi ve aşılamamın patlıcanda yaprak renk açıklığına (L*) etkisi



Şekil 4.41. Alkali stresi ve aşılamamın patlıcanda yaprak renk doygunluğuna (Croma) etkisi



Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

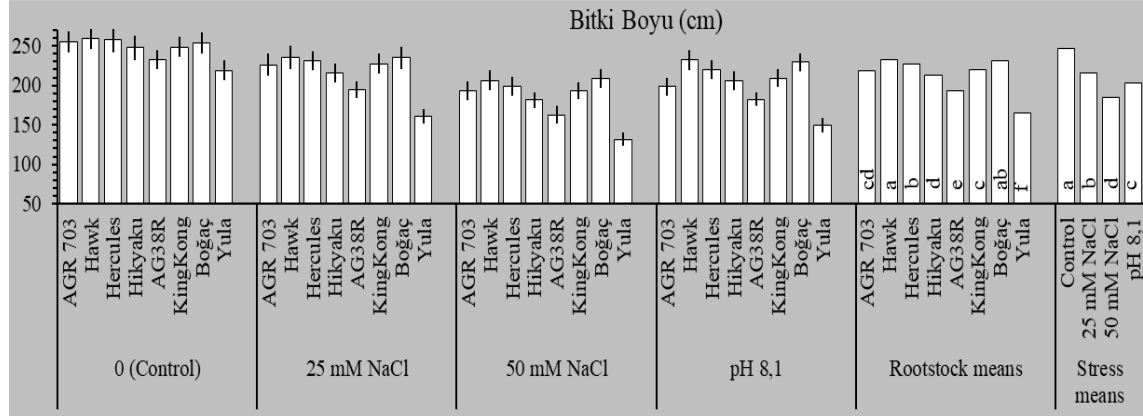
Şekil 4.42. Alkali stresi ve aşılamamın patlıcanda yaprak renk tonu (Hue^o) üzerine etkisi

4.3. Tuz Stresi ve Alkali Uygulamalarının Anaçlar Üzerindeki Etkileri

4.3.1. Bitki boyu

Bitki boyu bakımından stres uygulamaları, anaçlar ve stres \times anaç interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (stres: $p<0.001$; anaç: $p<0.001$; stres \times anaç: $p<0.001$). Bu durum, stres faktörlerinin bitki boyunu baskıladığını ancak anaçlara bağlı farklı tepkilerin ortaya çıktığını göstermektedir. Kontrol ortamında ortalama bitki boyu 246.49 cm düzeyinde iken, 25 mM NaCl uygulamasında %12.4 azalarak 215.80 cm'ye, 50 mM NaCl'de %25.2 azalarak 184.53 cm'ye gerilemiştir. Alkali stres koşulunda ise bitki boyu %17.5 azalma ile 203.41 cm olarak ölçülmüştür (Şekil 4.43). Bu sonuçlar, artan tuz konsantrasyonunun bitki boyunu daha fazla baskıladığını, alkali stresin ise 25 mM NaCl'ye yakın bir olumsuz etki yarattığını ortaya koymaktadır. Anaçlar düzeyinde değerlendirildiğinde, en yüksek ortalama bitki boyu Hawk anacında 233,23 cm olarak gerçekleşmiş, bu anacın bitki boyu kontrol ortamında 259.04 cm iken, 25 ve 50 mM NaCl ortamlarında sırasıyla %9.1 ve %20.5 ve alkali ortamda %10,3 oranında azalmıştır. Hercules (226.88 cm) ve Boğaç (231.59 cm) anaçları da bitki boyu en yüksek anaçlar olmuşlardır. Boğaç anacı özellikle 50 mM NaCl ortamında 208.85 cm ile anaçlar arasında en yüksek bitki boyuna sahip olmuştur. Bu durum stres \times anaç interaksyonunun önemli çıkmasının en belirgin göstergesidir. AGR 703 (218.14 cm), KingKong (219.45 cm) ve Hikyaku (212.73 cm) anaçları orta düzey bitki boyuna sahip anaçlar olurken, en düşük ortalama değer Yula anacında 165.32 cm olarak saptanmıştır. Yula anacı kontrol ortamında 219.19 cm bitki boyuna sahip olurken, 25 ve 50 mM NaCl uygulamalarında sırasıyla %26.8 ve %39.9 ve alkali ortamda %31.6 oranında azalmış ve stres altında en fazla boy kaybına uğrayan anaç olmuştur. Bitki boyu bakımından AG38R anacı da tuz stresinden en fazla etkilenen anaçlardan biri olmuş ve kontrol ortamına göre 50 mM NaCl uygulamasında e %29.9 azalarak 162.84 cm'ye düşmüştür. Genel olarak, tüm anaçlarda stres faktörleri bitki boyunu baskılamış olmakla birlikte, Hawk anacı yüksek ortalama değeri ve farklı stres koşullarında daha istikrarlı performansı ile öne çıkmıştır. Boğaç anacı ise özellikle yüksek tuz konsantrasyonunda (50 mM NaCl) üstünlük göstermiştir. Buna karşılık Yula ve AG38R anaçları düşük

ortalama değerleri ve yüksek oransal kayıplarıyla dezavantajlı bir görüntü sergilemişlerdir (Şekil 4.43).



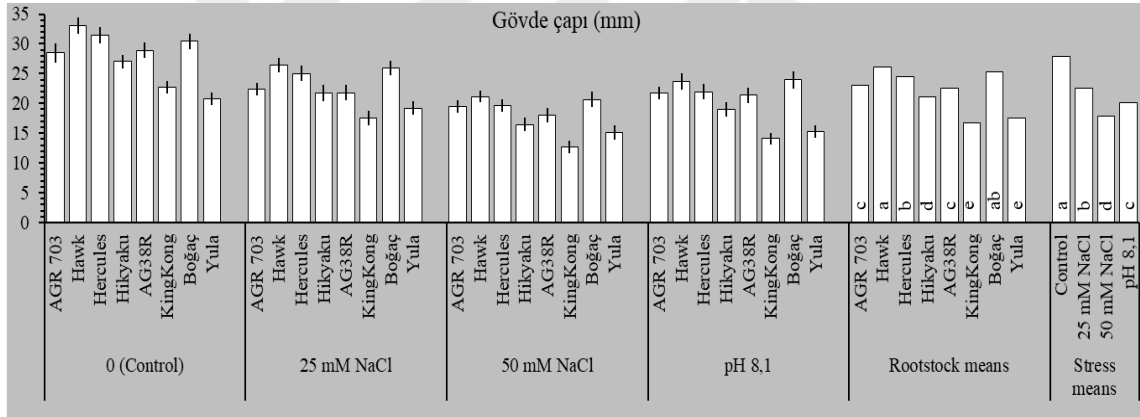
Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.43. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının patlıcan anaçlarının bitki boyuna etkisi

4.3.2. Gövde çapı etkisi (mm)

Gövde çapı üzerine stres uygulamaları ve anaçların etkisi istatistiksel olarak önemli çıkarken (stres: $p < 0,001$; anaç: $p < 0,001$), stres x xanaç interaksyonu önemsiz bulunmuştur ($p = 0,014$). Bu sonuç, stres faktörlerinin tüm anaçlarda benzer yönlü bir etki oluşturduğunu göstermektedir. Kontrol ortamında ortalama gövde çapı 27.85 mm olurken, 25 ve 50 mM NaCl uygulamalarında sırasıyla %19.2 ve %35.7 azalarak 22.50 ve 17.90 mm'ye gerilemiştir. Alkali stres koşulunda ise gövde çapı %27.7 azalma ile 20.12 mm olmuştur (Şekil 4.44). Bu bulgular, özellikle yüksek tuz konsantrasyonunun gövde kalınlığını en fazla baskılayan stres faktörü olduğunu, alkali koşulların ise tuz stresine yakın bir baskılayıcı etki yarattığını ortaya koymaktadır. Anaçlar düzeyinde değerlendirildiğinde, en yüksek ortalama gövde çapı Hawk (26.11 mm) ve Boğaç (25.23 mm) anaçlarında saptanmıştır. Hawk anacı kontrol koşullarında 33,09 mm ile en yüksek gövde çapına sahip olurken, 25 mM NaCl uygulamasında %20.0, 50 mM NaCl uygulamasında %36.1 ve alkali ortamda %28.3 oranında azalmıştır. Boğaç anacının gövde çapı ise kontrol değerindeki 30.43 mm'den 25 mM NaCl'de %14.9, 50 mM NaCl'de %32.1 ve alkali ortamda %21.4 azalarak sırasıyla 25.91, 20.67 ve 23.93

mm'ye düşmüştür. Hercules anacı da 31.43 mm olan kontrol değerinden 50 mM NaCl'de %37.6 azalarak 19.62 mm'ye gerilemiştir. AGR 703 (23.03 mm), AG38R (22.51 mm) ve Hikyaku (21.07 mm) anaçları ise gövde çapı bakımından orta düzeyde anaçlar olmuşlardır. En düşük gövde çapı ortalaması ise Yula (17.56 mm) ve KingKong (16,75 mm) anaçlarında belirlenmiştir. KingKong anacı kontrol ortamında 22.73 mm iken, 50 mM NaCl'de %44.1 oranında azalarak 12.70 mm'ye gerilemiştir. Benzer şekilde Yula anacının gövde çapı da kontrol ortamında 20.75 mm iken, 50 mM NaCl uygulamasında %27.4 azalarak 15.07 mm'ye düşmüştür. Genel olarak, tüm anaçlarda tuz ve alkali stresleri gövde çapında belirgin düşüslere neden olmuş, Hawk ve Boğaç anaçları en yüksek gövde çapına sahip olurken kontrol ortamına göre stres koşullarından nispeten daha az etkilenmiş, KingKong ve Yula anaçları ise düşük gövde kalınlıkları ve yüksek oransal kayıplarıyla en zayıf anaçlar olmuşlardır (Şekil 4.44).



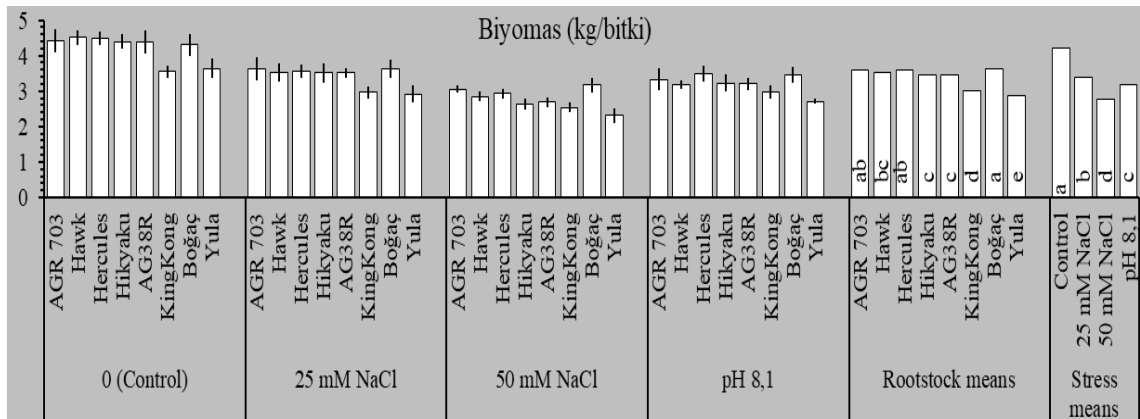
Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.44. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının patlıcan anaçlarının gövde çapına etkisi

4.3.3. Biyomas (kg/bitki)

Biyomas üzerine stres uygulamaları ve anaçların etkisi istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı bulunmuştur (stres: $p < 0,001$; anaç: $p < 0,001$; stres \times anaç: $p < 0,001$). Bu sonuç, stres faktörlerinin tüm anaçlarda benzer yönlü bir baskı oluşturduğunu ve anaçların stres koşullarına farklı tepkiler verdiğini göstermektedir. Kontrol ortamında ortalama biyomas 4.21 kg/bitki iken, 25 ve 50 mM NaCl uygulamalarında sırasıyla %19.2 ve %34.2 azalarak 3.40 ve 2.77 kg/bitki'ye gerilemiştir. Alkali stres koşulunda

ise biyomas %24.2 azalma ile 3.19 kg/bitki olarak belirlenmiştir (Şekil 4.45). Bu bulgular, özellikle yüksek tuz konsantrasyonunun biyoması en fazla baskılayan faktör olduğunu, alkali koşulların ise tuz stresine yakın düzeyde olumsuz etki yarattığını ortaya koymaktadır. Anaçlar düzeyinde değerlendirildiğinde, en yüksek ortalama biyomas Boğaç (3.64 kg/bitki) ve Hercules (3.61 kg/bitki) anaçlarında ölçülmüştür. Boğaç anacı kontrol koşullarında 4.30 kg/bitki ile yüksek biyomas değerine sahip olurken, 25 mM NaCl uygulamasında %15.5, 50 mM NaCl'de %26,3 ve alkali koşulda %19.8 azalarak sırasıyla 3.63, 3.17 ve 3.45 kg/bitki'ye düşmüştür. Hercules anacı da 4.47 kg/bitki olan kontrol değerinden 50 mM NaCl'de %34.7 azalarak 2.92 kg/bitki'ye gerilemiştir. Hawk (3.51 kg/bitki) ve AGR 703 (3.60 kg/bitki) anaçları da biyomas bakımından orta düzeyde performans göstermişlerdir. En düşük ortalama biyomas Yula (2,89 kg/bitki) ve KingKong (3.00 kg/bitki) anaçlarında kaydedilmiştir. Yula anacı kontrol ortamında 3.63 kg/bitki iken, 50 mM NaCl'de %36,6 azalarak 2.30 kg/bitki'ye, alkali koşulda ise %25.7 azalarak 2.70 kg/bitki'ye düşmüştür. KingKong anacı da kontrol ortamına göre 50 mM NaCl'de %28.2 düşüş ile 2.54 kg/bitki'ye gerilemiştir. Genel olarak, tüm anaçlarda tuz ve alkali stresleri biyomas üretiminde belirgin düşümlere neden olmuş, Boğaç ve Hercules anaçları yüksek başlangıç değerleri ve stres koşullarında biyoması nispeten daha iyi korumasıyla öne çıkarken, Yula ve KingKong anaçları düşük biyomas değerleri ve yüksek kayıplarıyla stres koşullarında dezavantajlı bir görünüm sergilemiştir (Şekil 4.45).



Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.45. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının patlıcan anaçlarının biyoması üzerine etkisi

4.3.4. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarında makro besin elementi içeriğine etkisi

Potasyum (K, mg/100 g D.W.):

Yaprak potasyum (K) içeriği, uygulanan stres koşulları ve kullanılan anaçlara bağlı olarak istatistiksel açıdan önemli düzeyde farklılık göstermiştir (stres: $p < 0.01$; anaç: $p < 0.001$; stres \times anaç: $p < 0.001$). Bu durum, stres faktörlerinin yaprak K düzeyi üzerinde anlamlı bir etki yarattığını ve bu etkinin anaçlara göre değişkenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Kontrol ortamında ortalama yaprak K içeriği 385.83 mg/100 g olurken, bu değer 25 mM NaCl uygulamasında %11.2 azalma ile 342.71 mg/100 g'a, 50 mM NaCl uygulamasında ise %41 azalma ile 227.63 mg/100 g'a düşmüştür. Alkali stres koşulunda ise K içeriği, kontrol ortamına göre %31.6 oranında azalarak ortalama 263.84 mg/100 g'a düşmüştür. Bu sonuçlar, özellikle yüksek tuz konsantrasyonunun (50 mM NaCl) potasyum alımı üzerinde en baskılayıcı etkiyi oluşturduğunu; ancak alkali koşulların da benzer şekilde K alımını belirgin şekilde sınırladığını göstermektedir. Anaç bazında değerlendirildiğinde, kontrol ortamında en yüksek K içeriği AG38R (421.31 mg/100 g) ve Boğaç (419.93 mg/100 g) anaçlarında belirlenmiştir. Bu anaçları sırasıyla Hercules (413,76 mg/100 g) ve AGR 703 (397.77 mg/100 g) takip etmiştir. En düşük K içeriği ise Yula (330.06 mg/100 g) ve KingKong (343.52 mg/100 g) anaçlarında ölçülmüştür. Stres uygulamaları sonrasında en büyük azalma, 50 mM NaCl uygulamasında görülmüş; bu uygulamada K içeriği en fazla azalan anaç Yula olmuş, kontrol ortamına göre %48.5 oranında azalarak 170,10 mg/100 g'a düşmüştür. Benzer şekilde, KingKong anacında da düşüş yüksek olmuş (%47.1) ve K içeriği 181.76 mg/100 g olmuştur. Öte yandan, Hercules anacı 50 mM NaCl uygulamasında %34.5'lik azalma ile 271.26 mg/100 g düzeyine gerilese de stres koşullarında diğer anaçlara göre potasyum düzeyini daha yüksek seviyelerde korumuştur. Alkali stres koşullarında, tüm anaçlarda belirgin K kayıpları gözlenmiştir. Yine Yula (231.28 mg/100 g) ve KingKong (241,77 mg/100 g) anaçları en düşük değerlere sahip olurken, AG38R ve Hercules, bu ortamda sırasıyla 277.39 ve 293.83 mg/100 g seviyelerinde K içerikleriyle, alkali stres altında potasyum düzeyini nispeten daha iyi koruyabilen anaçlar olmuşlardır. Genel olarak değerlendirildiğinde, tüm anaçlar stres faktörlerinden olumsuz etkilenmiş; ancak

yüksek tuz (50 mM NaCl) uygulaması, yaprak K içeriğini en güçlü şekilde baskılamıştır. Bununla birlikte, Hercules, AG38R ve Boğaç gibi anaçlar hem yüksek başlangıç değerleri hem de stres koşullarında nispeten daha yüksek K seviyelerini koruyabilmeleriyle öne çıkmıştır. Buna karşın, Yula ve KingKong anaçları, düşük başlangıç değerleri ve stres altında gösterdikleri yüksek orandaki düşüşlerle potasyum alımı açısından en dezavantajlı anaçlar olarak değerlendirilmiştir (Şekil 4.46).

Fosfor (P, mg/100 g D.W.):

Yaprak P içeriği stres uygulamaları ve anaçlardan önemli düzeyde etkilenmiş ve farklılıklar istatistik olarak önemli çıkmıştır (stres: $p<0.001$; anaç: $p<0.001$; stres \times anaç: $p<0.001$). Kontrol ortamında ortalama yaprak P içeriği 282.14 mg/100 g olurken, 25 mM NaCl uygulamasında %17.1 azalarak 233.85 mg/100 g'a, 50 mM NaCl uygulamasında %42.2 azalarak 162.92 mg/100 g'a ve alkali koşullarda %38,7 azalarak 172.99 mg/100 g'a gerilemiştir. Anaçlar bazında değerlendirildiğinde, Hawk ve Hercules anaçları kontrol koşullarında sırasıyla 300.03 ve 299.78 mg/100 g değerleri ile en yüksek P içeriklerine sahip olmuştur. Hawk anacında stres uygulamaları sonucunda yaprak P içeriği 25 mM NaCl'de %12.3 azalma ile 263.12 mg/100 g, 50 mM NaCl'de %34.1 azalma ile 197.57 mg/100 g ve alkali koşullarda %36.5 azalma ile 190.62 mg/100 g'a düşmüştür. Ortalama P içeriği 237.84 mg/100 g olan Hawk, tüm stres düzeylerinde nispeten yüksek değerini korumuştur. Benzer şekilde Hercules anacında da 25 mM NaCl'de %10.6, 50 mM NaCl'de %26.6 ve alkali koşullarda %34.1 oranında azalma kaydedilmiş ve ortalama P içeriği 246.34 mg/100 g olarak hesaplanmıştır. Boğaç anacı 298,15 mg/100 g kontrol değeri ile yüksek bir başlangıç seviyesine sahip olurken, 25 mM NaCl uygulamasında %17.5 azalma ile 245.99 mg/100 g, 50 mM NaCl'de %39.4 azalma ile 180.87 mg/100 g ve alkali koşullarda %37.1 azalma ile 187.52 mg/100 g değerlerine gerilemiştir. Boğaç, 228.14 mg/100 g ortalama yaprak P içeriği ile Hawk ve Hercules'in ardından en yüksek değere ulaşmıştır. Diğer yandan, AG38R ve Yula anaçları en düşük ortalama P içeriklerine sahip anaçlar olmuştur. AG38R anacında kontrol koşullarındaki 265,26 mg/100 g olan yaprak P içeriği, 50 mM NaCl'de %54.3 azalma ile 121.36 mg/100 g'a, alkali koşullarda ise %41.5 azalma ile 155.19 mg/100 g'a gerilemiştir. Yula anacında da benzer şekilde kontrol koşullarındaki

266.59 mg/100 g olan P içeriği, 50 mM NaCl'de %60.8 azalma ile 104.44 mg/100 g'a ve alkali koşullarda %47.6 azalma ile 139.64 mg/100 g'a dūřmüřtür. Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, tuz ve alkali stres uygulamalarının yaprak P içeriğini önemli ölçüde azalttığı, ancak bu azalmanın anaçlara göre farklılık gösterdiği anlaşılmaktadır. Hawk, Hercules ve Bođaç anaçları stres koşullarında yaprak P içeriğini nispeten yüksek düzeyde koruyabilirken, AG38R ve Yula anaçları stres koşullarına karşı daha duyarlı bulunmuştur (şekil 4.47).

Kalsiyum (Ca, mg/100 g D.W.):

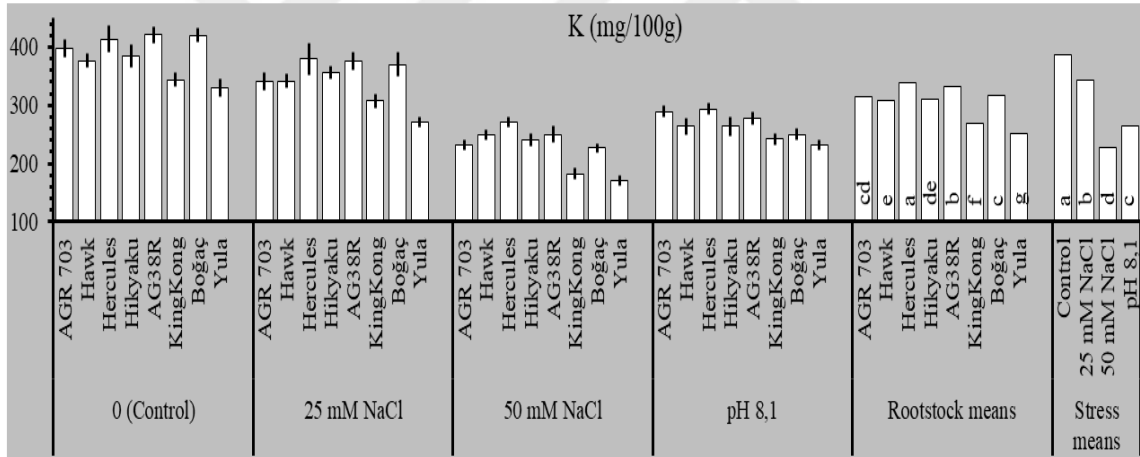
Stres uygulamaları ve anaçların yaprak Ca içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak yüksek düzeyde önemli bulunmuştur (stres: $p < 0.001$; anaç: $p < 0.001$; stres \times anaç: $p < 0.001$). Bu sonuç hem stres faktörlerinin hem de anaç farklılıklarının yaprak Ca düzeylerini anlamlı biçimde etkilediğini ve aynı zamanda bu iki etmenin birbiriyle etkileşim içinde olduğunu göstermektedir. Kontrol koşullarında anaçların ortalama yaprak Ca içeriği 227.04 mg/100 g olarak belirlenmiştir. Tuz stresinin artan dozları ile birlikte yaprak Ca içeriğinde anlamlı dūřüřler gözlenmiştir. Özellikle 25 mM NaCl uygulaması ortalama Ca içeriğinde %23 azalma ile 174.70 mg/100 g'a gerilerken, 50 mM NaCl uygulaması bu dūřüřü %45.8 gibi oldukça yüksek bir orana çıkararak 123.09 mg/100 g'a indirmiştir. Alkali koşullar altında ise ortalama Ca içeriğinde %32.6 oranında bir azalma yaşanmış ve 153.02 mg/100 g olarak ölçülmüştür. Hawk anacı kontrol ortamında 238.92 mg/100 g ile en yüksek yaprak Ca içeriğine sahip olmuştur. 25 mM NaCl uygulaması altında %20.7 dūřüřle 189.39 mg/100 g'a gerilerken, 50 mM NaCl'de %46.9'luk dūřüřle 126.78 mg/100 g'a dūřmüřtür. Alkali ortamda ise Hawk anacının yaprak Ca içeriği %25 azalarak 179.26 mg/100 g olmuştur. Bu durum, Hawk anacının hem tuz hem de alkali stresine karşı yaprak Ca seviyelerini nispeten daha iyi koruyabildiğini ve alkali stresin etkilerini kısmen sınırlayabildiğini göstermektedir. Kontrol ortamında Ca içeriği en yüksek anaçlardan biri olan Bođaç anacının (232.90 mg/100 g) Ca içeriği 50 mM NaCl uygulamasında %43.6, alkali stresi ortamında ise %32.5 azalmıştır. Hercules anacı 232.30 mg/100 g ile kontrol ortamında yüksek Ca içeriğine sahip olup, tuz ve alkali stres koşullarında sırasıyla %21.3 (25 mM NaCl), %45.9 (50 mM NaCl) ve %35.9 (alkali) oranlarında dūřüřler yaşamıştır. AGR 703 ve

AG38R anaçları yaprak Ca içeriği bakımından orta düzeyde anaçlar olmuşlardır. KingKong ve Hikyaku anaçlarının Ca içeriği tuz ve alkali stresi koşullarında önemli düzeyde azalmıştır. Yula anacı ise hem düşük kontrol ortamı değeri (212.19 mg/100 g) hem de yüksek stres duyarlılığı ile dikkat çekmekte olup, tuz ve alkali stresi altında yaprak Ca içeriğinde sırasıyla %31.0, %53.1 ve %41.3 oranlarında azalma meydana gelmiştir. Genel olarak, çalışmada Hawk, Boğaç ve Hercules anaçlarının stres koşullarında yaprak Ca içeriğini daha yüksek düzeyde koruyabildikleri görülmektedir. Bu anaçlar hem yüksek başlangıç değerlerine sahip olmakta hem de stres koşullarına karşı daha tolerant durum sergilemişlerdir. Buna karşın, Yula ve KingKong gibi anaçlar yüksek tuz ve alkali stresine karşı daha duyarlı anaçlar olmuşlardır (Şekil 4.48).

Magnezyum (Mg, mg/100 g D.W.):

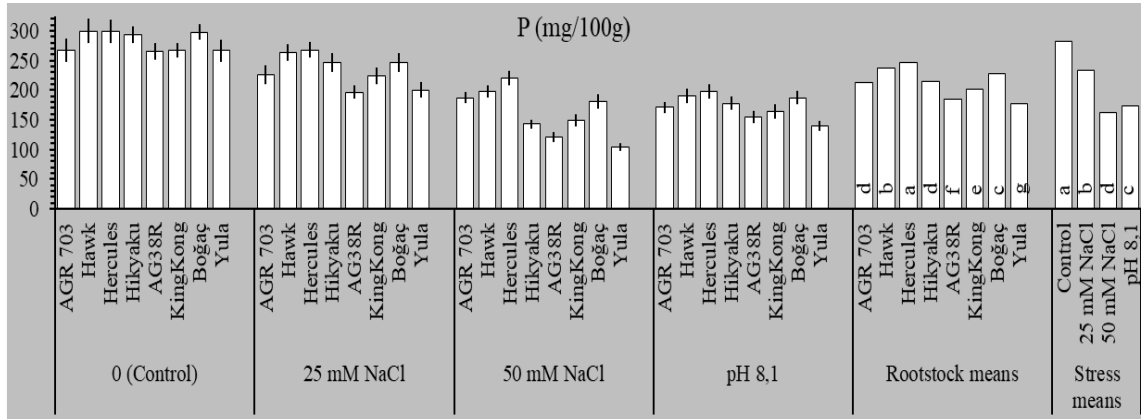
Tuz ve alkali stres uygulamalarının farklı anaçların yaprak magnezyum (Mg) içeriği üzerindeki etkileri incelenmiş ve varyans analizi sonuçlarına göre, Mg içeriği üzerine hem stres uygulamalarının ($p<0.001$), hem anaç farklılıklarının ($p<0.001$), hem de stres \times anaç interaksyonunun ($p<0.001$) istatistiksel olarak yüksek düzeyde önemli etkileri olduğu belirlenmiştir. Kontrol koşullarında anaçların ortalama yaprak Mg içeriği 127.01 mg/100 g olurken, 25 mM ve 50 NaCl uygulamalarında sırasıyla %14.7 ve %32 oranında azalarak 108.37 mg/100 g ve 86.27 mg/100 g'a, alkali ortamında ise %22 azalarak 99.05 mg/100 g'a gerilemiştir. Anaç bazında değerlendirildiğinde, Hawk anacı kontrol ortamında 145.92 mg/100 g ile en yüksek Mg içeriğine sahip olmuştur. Stres uygulamaları sonucunda Mg içeriği 25 mM NaCl'de %14.9 azalma ile 124.22 mg/100 g, 50 mM NaCl'de %30.2 azalma ile 101.77 mg/100 g ve alkali koşullarda %23.3 azalma ile 112.01 mg/100 g olarak belirlenmiştir. Ortalama Mg içeriği 120.98 mg/100 g olan Hawk, tüm stres düzeylerinde yüksek Mg içeriğini korumuştur. Benzer şekilde, Hercules anacı da yüksek bir başlangıç değerine (143.01 mg/100 g) sahip olup, stres koşullarında sırasıyla %13.9 (25 mM NaCl), %31.5 (50 mM NaCl) ve %20.9 (alkali) oranlarında azalma göstermiştir. Hercules anacının ortalama Mg içeriği 119,36 mg/100 g olarak hesaplanmıştır. Boğaç anacı, 123.51 mg/100 g olan kontrol değeri ile orta düzeyde bir başlangıç seviyesine sahipken, 25 mM NaCl uygulamasında yalnızca %4.1'lik bir azalma ile 118.45 mg/100 g'a gerilemiştir. Bu düşüş, çalışmadaki en düşük

oranlardan biridir. Ancak 50 mM NaCl uygulamasında %30.1 azalma ile 86.26 mg/100 g. alkali koşullarda ise %11.8 azalma ile 108.94 mg/100 g değerine ulaşmıştır. Diğer yandan AG38R ve Yula anaçları çalışmada en düşük ortalama Mg içeriklerine sahip anaçlar olmuştur. AG38R anacında kontrol koşulundaki 119.78 mg/100 g olan Mg içeriği 50 mM NaCl'de %39.9 azalma ile 71.95 mg/100 g'a düşmüştür. Yula anacında ise kontrol koşulundaki 113.39 mg/100 g olan Mg içeriği 50 mM NaCl'de %33.8, alkali koşullarda ise %28.7 azalmayla sırasıyla 75.05 ve 80.88 mg/100 g olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar, stres uygulamalarının Mg içeriği üzerinde genel olarak olumsuz etkiler yarattığını; ancak bu etkinin anaçlara göre farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Hawk, Hercules ve Boğaç anaçları stres koşullarında yaprak Mg içeriğini daha yüksek düzeyde koruyabilmiş; buna karşın AG38R ve Yula anaçları stres koşullarına karşı daha duyarlı olmuşlardır (Şekil 4.49).

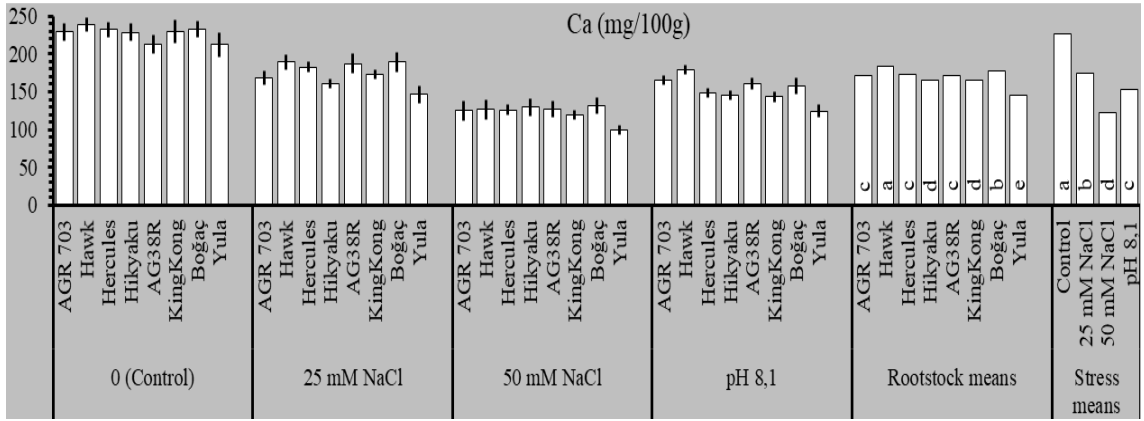


Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

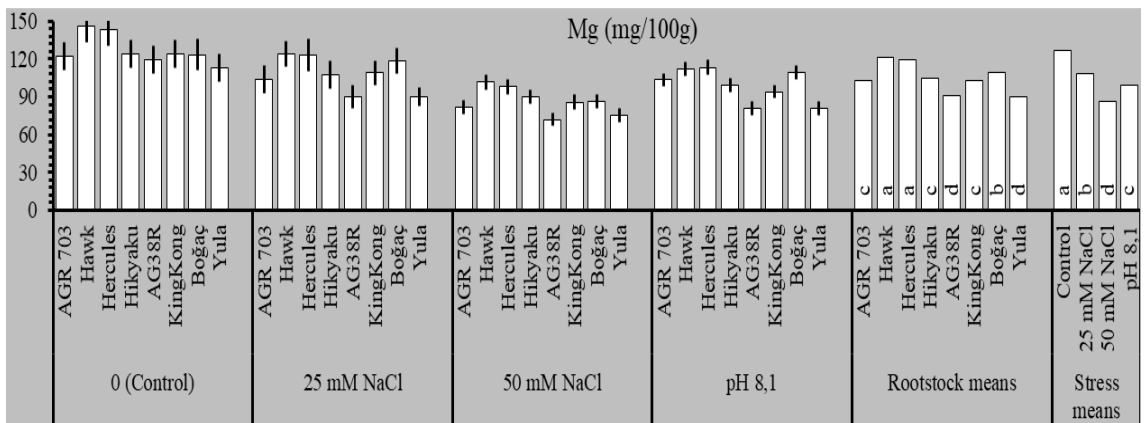
Şekil 4.46. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarının potasyum (K) içeriğine etkisi



Şekil 4.47. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarının fosfor (P) içeriğine etkisi



Şekil 4.48. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarının kalsiyum (Ca) içeriğine etkisi



Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.49. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarının magnezyum (Mg) içeriğine etkisi

4.3.5. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının Na içeriği ile K/Na ve Ca/Na oranlarına etkisi

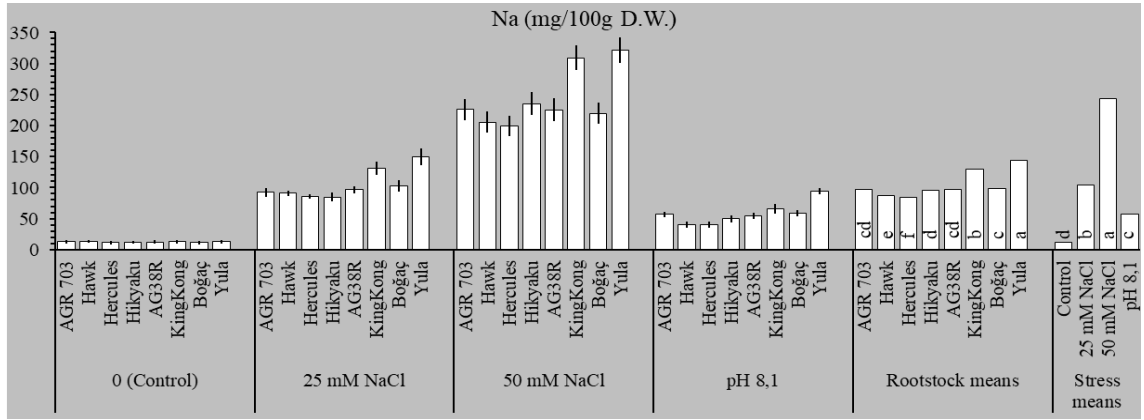
Sodyum (Na, mg/100 g D.W.):

Tuz ve alkali stres uygulamalarının farklı anaçların yaprak Na içeriği üzerindeki etkileri incelenmiş ve varyans analizi sonuçlarına göre hem stres uygulamalarının ($p<0.001$), hem anaç farklılıklarının ($p<0.001$), hem de stres \times anaç interaksyonunun ($p<0.001$) istatistiksel olarak yüksek düzeyde önemli olduğu belirlenmiştir. Kontrol koşullarında ortalama Na içeriği 12.28 mg/100 g düzeyinde iken, 25 mM NaCl uygulamasında yaklaşık sekiz kat artarak 104.04 mg/100 g'a, 50 mM NaCl uygulamasında yirmi kat artışla 242.70 mg/100 g'a yükselmiştir. Alkali koşullarda ise Na birikimi daha sınırlı olmuş ve ortalama değer 57.61 mg/100 g olarak ölçülmüştür. Anaç bazında değerlendirildiğinde, Hercules ve Hawk anaçları düşük Na birikimi ile öne çıkmıştır. Hercules anacında kontrol koşullarındaki 11.35 mg/100 g Na içeriği, 25 mM NaCl uygulamasında 85.53 mg/100 g'a, 50 mM NaCl'de 199.62 mg/100 g'a, alkali koşullarda ise yalnızca 39.76 mg/100 g'a yükselmiş ve ortalama 84.07 mg/100 g ile çalışmada en düşük Na birikimine sahip anaç Hercules olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde Hawk anacında da ortalama 87.50 mg/100 g değer ile düşük bir Na birikimi saptanmıştır. Özellikle alkali koşullarda Hawk (40.64 mg/100 g), en düşük Na içeriğine sahip anaç olmuştur. AGR 703, Hikyaku, AG38R ve Boğaç anaçlarında ortalama Na içerikleri 95–98 mg/100 g aralığında olup orta düzeyde bir Na birikimi göstermişlerdir. Bu anaçlar 25 mM ve 50 mM NaCl uygulamalarında belirgin Na artışına rağmen alkali koşullarda daha düşük değerler koruyabilmiştir. Diğer yandan KingKong ve Yula anaçları en yüksek Na birikimini gösteren anaçlar olmuştur. KingKong anacında 50 mM NaCl uygulamasıyla Na içeriği 309.29 mg/100 g'a ulaşırken, Yula anacında bu değer 321.34 mg/100 g ile en yüksek Na içeriğine sahip anaç olmuştur. Bu iki anaç aynı zamanda alkali koşullarda da yüksek Na içeriklerine (sırasıyla 66.36 ve 94.78 mg/100 g) sahip olmuştur. Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, tuz ve alkali stres uygulamaları yapraklarda Na birikimini önemli ölçüde artırmıştır. Ancak bu artış anaçlara göre farklılık göstermektedir. Hercules ve Hawk anaçları düşük Na birikimi ile stres koşullarında daha avantajlı bir performans sergilerken, KingKong ve Yula anaçları

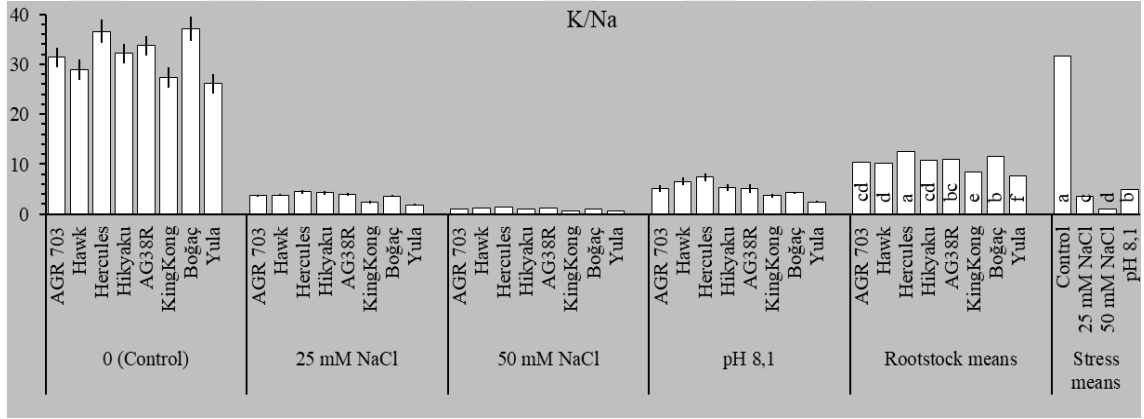
yüksek Na birikimi nedeniyle stres koşullarına karşı daha duyarlı bulunmuştur (Şekil 4.50).

K/Na ve Ca/Na oranları:

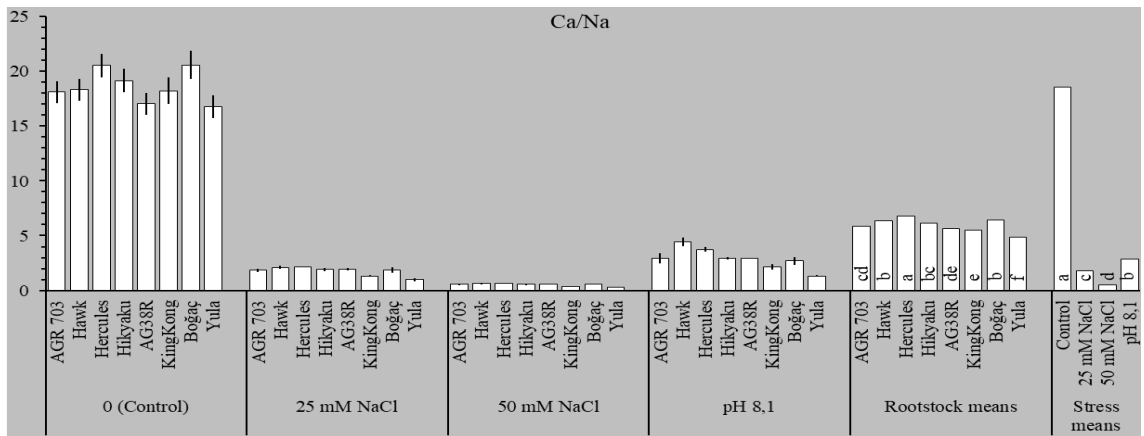
Tuz ve alkali stresi uygulamalarının farklı anaçların yaprak K/Na ve Ca/Na oranları üzerine etkileri incelendiğinde, varyans analizi sonuçlarına göre hem stres uygulamalarının ($p<0.001$), hem anaç farklılıklarının ($p<0.001$), hem de stres \times anaç interaksyonunun ($p<0.001$) yüksek düzeyde önemli olduğu belirlenmiştir. Kontrol koşullarında ortalama K/Na oranı 31.65 iken 25 mM NaCl uygulamasında 3.48'e, 50 mM NaCl'de 0.98'e, alkali koşullarda ise 4.97'ye gerilemiştir. Benzer şekilde, Ca/Na oranı da kontrol koşullarındaki 18.57 değerinden 25 mM NaCl'de 1.76'ya, 50 mM NaCl'de 0.53'e, alkali koşullarda ise 2.89'a düşmüştür. Anaç bazında değerlendirildiğinde, Hercules, Hawk ve Boğaç anaçları stres koşullarında daha yüksek K/Na ve Ca/Na oranlarını koruyabilmiştir. Örneğin, Hercules anacı kontrol koşullarında 36.57 olan K/Na oranını 25 mM NaCl'de 4.44, alkali koşullarda ise 7.39 seviyesinde tutabilmiş ve ortalama 12.44 ile en yüksek değere ulaşmıştır. Ca/Na oranında da benzer bir eğilim gözlenmiş; Hercules 20.51'den başlayan değerini stres altında 2.14 (25 mM NaCl) ve 3.74 (alkali) düzeyinde koruyarak ortalama 6.75 ile en yüksek anaç olmuştur. Hawk ve Boğaç da benzer şekilde görece yüksek oranlarıyla öne çıkmışlardır. Buna karşılık, Yula ve KingKong anaçları her iki parametrede de en düşük değerlere sahip olmuştur. Yula anacının K/Na oranı 26.09'dan 50 mM NaCl'de 0.53'e, Ca/Na oranı ise 16.76'dan 0.31'e kadar gerilemiştir. KingKong anacında da 25 mM ve 50 mM NaCl uygulamalarında oranlar keskin şekilde düşmüş ve ortalamalar sırasıyla 8.48 (K/Na) ve 5.52 (Ca/Na) ile çalışmanın en düşük seviyelerinde kalmıştır. Stres uygulamalarının anaçların K/Na oranına etkisi Şekil 4.51.'de, Ca/Na oranına etkisi Şekil 4.52.'de verilmiştir.



Şekil 4.50. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarında sodyum (Na) birikimine etkisi



Şekil 4.51. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarının K/Na oranına etkisi



Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.52. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarının Ca/Na oranına etkisi

4.3.6. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarının mikro besin elementleri içeriğine etkisi

Demir (Fe, mg/kg D.W.):

Stres uygulamaları ve anaçların yaprak Fe içeriğine etkisi istatistiksel olarak yüksek düzeyde önemli bulunurken (stres: $p<0.001$; anaç: $p<0.001$), stres \times anaç interaksyonu önemsiz bulunmuştur ($p=0.458$). Bu durum, stres faktörlerinin tüm anaçlarda benzer bir etki ortaya koyduğunu göstermektedir. Kontrol ortamında ortalama Fe içeriği 28.30 mg/kg iken, 25 ve 50 mM NaCl uygulamalarında sırasıyla %21.3 ve %35.1 oranında azalarak 22.28 ve 18.37 mg/kg düzeyine gerilemiştir. Alkali stres koşulunda ise Fe içeriği %28.5 azalma ile 20.24 mg/kg olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, Fe içeriği bakımından özellikle 50 mM NaCl'nin en baskılayıcı stres faktörü olduğunu, ancak alkali koşulların da benzer düzeyde olumsuz bir etki oluşturduğunu göstermektedir. Hercules anaçı kontrol ortamında 29.52 mg/kg Fe içeriğine sahip olurken, 25 ve 50 mM NaCl uygulamasında bu anaçın demir içeriği sırasıyla %19.4 ve %15.5 azalarak 23.78 ve 19.42 mg/kg düzeyine düşmüştür. Benzer şekilde yüksek Fe içeriği ile öne çıkan Boğaç anaçı kontrol ortamındaki 29.74 mg/kg değerinden 25 mM NaCl'de %23.7, 50 mM NaCl'de %36,4 ve alkali ortamda %32.5 düşüş göstermiştir. Hawk ve AG38R anaçları da sırasıyla kontrol değerlerinden yaklaşık %27–31 aralığında düşüş yaşamıştır. Diğer taraftan, Yula anaçı kontrol ortamında 26.67 mg/kg ile en düşük başlangıç değerine sahip olmuş; bu değer 50 mM NaCl uygulamasında %38.7 oranında azalarak 16.36 mg/kg'a ve alkali koşulda %31.1 azalma ile 18.38 mg/kg'a gerilemiştir. AGR 703 ve Hikyaku anaçlarında da benzer oranlarda azalmalar görülmekle birlikte, stres altında Fe düzeyini kısmen koruma eğilimi göstermişlerdir. Genel olarak, tüm anaçlarda stres faktörleri yaprak Fe içeriğinde belirgin bir azalma meydana getirmiştir. Bununla birlikte, Hercules ve Boğaç anaçları yüksek başlangıç düzeyleri ve stres koşullarında diğer anaçlara göre daha yüksek Fe içeriklerini korumalarıyla öne çıkarken; Yula anaçı düşük Fe düzeyi ve stres koşullarında yüksek oransal azalmalarıyla dezavantajlı bir durum sergilemiştir (Şekil 4.53).

Bakır (Cu, mg/kg D.W.):

Stres uygulamaları ve anaçların Cu içeriğine etkisi istatistiksel olarak yüksek düzeyde önemli bulunurken (stres: $p<0.001$; anaç: $p<0.001$), buna karşılık, stres \times anaç interaksyonu önemsiz bulunmuştur ($p=0.889$). Bu durum stres faktörlerinin tüm anaçlarda benzer bir etki ortaya koyduğunu göstermektedir. Kontrol ortamında ortalama yaprak Cu içeriği 2.98 mg/kg düzeyinde iken, 25 ve 50 mM NaCl uygulamalarında sırasıyla %14.8 ve %27.8 azalarak 2.54 ve 2.15 mg/kg'a gerilemiştir. Alkali stres koşulunda ise Cu içeriği %31.2 azalarak 2.05 mg/kg olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar, Cu içeriği bakımından alkali koşulların tuz stresine benzer hatta bir miktar daha kuvvetli bir baskılayıcı etki oluşturduğunu göstermektedir. Anaçlar düzeyinde değerlendirildiğinde, Hercules anacı kontrol ortamında 3.04 mg/kg ile yüksek bir başlangıç değerine sahip olmuş; bu değer 25 mM NaCl'de %12.2, 50 mM NaCl'de %25.0 ve pH 8.1 koşulunda %28.3 oranında azalmıştır. Benzer şekilde yüksek Cu içeriğine sahip olan Hawk anacı da kontrol ortamında 3.08 mg/kg Cu içeriğine sahipken, 25 ve 50 mM NaCl ve alkali stresi koşullarında sırasıyla %15.9, %27.6 ve %31.2 oranında düşüş göstermiştir. Cu içeriği bakımından en düşük değerlere sahip olan Yula anacı ise kontrol koşulundaki 2.74 mg/kg Cu içeriğine sahipken, 50 mM NaCl ortamında %27 azalarak 2.00 mg/kg'a ve alkali ortamında %31.4 azalma ile 1.88 mg/kg'a gerilemiştir. AGR 703 ve Hikyaku anaçları da benzer oranlarda azalma göstermiş olup, Cu alımı stres altında kısmen korunmuştur. Bu bulgular, Hercules ve Hawk anaçlarının yaprak Cu düzeylerini stres koşullarında diğer anaçlara göre daha yüksek düzeyde koruduğunu ve özellikle tuz ile alkali stres ortamlarında Cu elementinin korunmasında avantaj sağladıklarını ortaya koymaktadır (Şekil 4.54).

Çinko (Zn, mg/kg D.W.):

Anaç yapraklarının Zn içeriği stres uygulamaları ve anaçlara bağlı olarak önemli farklılıklar göstermiş ve bu farklar istatistiksel olarak yüksek düzeyde önemli bulunmuştur (stres: $p<0.001$; anaç: $p<0.001$; stres \times anaç: $p<0.001$). Çalışmada Zn içeriği hem stres uygulamalarından hem de kullanılan anaçlardan etkilenmiştir. Kontrol ortamında ortalama Zn içeriği 14.74 mg/kg olurken, 25 mM ve 50 mM NaCl koşullarında Zn içeriği sırasıyla %25.1 ve %39.8 azalarak 11.04 mg/kg ve 8.88 mg/kg

olmuştur. Alkali stresi uygulamasında ise Zn içeriği %30.9 azalarak 10.18 mg/kg seviyesine gerilemiştir. Bu sonuçlar, tuz stresinin alkali stresine oranla anaçların Zn alımı üzerinde daha baskılayıcı bir etki oluşturduğunu; ancak alkali ortamın da Zn düzeyini önemli ölçüde düşürdüğünü göstermektedir. Anaçlar düzeyinde değerlendirildiğinde, Hercules anacı kontrol koşulunda 16.22 mg/kg ile en yüksek Zn içeriğine sahip olmuş; bu değer 25 mM NaCl'de %29.2, 50 mM NaCl'de %43.1 ve alkali stres koşulunda %33.2 oranında azalmıştır. Hawk anacı da kontrol ortamında yüksek Zn içeriği (14.85 mg/kg) ile dikkat çekmiş ve stres koşullarında benzer azalışlar göstermiştir. Zn içeriği açısından en düşük performansı sergileyen Yula anacında ise kontrol koşulundaki 13.67 mg/kg'lık değer, 50 mM NaCl uygulamasında %39,3 azalarak 8.30 mg/kg'a gerilemiş; ayrıca alkali stres altında 8.99 mg/kg'a düşmüştür. AGR 703, Hikyaku ve Boğaç anaçları da stres koşullarında Zn alımında nispeten başarılı olmuşlardır. Bu sonuçlar, Hercules ve Hawk anaçlarının Zn içeriğinin stres koşullarında da diğer anaçlara göre daha az düştüğü görülmektedir (Şekil 4.55).

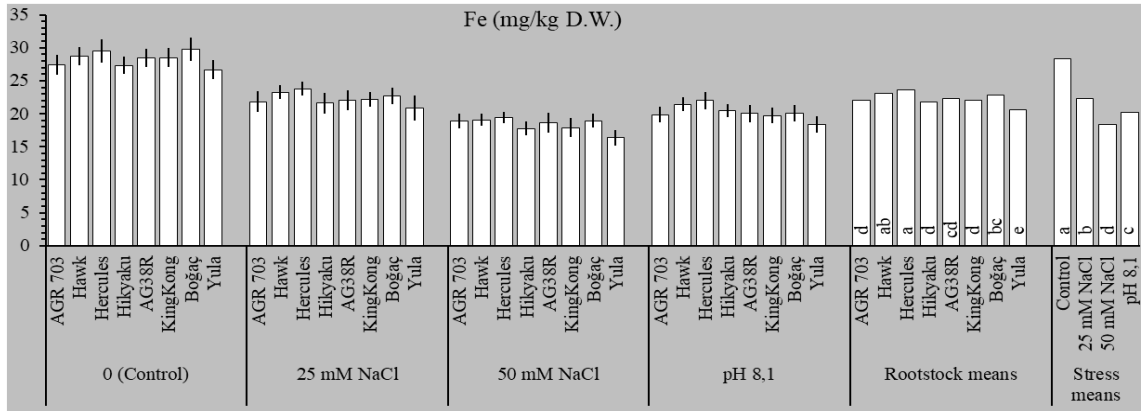
Bor (B, mg/kg D.W.):

Yaprak B içeriği stres uygulamaları ve anaçlarada göre farklılıklar gösterirken bu farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (stres: $p < 0.001$; anaç: $p < 0.001$). Stres x anaç interaksiyonu ise önemli bulunmamıştır ($p = 0.265$). Buna göre denemede kullanılan anaçlar stres koşullarına benzer eğilimlerde tepki vermiştir. Kontrol ortamında ortalama yaprak bor içeriği 2.38 mg/kg ölçülürken, 25 mM NaCl uygulamasında %19.7 azalma ile 1.91 mg/kg, 50 mM NaCl'de ise %27.3 azalma ile 1.73 mg/kg olarak ölçülmüştür. Alkali stresinde ise bor içeriğinde %11.3'lük bir düşüş gözlenmiş ve ortalama değer 2.11 mg/kg olarak kaydedilmiştir. Anaç bazında değerlendirildiğinde, Hercules anacı kontrol ortamında en yüksek yaprak bor içeriğine sahip olurken (2.57 mg/kg), 25 ve 50 mM NaCl uygulamalarında sırasıyla %19.8 ve %27.2 azalmış, alkali stresi uygulamasında ise %6.6 azalarak 2.40 mg/kg bor içeriğine sahip olmuştur. Buna karşın B içeriği en düşük anaç olan KingKong anacının B içeriği kontrol ortamında 2.10 mg/kg olurken, 50 mm NaCl uygulamasında %27 azalarak 1.53 mg/kg'a düşmüştür. Ayrıca Hawk ve Boğaç anaçları hem kontrol ortamında hem de stres koşullarında yüksek bor içeriğine sahip olurken, Yula ve Hikyaku anaçları düşük bor

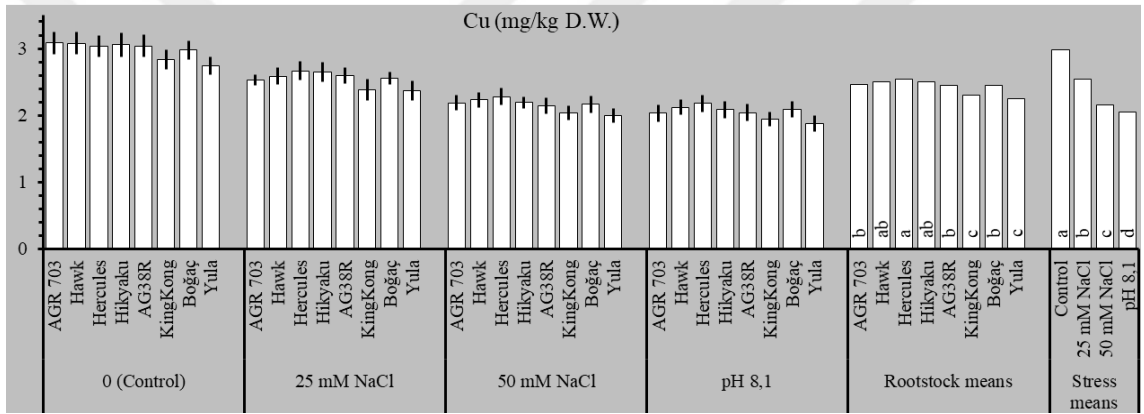
konsantrasyonları ile dikkat çekmiştir (Şekil 4.56). Bu sonuçlara göre tuz stresinin bor alımı üzerindeki olumsuz etkisi alkali strese kıyasla daha belirgin gerçekleşmiş ve Hercules ile Hawk anaçları stres koşullarında da bor alımını sürdürebildiği anlaşılmaktadır.

Mangan (Mn, mg/kg D.W.):

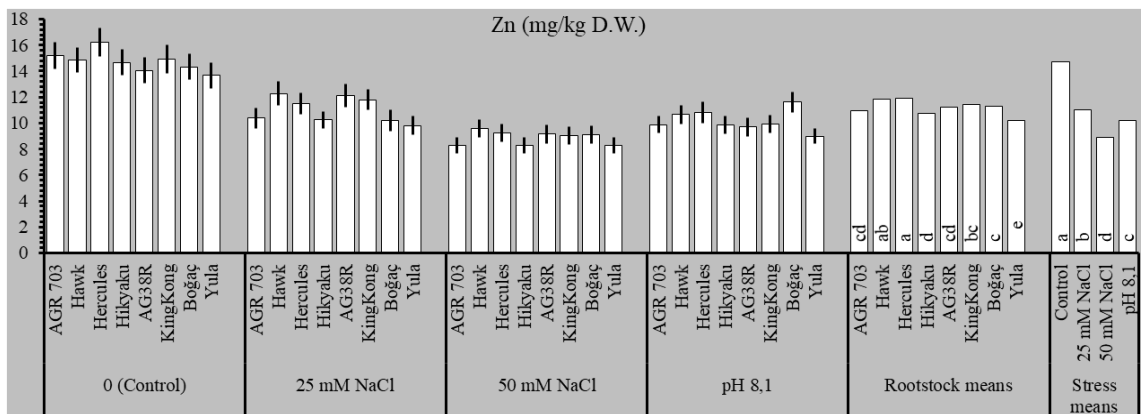
Yaprak Mn içeriği stres uygulamaları ve anaçlara göre farklılık göstermiş olup, bu farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (stres: $p<0.001$; anaç: $p<0.001$; stres \times anaç: $p<0.001$). Denemede kullanılan anaçların Mn alımı stres türü ve düzeyine bağlı olarak değişmiş ve anaçlar bu stres koşullarına farklı tepkiler vermiştir. Kontrol ortamında ortalama yaprak Mn içeriği 3.33 mg/kg düzeyinde iken, 25 mM NaCl uygulamasında %11.1 oranında azalarak 2.96 mg/kg'a, 50 mM NaCl'de %30.3 azalma ile 2.32 mg/kg'a düşmüştür. Alkali stresi koşulunda ise Mn içeriği %21.7 azalarak 2.61 mg/kg olarak ölçülmüştür. Anaçlar bazında değerlendirildiğinde, Hercules anacı kontrol ortamında 3.86 mg/kg Mn içeriğine sahip olurken, 25 mM ve 50 mM NaCl uygulamasında sırasıyla %7.8 ve %30.0 ve alkali ortamda ise %20.7 oranında azalma meydana gelmiştir. Mn içeriği açısından yüksek değerlere sahip bir diğer anaç olan Hawk, kontrol ortamında 3.87 mg/kg Mn içeriğine sahip olurken, 50 mM NaCl uygulamasında %32 azalarak 2.63 mg/kg'a gerilemiştir. En düşük Mn içeriği ise Yula anacında gözlenmiş olup, kontrol ortamında 2.81 mg/kg olan Mn içeriği 50 mM NaCl uygulamasında %38.8 azalarak 1.72 mg/kg'a düşmüştür. Benzer şekilde KingKong anacı da düşük Mn içeriği ile dikkat çekmiş ve kontrol ortamında 2.87 mg/kg olan Mn içeriği 50 mM NaCl uygulamasında 1,98 mg/kg'a düşmüştür. Öte yandan, AGR 703, Hikyaku ve Boğaç gibi anaçlar orta düzeyde Mn içeriği ile stres koşullarına karşı daha stabil değişkenlik göstermiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, tuz stresinin (özellikle 50 mM NaCl) yaprak Mn içeriğini alkali strese kıyasla daha fazla düşürdüğü; ancak stresin etkisinin anaçlara göre değiştiği ve Hercules ile Hawk anaçlarının kontrol ortamındaki Mn düzeylerini stres koşullarında da kısmen koruyarak Mn alımını sürdürebilme kapasitesine sahip oldukları anlaşılmaktadır (Şekil 4.57).



Şekil 4.53. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarında demir (Fe) birikimine etkisi

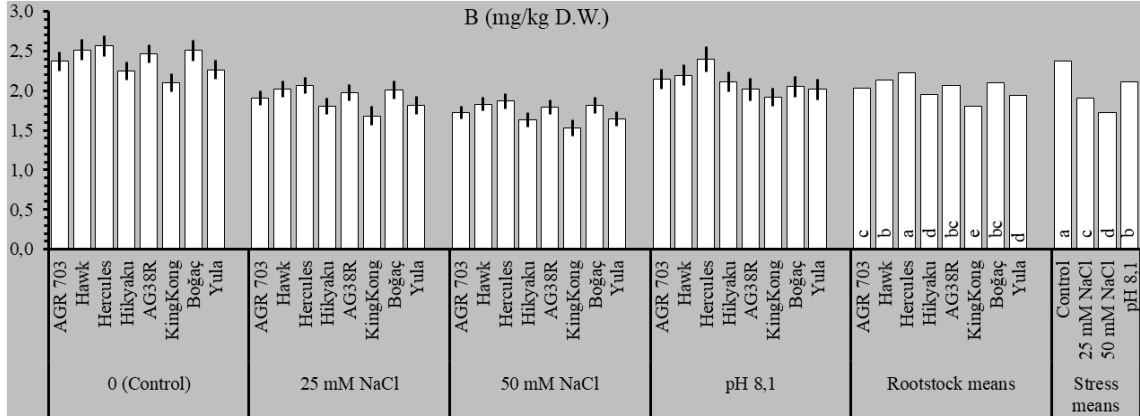


Şekil 4.54. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarında bakır (Cu) birikimine etkisi

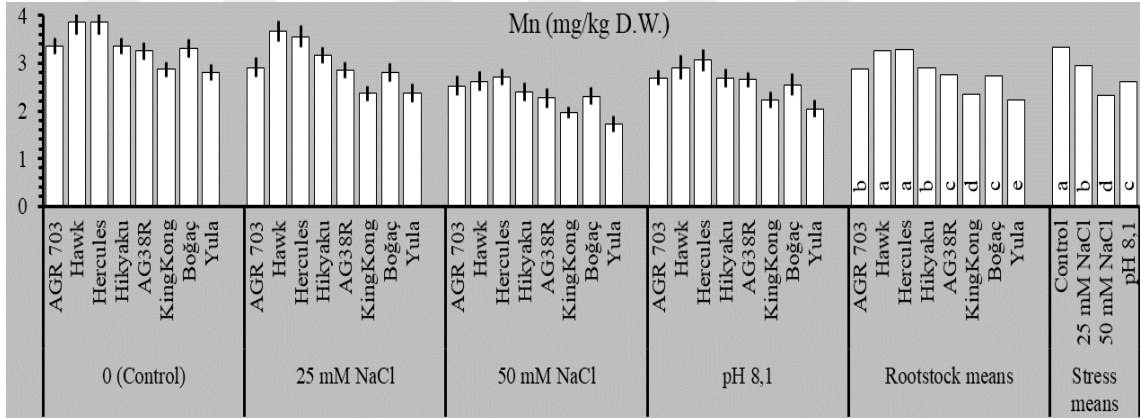


Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.55. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarında çinko (Zn) birikimine etkisi



Şekil 4.56. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarında bor (B) birikimine etkisi



Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.57. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarında mangan (Mn) birikimine etkisi

4.3.7. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaçların yaprak kuru madde miktarı, pH ve EC miktarına etkisi

Yaprak kuru madde miktarı (%):

Anaçların yaprak kuru madde miktarı hem stres uygulamalarından hem de anaçlardan etkilenmiş ve farklılıklar istatistiksel olarak önemi çıkmıştır (stres: $p=0.02$; anaç: $p<0.001$). Stres \times anaç etkileşimi ise önemi bulunmamıştır ($p=0.138$), bu da stresin farklı

anaçlar üzerinde benzer eğilimde etkiler yarattığını göstermektedir. Kontrol ortamında ortalama yaprak kuru madde oranı %16.46 olurken, 25 mM NaCl uygulamasında %3.6 artarak %17.05'e, 50 mM NaCl'de %4.9 artarak %17.27'ye yükselmiştir. Alkali stresi koşulunda ise kuru madde oranı %0.24 azalarak %16.42'ye gerilemiştir. Bu sonuçlar, düşük ve orta düzeyde tuz stresinin yaprak dokularında su kaybını artırarak kuru madde oranını yükseltebildiğini, ancak alkali stresinin anlamlı bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Anaçlar düzeyinde incelendiğinde, Boğaç, Hercules ve Hawk anaçları tüm uygulamalarda yüksek kuru madde oranları ile ön plana çıkmıştır. Örneğin Hercules anacı kontrol ortamında %20.48'lik kuru madde oranına sahipken, 50 mM NaCl uygulamasında bu değer %22.11'e çıkarak %7.9 oranında artış göstermiştir. Benzer şekilde Boğaç anacında %19.82 olan kontrol değeri, 50 mM NaCl uygulamasında %21.17'ye yükselmiştir. Buna karşılık, KingKong anacı tüm uygulamalarda en düşük kuru madde oranlarını sergilemiş; kontrol ortamında %11.17 olan değeri, 50 mM NaCl koşulunda %11.45'e çıksa da genel ortalama açısından (%10.88) en düşük kuru maddeye sahip anaç olmuştur. AGR 703, Hikyaku ve AG38R anaçları ise orta düzeyde kuru madde içerikleriyle dikkat çekmiştir. Bu bulgular, özellikle Boğaç ve Hercules anaçlarının stres koşullarında yaprak dokusunda su kaybını daha iyi yöneterek kuru madde birikimini sürdürebildiklerini, KingKong anacının ise bu açıdan daha duyarlı olduğunu göstermektedir. Bununla beraber anaçların yaprak kuru madde miktarlarının farklı olması anaçların tür farklılığı, buna bağlı yaprak dokularının farklılığı ile de alakalı olmuştur. Nitekim KingKong ve Yula anaçlarının yaprak kuru madde miktarlarının diğer anaçlara göre daha düşük olması bu nedenledir (Şekil 4.58).

pH (1/2):

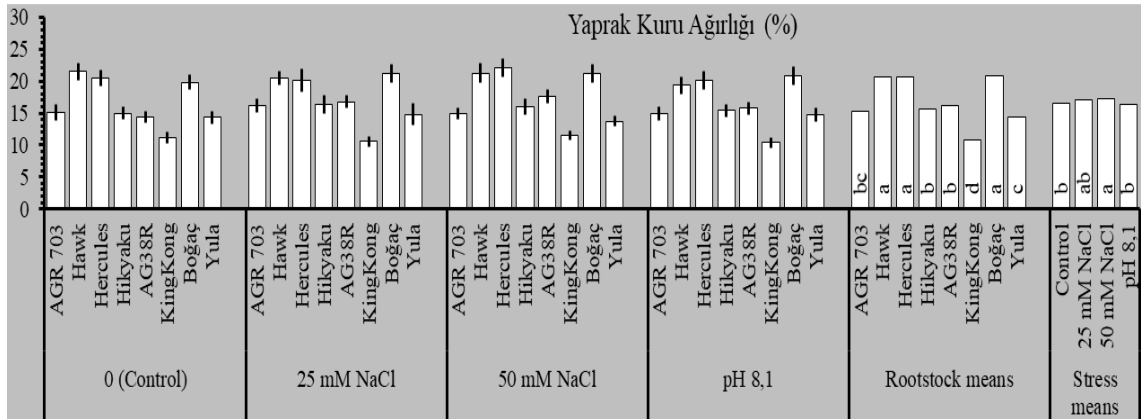
Anaç yapraklarının pH düzeyleri stres uygulamaları ve anaçlara bağlı olarak farklılıklar göstermiş ve bu farklılıklar istatistiki olarak ta önemli çıkmıştır. Stres: $p < 0.01$; anaç: $p < 0.001$; stres \times anaç; $p < 0.001$). Bu durum, farklı anaçların stres koşullarına karşı pH düzeylerini etkileme biçimlerinin birbirinden farklı olduğunu göstermektedir. Kontrol ortamında 6,08 olan ortalama pH değeri 25 mM NaCl uygulamasında hafif bir artışla 6.12'ye ve 50 mM NaCl uygulamasında daha belirgin bir artışla 6.27'ye yükselmiştir. Alkali stres uygulamasında ise ortalama yaprak pH değeri en yüksek seviyeye çıkarak

6.33 olmuştur. Anaç düzeyinde değerlendirildiğinde, AG38R ve Hikyaku anaçları stres koşullarında yaprak pH düzeylerini en fazla yükselten gruba oluşturmuştur. Örneğin Hikyaku anacının pH değeri kontrol ortamında 6.01 iken, 50 mM NaCl ve alkali stres koşullarında 6,55'e yükselmiştir; bu da yaklaşık %9'luk artışa denk gelmektedir. Benzer şekilde AG38R anacında kontrol ortamına göre özellikle tuz ve alkali stresinde belirgin pH artışları gözlenmiştir. Buna karşın, Yula ve KingKong anaçları stres koşullarında yaprak pH düzeyini sınırlı düzeyde artırabilmiş ve genel ortalama en düşük değerlere sahip olmuştur. Özellikle Yula anacı, kontrol ortamında 6.01, alkali stres koşulunda ise sadece 6.21 pH seviyesine ulaşmıştır. Bu durum, bu anaçların pH regülasyon yeteneklerinin düşük olduğunu ve dış ortam koşullarındaki pH değişimlerine karşı daha savunmasız olduklarını göstermektedir. Öte yandan, Hawk ve Hercules anaçları ise hem kontrol koşullarında hem de stres ortamlarında daha dengeli pH artışlarıyla dikkat çekmiş ve bu durum, bu anaçların iyon homeostazisi ve asit-baz tamponlama mekanizmalarının daha etkin çalıştığını düşündürmektedir. Genel olarak bakıldığında, alkali stres koşulu, yaprak içi pH üzerinde tuz stresine göre daha güçlü ve yaygın bir artış etkisi yaratmıştır. Bu da, yüksek pH'lı ortamların bitkilerde yaprak düzeyinde biyokimyasal süreçleri doğrudan etkileyerek, hücre içi metabolik dengenin korunmasını zorlaştırdığını göstermektedir (Şekil 4.59).

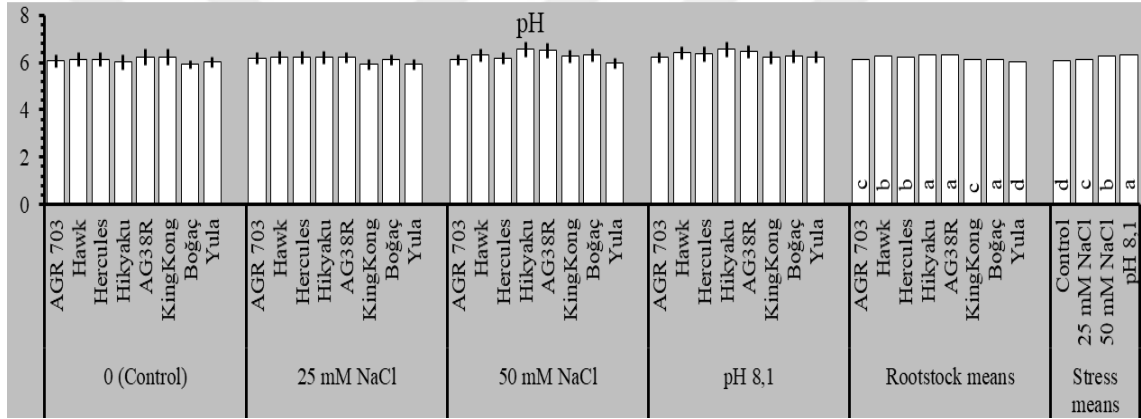
Elektriksel İletkenlik (EC, dS/m, 1/2):

Anaç yapraklarının EC içeriği üzerine hem stres uygulamaları, aşılama ve bu iki faktörün interaksiyonu ($p < 0.001$) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bu sonuç tuz ve alkali stresinin anaçların yapraklarında iyon birikimi ve taşınımı üzerindeki etkilerinin önemli düzeyde farklı olduğunu ve stres koşullarına göre değiştiğini göstermektedir. Stres ortalamalarına göre en düşük EC değeri kontrol grubunda (2.69 dS/m) ölçülmüştür. Bu değer, artan tuz konsantrasyonlarıyla birlikte belirgin şekilde yükselmiş; 25 mM NaCl uygulamasında 3.74 dS/m, 50 mM NaCl uygulamasında ise 4.34 dS/m'ye ulaşmıştır. Alkali stres ortamında ortalama EC değeri 3.82 dS/m olarak belirlenmiş ve bu değer 25 mM NaCl uygulamasıyla benzer düzeyde kalmıştır. Bu durum, artan Na^+ ve Cl^- iyon birikiminin anaçların yaprak özsuyu tuzluluğunu yükselttiğini ve iyon birikiminin özellikle yüksek tuz konsantrasyonlarında daha

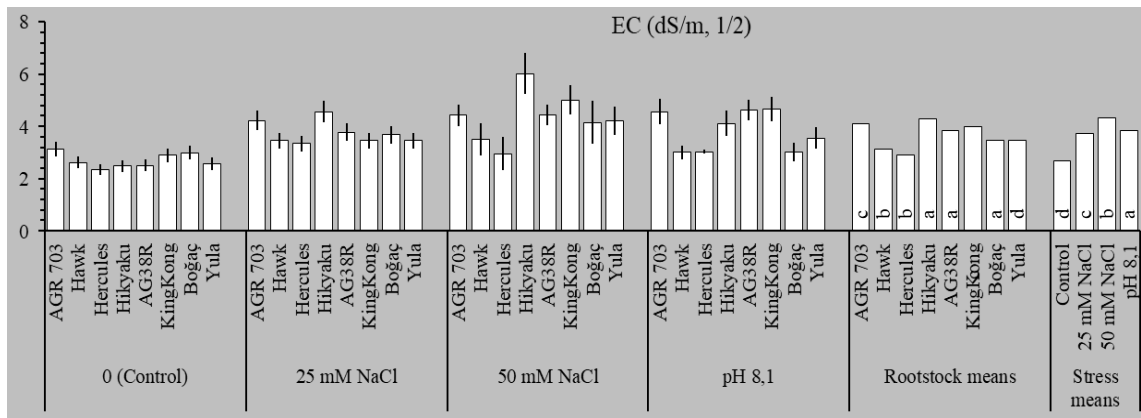
belirgin hale geldiğini göstermektedir. Anaç ortalamalarına bakıldığında, Hikyaku (4.29 dS/m) ve AGR 703 (4.08 dS/m) en yüksek EC değerlerini gösterirken, Hercules (2.92 dS/m) ve Hawk (3.14 dS/m) en düşük değerlere sahip olmuştur. Bu bulgu, Hikyaku ve AGR 703 anaçlarının yaprak dokularında tuz iyonlarını daha fazla biriktirme eğiliminde olduklarını, buna karşın Hercules ve Hawk anaçlarının iyon taşınımını sınırlayarak yaprakta iletkenliği düşürdüklerini göstermektedir. Uygulama bazında incelendiğinde, Hikyaku anacında EC değeri kontrol koşulunda 2.48 dS/m iken, 50 mM NaCl uygulamasında 6.01 dS/m'ye kadar yükselmiş ve bu artış tüm anaçlar içinde en yüksek düzeyde olmuştur. Benzer şekilde KingKong anacında 2.89 dS/m'den 5.01 dS/m'ye yükselme gözlenmiştir. Bu güçlü artışlar, bu anaçlarda yaprak düzeyinde yüksek iyon birikimi ve yetersiz iyon düzenleme mekanizmalarına işaret etmektedir. Buna karşın, Hercules ve Boğaç anaçları stres altında en düşük EC artışlarını göstermiştir. Hercules anacında EC değeri kontrol ortamında 2.36 dS/m iken 50 mM NaCl'de yalnızca 2.96 dS/m'ye yükselmiştir. Alkali stres koşulunda ise AGR 703, AG38R ve KingKong anaçları yüksek EC değerleriyle öne çıkmıştır (sırasıyla 4.57, 4.62 ve 4.67 dS/m). Bu durum, yüksek pH koşullarında bu anaçların iyon sızıntısına veya Na⁺ birikimine daha duyarlı olduğunu göstermektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde, EC değerleri tuz konsantrasyonu arttıkça belirgin biçimde yükselmiş, alkali stres de benzer fakat biraz daha sınırlı bir artışa neden olmuştur. Bu sonuçlar, artan iyon birikiminin hücre içi osmotik dengeyi bozduğunu, dolayısıyla iletkenlik değerlerinin yükselmesine yol açtığını göstermektedir. Ayrıca, anaçlar arasındaki farklılıklar iyon homeostazisinin genetik temelde değiştiğini ve özellikle Hikyaku, AGR 703 ve KingKong anaçlarının yüksek iyon birikimi eğilimine sahip olduğunu, buna karşın Hercules ve Hawk anaçlarının tuz stresine karşı daha kontrollü iyon regülasyonu sağladığını ortaya koymaktadır (Şekil 4.60).



Şekil 4.58. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarının kuru madde miktarına etkisi (%)



Şekil 4.59. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarının pH içeriğine etkisi



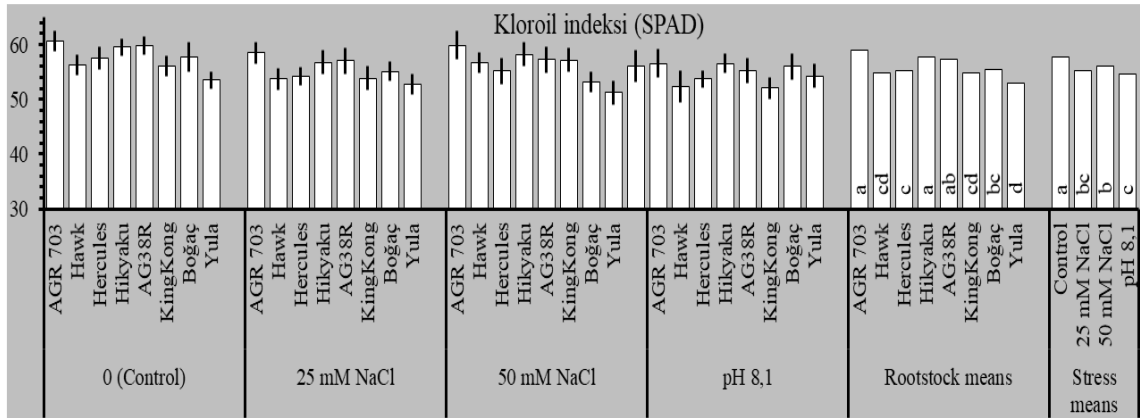
Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 60. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarının elektiksel iletkenliğine etkisi

4.3.8. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının yaprak klorofil indeksi (SPAD) ve renk parametrelerine etkisi

Klorofil indeksi (SPAD):

Anaç yapraklarının klorofil indeksi (SPAD), uygulanan stres koşulları ve anaç farklılıklarına göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde değişiklik göstermiş (stres: $p<0.01$; anaç: $p<0.001$), ancak stres \times anaç etkileşimi anlamlı bulunmamıştır ($p=0.45$), bu da anaçların stres koşullarına karşı benzer eğilimlerde tepki verdiklerini göstermektedir. Kontrol ortamında ortalama klorofil indeksi 57.65 olarak ölçülürken, 25 mM NaCl uygulamasında bu değer %4.2 azalarak 55.25, 50 mM NaCl'de ise %2.7'lik bir düşüşle 56.10 olarak kaydedilmiştir. Alkali stresi uygulamasında ise ortalama değer 54,59'a düşmüş ve bu ortamda %5.3 oranında bir azalma gözlenmiştir. Bu bulgular, özellikle alkali koşulların klorofil sentezini baskılama potansiyelinin tuz stresine kıyasla bir miktar daha yüksek olduğunu göstermektedir. Anaç düzeyinde değerlendirildiğinde, AGR 703, AG38R ve Hikyaku anaçları hem kontrol ortamında hem de stres koşullarında yüksek klorofil indeks değerlerini koruyarak öne çıkmıştır. Özellikle AGR 703 anacı, kontrol koşulunda 60.65 SPAD değeri ile en yüksek klorofil indeksine sahip olmuş; 50 mM NaCl'de bile sadece %1.3'lük bir düşüşle 59.85 SPAD seviyesini koruyabilmiştir. Bu durum, AGR 703 anacının fotosentetik pigment yapısının stres koşullarından minimum düzeyde etkilendiğini göstermektedir. Benzer şekilde AG38R ve Hikyaku anaçları da stres uygulamalarında görece daha stabil SPAD değerleri sergilemiştir. Öte yandan, Yula ve KingKong anaçları düşük klorofil indeks değerleri ile dikkat çekmiş; özellikle Yula anacı, kontrol ortamındaki 53.53 SPAD değerinden, 50 mM NaCl'de %4.3 azalarak 51.25 SPAD'a gerilemiştir. Bu sonuçlar, bu anaçların stres altında klorofil kaybına daha yatkın olduğunu ve fotosentetik verimliliklerinin olumsuz etkilenebileceğini göstermektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde, tuz ve alkali stresleri yaprak klorofil içeriğini baskılamış; ancak bu etkinin anaçlara göre farklılık göstermediği anlaşılmıştır. Stres koşullarına karşı klorofil düzeyini koruma açısından özellikle AGR 703 ve AG38R gibi anaçların öne çıktığı, Yula gibi duyarlı anaçların ise daha fazla klorofil kaybı yaşadığı belirlenmiştir (Şekil 4.61).

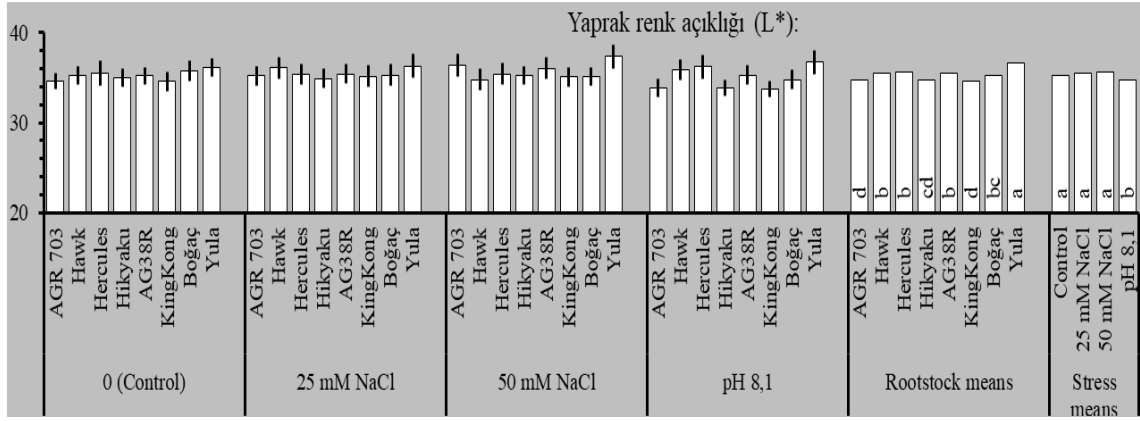


Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.61. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaç yapraklarının klorofil indeksine (SPAD) etkisi

Yaprak renk açıklığı (L*):

Yaprak renk açıklığı (L* değeri), uygulanan stres koşulları ve anaç farklılıklarına bağlı olarak istatistiksel açıdan önemli düzeyde farklılık göstermiştir (stres: $p < 0.01$; anaç: $p < 0.001$; stres \times anaç: $p < 0.001$). Bu sonuç, stres faktörlerinin yaprak renk açıklığını etkileme derecesinin anaçlara göre değişkenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Kontrol ortamında ortalama 35.26 olan yaprak renk açıklığı, 25 mM NaCl uygulamasında hafif bir artışla 35.45, 50 mM NaCl'de ise %1.1 artışla 35.66 olmuştur. Buna karşılık, alkali stres koşulunda yaprak L* değeri %1.5 azalarak 34.72'ye gerilemiştir. Bu durum, tuz stresinin yaprak renginin açılmasına neden olduğunu, buna karşın alkali stresinin yaprakta daha mat veya koyu bir görünüm oluşturduğunu göstermektedir. Anaç düzeyinde bakıldığında, Yula anaçı tüm uygulamalarda en yüksek L* değerlerine sahip olmuş ve ortalama 36.61 ile yaprakları en açık renkli anaçı temsil etmiştir. Kontrol ortamında bu değer 36.11 iken, 50 mM NaCl uygulamasında %3.4 artışla 37.34'e yükselmiştir. Bu artış, Yula anacının özellikle tuz stresine karşı daha fazla renk açılması eğilimi gösterdiğini işaret etmektedir. Hercules, Hawk ve AG38R anaçları da genel olarak yüksek L* değerleri ile dikkat çekmiş, özellikle alkali koşulda bile renk açıklığını büyük oranda koruyabilmişlerdir. Öte yandan, KingKong ve AGR 703 anaçları daha düşük L* değerleri ile daha koyu renkli yapraklar oluşturmuşlardır (Şekil 4.62).

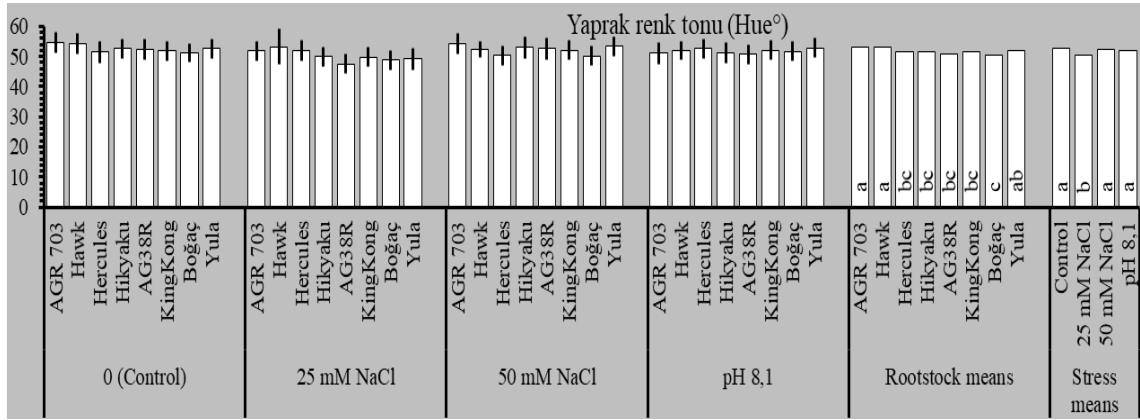


Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.62. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaçların yaprak renk açıklığına (L*) etkisi

Yaprak renk tonu (Hue°):

Yaprak renk tonu (Hue°) uygulanan tuz ve alkali stres koşullarına ve kullanılan anaçlara bağlı olarak önemli düzeyde farklılık göstermiştir (stres: $p < 0,01$; anaç: $p < 0,001$; stres \times anaç: $p = 0,006$). Bu sonuçlar, stres koşullarının yaprak tonunu etkilediğini ve bu etkinin anaca göre değiştiğini ortaya koymaktadır. Kontrol ortamında ortalama 52.54 olan hue değeri, 25 mM NaCl uygulamasında 50.23'e, 50 mM NaCl'de ise 52.25'e düşmüştür. Alkali stresi ortamında hue değeri 51.74 olarak ölçülmüştür. Anaçların etkileri incelendiğinde kontrol ortamında en yüksek hue değeri 54.60 ile AGR 703 anacında ölçülürken, en düşük değer 51.14 ile Boğaç anacında ölçülmüştür. 25 mM NaCl uygulamasında hue değeri en fazla düşen anaç AG38R (47.50) olurken, 50 mM NaCl uygulamasında ise Boğaç (50.16) ve Hercules (50.36) anaçları en düşük değerlere sahip olmuştur. Alkali stres koşulunda hue değeri en yüksek kalan anaç Yula (52.84) olurken, en düşük değer AGR 703 (50.99) anacında kaydedilmiştir (Şekil 4.63).

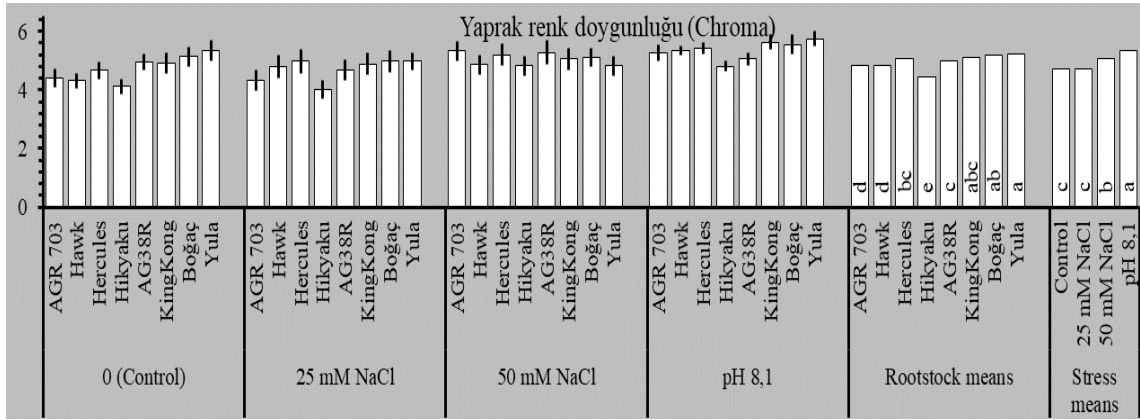


Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.63. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaçların yaprak renk tonu (Hue°) üzerine etkisi

Yaprak renk doygunluğu (Chroma):

Yaprak renk doygunluğu (Chroma) stres uygulamaları ve anaçlara bağlı olarak önemli düzeyde farklılık göstermiştir (stres: $p < 0.01$; anaç: $p < 0.001$; stres \times anaç: $p < 0.001$). Bu bulgular hem uygulanan stres koşullarının hem de kullanılan anaçların yaprak renk doygunluğu üzerinde belirleyici rol oynadığını ve stresin etkisinin anaçlara göre değiştiğini göstermektedir. Kontrol ortamında ortalama Chroma değeri 4,73 olarak ölçülmüştür. 25 mM NaCl uygulamasında bu değer 4,71 ile benzer kalmış, 50 mM NaCl uygulamasında ise anlamlı bir artışla 5,06'ya yükselmiştir. Alkali stres uygulamasında Chroma değeri en yüksek seviyeye ulaşarak 5,36 olmuştur. Bu durum, tuz ve alkali stres koşullarının yaprak renk doygunluğunu genel olarak artırdığını göstermektedir. Anaç bazında değerlendirildiğinde, kontrol ortamında en yüksek Chroma değeri 5,34 ile Yula anacında, en düşük değer ise 4,12 ile Hikyaku anacında ölçülmüştür. 50 mM NaCl uygulamasında Chroma değeri en yüksek olan anaç Boğaç (5,11) ve AG38R (5,28) olurken, en düşük değer Hikyaku (4,83) anacında kaydedilmiştir. Alkali stres ortamında ise Chroma değeri en yüksek kalan anaç Yula (5,75) olurken, en düşük değer Hikyaku (4,82) anacında ölçülmüştür. Genel ortalamalara göre değerlendirildiğinde, yaprak Chroma değerinin stres uygulamalarıyla birlikte arttığı ve bu artışın özellikle alkali koşullarda daha belirgin olduğu görülmektedir (Şekil 4.64).

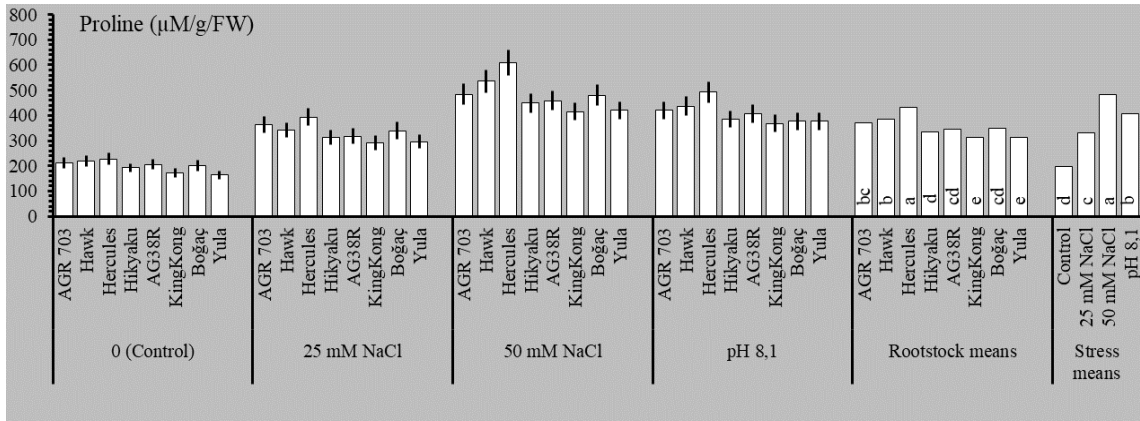


Şekil 4.64. Tuz stresi ve alkali uygulamalarının anaçların yaprak renk doygunluğu (Chroma) üzerine etkisi

4.3.9. Tuz stresi ve aşılamanın anaç yapraklarında prolin içeriğine etkisi

Prolin, bitkilerde tuz ve alkali gibi abiyotik stres koşullarında biriken başlıca osmolitir ve hem osmotik dengeleme hem de serbest radikal temizliği gibi işlevleriyle stres toleransının önemli bir göstergesidir. Şekil 4.65'te yer alan bulgular, farklı şiddetlerde tuz ve alkali streslerinin farklı anaçlara ait patlıcan yapraklarındaki prolin birikimi üzerine etkilerini göstermektedir. Varyans analizi sonuçlarına göre stres uygulamaları ($P < 0.001$), anaç farklılıkları ($P < 0.001$) ve stres \times anaç etkileşimi ($P = 0.041$) istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu durum, uygulanan stres koşullarının prolin metabolizmasını kuvvetle etkilediğini ve bu etkinin anaçlara göre farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Kontrol ortamında ortalama prolin düzeyi $198.96 \mu\text{M/g}$ iken, 25 mM NaCl uygulamasında bu değer %67 oranında artarak $332.10 \mu\text{M/g}$ 'ye ulaşmıştır. 50 mM NaCl uygulamasında ise prolin düzeyi ortalama %141.9 artışla $481.32 \mu\text{M/g}$ 'ye yükselmiştir. Alkali stres koşullarında ortalama prolin birikimi %105.1 artış göstererek $408.02 \mu\text{M/g}$ olmuştur. Bu bulgular hem tuz hem de alkali stresin prolin metabolizmasını belirgin şekilde aktive ettiğini ve prolinin stresle mücadelede önemli bir rol oynadığını desteklemektedir. Anaç bazında değerlendirildiğinde Hercules anaçı tüm stres koşullarında en yüksek prolin düzeylerine ulaşarak en güçlü osmotik yanıtı veren anaç olmuştur. Özellikle 50 mM NaCl uygulamasında, Hercules'in prolin düzeyi kontrol koşullarına göre %167,4 artarak $227.38 \rightarrow 608.04 \mu\text{M/g}$ seviyesine ulaşmıştır. Benzer şekilde, Hawk ve AGR 703 anaçları da sırasıyla %144.8 ($218.71 \rightarrow 535.38$

$\mu\text{M/g}$) ve %130.2 (210.27 \rightarrow 484.05 $\mu\text{M/g}$) artışla yüksek stres yanıtı göstermişlerdir. Diğer yandan, Yula ve KingKong anaçları tüm stres uygulamaları altında daha düşük prolin düzeylerine ulaşmış, bu da bu anaçların strese karşı daha sınırlı bir osmotik yanıt verdiğini göstermektedir. Yula anacında prolin düzeyi 163.16 $\mu\text{M/g}$ 'den 419.82 $\mu\text{M/g}$ 'ye çıkarak %157.2 oranında artış göstermesine rağmen en düşük grupta kalmıştır. Aynı şekilde KingKong anacı 171.60 $\mu\text{M/g}$ 'den 415.60 $\mu\text{M/g}$ 'ye yükselerek %142.3 artış göstermiştir. Ortalama değerlere göre, en yüksek prolin düzeyine sahip üç anaç Hercules (430.49 $\mu\text{M/g}$), Hawk (383.43 $\mu\text{M/g}$) ve AGR 703 (369.60 $\mu\text{M/g}$) olurken, en düşük değerlere sahip anaçlar Yula (313.93 $\mu\text{M/g}$), KingKong (311.77 $\mu\text{M/g}$) ve Hikyaku (335.38 $\mu\text{M/g}$) olmuştur. Sonuç olarak hem tuz hem de alkali stres, patlıcan yapraklarında prolin birikimini anlamlı düzeyde artırmış ve bu artış, stresin şiddetine ve uygulama türüne bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Bununla birlikte, stres faktörlerinin etkisi anaçlara göre farklı olmuştur. Hercules, Hawk ve AGR 703 anaçları yüksek prolin birikimiyle stres koşullarında güçlü bir fizyolojik yanıt sergilerken, Yula, KingKong ve Hikyaku anaçları daha düşük prolin düzeyleriyle stres koşullarına karşı daha duyarlı bir profil çizmişlerdir.

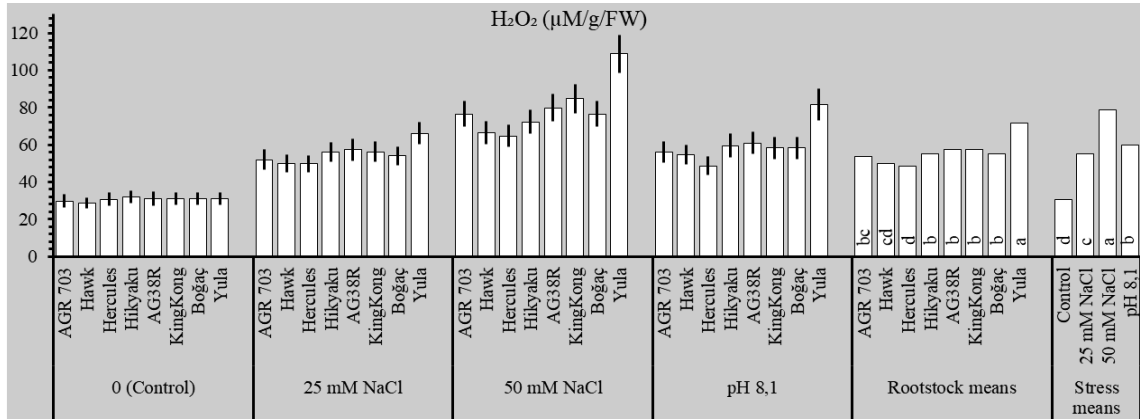


Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.65. Tuz stresi ve aşılamanın anaçların prolin içeriğine ($\mu\text{M/g}$ /FW)

4.3.10. Tuz stresi ve aşılamanın anaç yapraklarında hidrojen peroksit (H₂O₂) düzeyine etkisi (µM/g/FW)

Hidrojen peroksit (H₂O₂), bitkilerde metabolik süreçlerin doğal bir yan ürünü olmakla birlikte, çevresel stres koşullarında birikimi artan ve oksidatif stresin temel göstergelerinden biri olarak kabul edilen reaktif oksijen türüdür. Şekil 4.66'de yer alan bulgular, farklı düzeylerde tuz (25 ve 50 mM NaCl) ve alkali (pH 8.1) streslerinin anaçların yapraklarındaki H₂O₂ birikimi üzerindeki etkilerini ortaya koymaktadır. Varyans analizi sonuçlarına göre, stres uygulamaları (p<0.001), anaç farklılıkları (p<0.001) ve stres × anaç interaksyonu (p<0,001) istatistiksel olarak yüksek düzeyde önemli bulunmuştur. Bu durum, stres faktörlerinin oluşturduğu oksidatif yanıtın anaçlara göre belirgin farklılıklar gösterdiğini ortaya koymaktadır. Kontrol ortamında ortalama H₂O₂ düzeyi 30.64 µM/g iken, 25 mM NaCl uygulamasında bu değer %79,96 artışla 55.14 µM/g'ye, 50 mM NaCl'de ise %157.1 artışla 78.74 µM/g'ye ulaşmıştır. Alkali koşullarda ise H₂O₂ birikimi, kontrol değerine göre %95 artışla 59.73 µM/g olarak belirlenmiştir. Bu bulgular, artan tuzluluk ve alkali koşulların yaprak dokularında oksidatif stres göstergesi olan H₂O₂ düzeyini anlamlı ölçüde artırdığını göstermektedir. Anaç bazında değerlendirildiğinde, Yula anacı tüm stres koşullarında en yüksek H₂O₂ düzeylerine ulaşarak stres koşullarına karşı en duyarlı anaç olarak öne çıkmıştır. Özellikle 50 mM NaCl uygulamasında H₂O₂ birikimi kontrol koşullarına göre %250.5 oranında artış göstermiştir. Benzer şekilde, KingKong ve AG38R anaçları da yüksek ortalama H₂O₂ düzeyleriyle dikkat çekmektedirler. Diğer yandan, Hercules ve Hawk anaçları stres uygulamaları altında daha sınırlı H₂O₂ artışı göstermiş ve düşük ortalama değerleriyle oksidatif strese karşı daha toleranslı bir profil sergilemişlerdir. Örneğin, Hercules anacında 50 mM NaCl uygulamasındaki H₂O₂ artışı sadece %111.1 ile sınırlı kalırken, Hawk'ta bu oran %131.3 olmuştur. Sonuç olarak, tuz ve alkali stresi patlıcan yapraklarında oksidatif stres seviyesini önemli ölçüde artırdığı ve bu etkinin anaçlara bağlı olarak anlamlı farklılıklar gösterdiği, Hawk, Hercules ve Boğaç gibi anaçlar stres koşullarında daha dengeli bir fizyolojik yanıt gösterirken, Yula ve AG38R gibi anaçların yüksek H₂O₂ birikimiyle stres koşullarına karşı daha duyarlı oldukları anlaşılmaktadır.



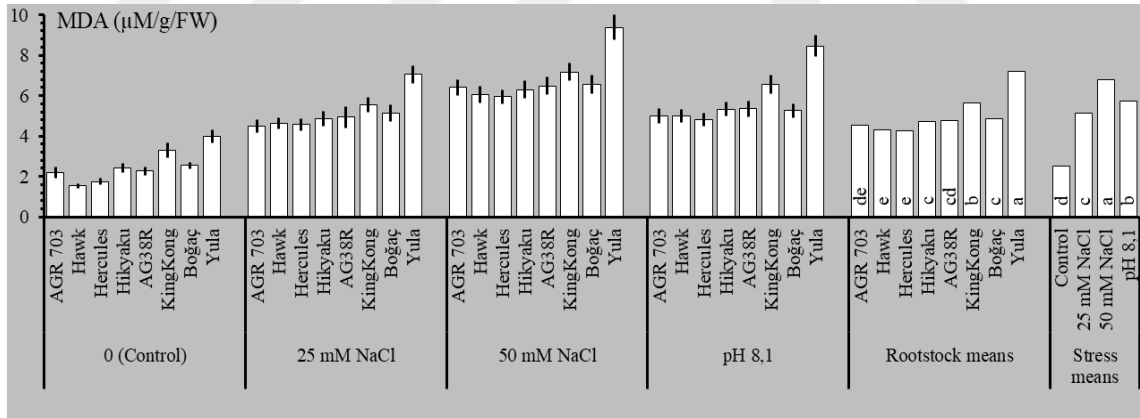
Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.66. Stres uygulamalarının anaçlarda hidrojen peroksit (H_2O_2) düzeyine etkisi ($\mu M/g/FW$)

4.3.11. Tuz stresi ve aşılamanın anaç yapraklarında malondialdehit (MDA) düzeyine etkisi ($\mu M/g FW$)

Malondialdehit (MDA), çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidatif bozulması sonucu oluşan ve lipid peroksidasyonunun bir son ürünü olarak oksidatif zar hasarının biyokimyasal göstergesi kabul edilen önemli bir bileşik olup, bitkilerde MDA düzeyinin artışı, hücre zarlarının yapısal bütünlüğünün bozulduğunu ve oksidatif stresin şiddetlendiğini gösterir. Tuz ve alkali stres uygulamalarının farklı anaçların yapraklarındaki MDA düzeyine etkisini gösteren Şekil 4.67'ye göre, hem stres uygulamalarının ($p < 0.001$) hem anaçların ($p < 0.001$) hem de stres \times anaç interaksiyonunun ($p = 0.002$) MDA birikimi üzerinde istatistiksel olarak önemli etkiler yarattığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, stres koşullarının patlıcan yapraklarında oksidatif zarara yol açtığını ve bu etkinin anaçlara göre değişkenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Kontrol şartlarında ortalama MDA düzeyi $2,50 \mu M/g$ olarak belirlenirken, bu değer 25 mM NaCl uygulamasında %105,6 artışla $5,14 \mu M/g$ 'ye, 50 mM NaCl uygulamasında %171,6 artışla $6,79 \mu M/g$ 'ye yükselmiştir. Alkali ($pH 8,1$) ortamda ise MDA düzeyi kontrol ortamına göre %128,8 artış göstererek $5,72 \mu M/g$ 'ye ulaşmıştır. Bu bulgular, artan stres seviyesinin hücre zarlarındaki lipid peroksidasyonunu ciddi ölçüde artırdığını göstermektedir. Anaç bazında incelendiğinde, Yula anacı tüm stres düzeylerinde en yüksek MDA birikimine sahip olmuştur. Özellikle 50 mM NaCl

uygulamasında 3.98 $\mu\text{M/g}$ olan kontrol değerine kıyasla %135.7 artışla 9.38 $\mu\text{M/g}$ 'ye ulaşmıştır. Benzer şekilde, KingKong ve AG38R anaçları da yüksek MDA düzeyleriyle dikkat çekmiş, bu da bu anaçların hücrel zar bütünlüğünü koruma açısından daha zayıf bir tolerans gösterdiğini ortaya koymuştur. Diğer yandan, Hercules ve Hawk anaçları kontrol koşullarında düşük MDA düzeylerine sahip olup, stres uygulamaları sonucunda oransal olarak yüksek artışlar gösterse de mutlak MDA değerleri diğer anaçlara kıyasla daha düşük kalmıştır. Hawk anacında kontrol ortamında 1.54 $\mu\text{M/g}$ olan MDA düzeyi 50 mM NaCl uygulamasında %293 artışla 6.05 $\mu\text{M/g}$ 'ye çıkmıştır. Hercules anacında ise bu artış %239.4 olarak gerçekleşmiştir. Bu durum, her iki anacın da stres altındaki zar hasarına karşı daha iyi bir koruma sağladığını düşündürmektedir. Boğaç ve Hikyaku anaçları ise orta düzeyde MDA birikimi göstermiştir. Boğaç anacında 50 mM NaCl uygulamasında MDA düzeyi kontrol koşuluna göre %156.2 artarak 6.56 $\mu\text{M/g}$ 'ye ulaşmış, Hikyaku'da ise bu artış %161.8 olarak gerçekleşmiştir. AGR 703 ise stres koşullarında belirgin bir artış göstermesine rağmen, mutlak düzeyde MDA birikimi orta seviyede kalmıştır.



Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.67. Stres uygulamalarının anaçlarda malondialdehit (MDA) düzeyine etkisi ($\mu\text{M/g/FW}$)

Genel olarak değerlendirildiğinde, 50 mM NaCl uygulaması tüm anaçlarda MDA düzeyini en fazla artıran stres faktörü olmuştur. Yula, KingKong ve AG38R gibi anaçlar stres koşullarında yüksek MDA birikimi ile oksidatif zarara karşı daha duyarlı bir yapı sergilerken, Hawk, Hercules ve Boğaç gibi anaçlar ise daha düşük MDA düzeyleriyle

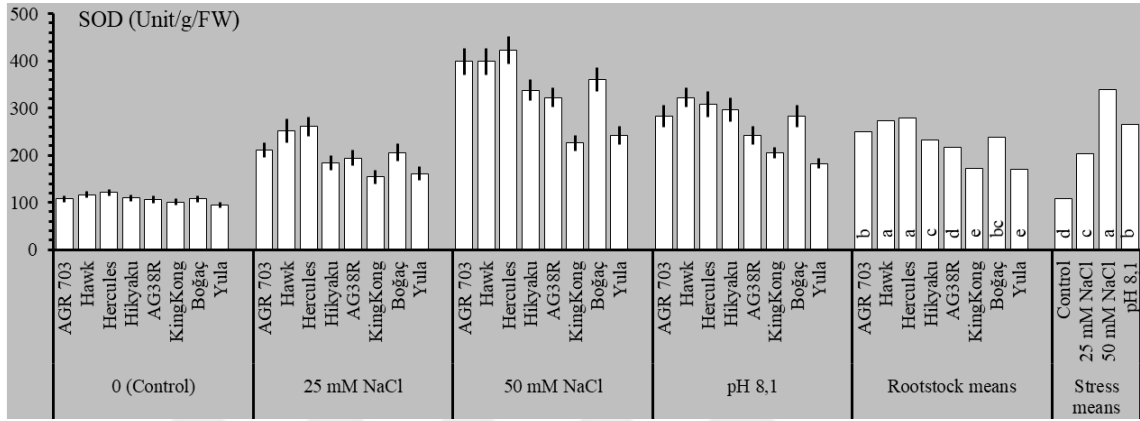
öne çıkmışlardır. Bu sonuçlar MDA birikiminin stres toleransını değerlendirmede etkili bir gösterge olduğunu ve anaçların stres yanıtlarının genetik temelli farklılıklar gösterdiğini ortaya koymaktadır.

4.3.12. Stres uygulamalarının anaçların antioksidan enzim aktivitesine etkisi

Süperoksit dismütaz (SOD, Unit/g/FW):

Süperoksit dismütaz (SOD) bitki savunma sisteminin temel bileşenlerinden biri olup, hücrelerde oluşan süperoksit radikallerini daha az zararlı bileşiklere dönüştürerek oksidatif stresi sınırlamada kritik rol oynar. Çalışmada, stres uygulamaları ($p<0.001$), anaçlar ($p<0.001$) ve stres \times anaç interaksyonu ($p<0.001$) SOD aktivitesi üzerinde istatistiksel olarak önemli farklılıklar oluşturmuştur. Kontrol ortamında ortalama SOD aktivitesi 107.95 Unit/g iken, 25 mM NaCl ortamında %87.8 artışla 202.79 Unit/g'a, 50 mM NaCl ortamında %213.5 oranında artışla 338.50 Unit/g'a, alkali ortamda ise %145.8 artış göstererek 265.32 Unit/g seviyesine yükselmiştir. Bu sonuçlar, artan tuz ve alkali stresinin bitkilerde antioksidatif savunma sistemlerini kuvvetli şekilde aktive ettiğini ortaya koymaktadır. Anaç bazında değerlendirildiğinde, Hercules, Hawk ve AGR 703 anaçları stres koşullarında en yüksek SOD aktivitesine sahip anaçlar olmuşlardır. Hercules anacında kontrol ortamında 120.81 Unit/g olan SOD aktivitesi, 50 mM NaCl ortamında %249.8 artışla 422.58 Unit/g'a çıkmış, alkali ortamda 308,58 Unit/g olarak ölçülmüştür. Benzer şekilde, Hawk anacında 50 mM NaCl uygulamasında SOD aktivitesi 398.40 Unit/g'ye ulaşarak kontrol değerine göre %241.5 artış göstermiştir. AGR 703 anacı ise 50 mM NaCl ortamında 398.40 Unit/g'a ulaşarak stres altında güçlü bir SOD yanıtı vermiştir. Bu anaçların yanısıra Boğaç ve Hikyaku anaçları da stres uygulamalarında yüksek düzeyde SOD aktivitesine sahip olmuşlardır. Diğer yandan, KingKong ve Yula anaçları çalışmada en düşük ortalama SOD aktivitesine sahip anaçlar olmuşlardır. KingKong anacında kontrol ortamına göre 50 mM NaCl ortamında %123.5 artış sağlanmış ve 225.87 Unit/g seviyesine ulaşılmıştır. Alkali ortamda ise 204.98 Unit/g ölçülmüştür. Yula anacında ise SOD aktivitesi kontrol ortamına göre %154.1 artışla 242.08 Unit/g'ye çıkmış, ancak bu artış diğer anaçlara kıyasla yetersiz kalmıştır. Ayrıca, alkali stres altında Yula'nın SOD aktivitesi yalnızca 182.80 Unit/g ile çalışmadaki en düşük ikinci değer olmuştur. Sonuç olarak, tuz ve alkali stres uygulamaları tüm anaçlarda SOD aktivitesini artırmış olsa da bu artışın

düzeyi anaçlara göre farklılık göstermiştir. Hercules, Hawk ve AGR 703 gibi anaçlar yüksek SOD aktivitesiyle oksidatif stres altında güçlü bir antioksidan savunma ortaya koyarken, Yula ve KingKong gibi anaçlar daha düşük SOD yanıtlarıyla stres koşullarına karşı daha duyarlı bir profil sergilemişlerdir (Şekil 4.68).



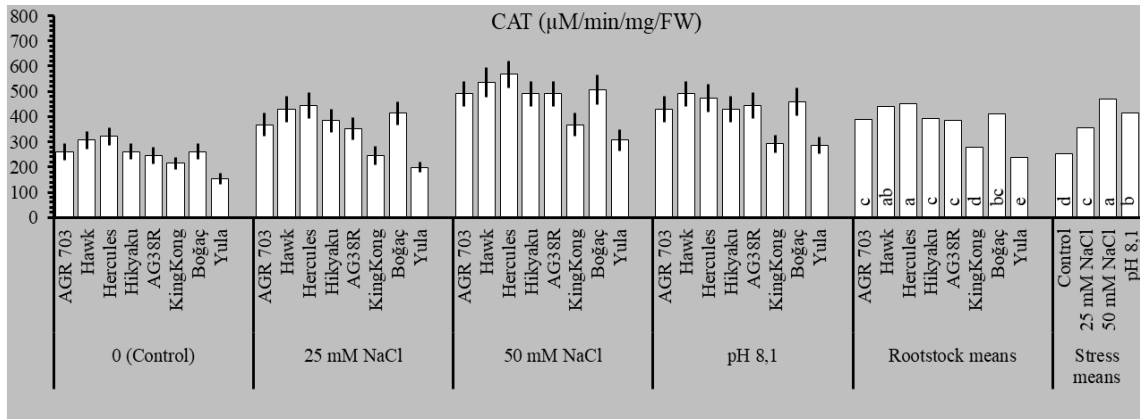
Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.68. Stres uygulamalarının anaçlarda süperoksit dismutaz (SOD) aaktivitesine etkisi (Unit/g/FW)

Katalaz (CAT, $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}/\text{FW}$)

Katalaz (CAT), bitki hücrelerinde hidrojen peroksit (H_2O_2) gibi zararlı reaktif oksijen türlerini su ve oksijene parçalayarak oksidatif stresi azaltan temel enzimlerden biridir. Şekil 4.69'da yer alan veriler, farklı düzeylerde tuz ve alkali streslerinin patlıcan anaçlarında yaprak CAT enzim aktivitesi üzerindeki etkilerini ortaya koymaktadır. Varyans analizi sonuçlarına göre, stres uygulamaları ($P < 0.001$) ve anaç farklılıkları ($P < 0.001$) istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı bulunurken; stres \times anaç interaksyonu ($P = 0.075$) istatistiksel olarak anlamlı çıkmamıştır. Bu durum, stres uygulamalarının etkisinin tüm anaçlarda benzer eğilimde gerçekleştiğini, yani anaçlara özel farklı tepki desenlerinin oluşmadığını göstermektedir. Kontrol ortamında ortalama CAT aktivitesi $252.90 \mu\text{M}$ olarak belirlenmiş, bu değer 25 mM NaCl uygulamasında %40.1 artışla $354.33 \mu\text{M}$ 'a, 50 mM NaCl 'de %85.6 artışla $469.21 \mu\text{M}$ 'a yükselmiştir. Alkali stres koşullarında ise CAT aktivitesi kontrol düzeyine kıyasla %63.4 artarak $413.01 \mu\text{M}$ 'a ulaşmıştır. Bu sonuçlar hem tuz hem de alkali stresin bitki yapraklarında

oksidatif dengeyi bozarak CAT aktivitesini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir. Anaç bazında değerlendirildiğinde, Hercules (451.96 μM), Hawk (440.45 μM) ve Boğaç (409.89 μM) anaçları ortalama değerlerle en yüksek CAT aktivitesine sahip anaçlar olarak öne çıkmıştır. Hercules anaçında 50 mM NaCl uygulaması kontrol değerine göre %76.2 (321.93 \rightarrow 566.93 μM) artışla en yüksek aktiviteyi göstermiştir. Benzer şekilde Hawk ve Boğaç anaçları da hem tuz hem alkali stres koşullarında güçlü bir enzimatik tepki göstermiştir. Buna karşılık Yula (236.18 μM) ve KingKong (279.73 μM) anaçları stres koşullarında en düşük ortalama CAT aktivitesine sahip olmuştur. Özellikle Yula anaç kontrol koşullarında yalnızca 153.37 μM ile en düşük bazal aktiviteyi göstermiş ve 50 mM NaCl uygulamasında bile 306.50 μM düzeyine ulaşarak düşük bir savunma yanıtı vermiştir. KingKong anaç ise diğerlerine kıyasla daha sınırlı bir artış göstermiş ve tüm stres koşullarında nispeten düşük düzeylerde kalmıştır. Sonuç olarak, tuz ve alkali stresi uygulamaları patlıcan yapraklarında katalaz enzim aktivitesini önemli ölçüde artırmış, bu artışın şiddeti ise stres düzeyine paralel olarak artmıştır. Anaçlar arasında anlamlı farklılıklar gözlenmiş, Hercules, Hawk ve Boğaç anaçları yüksek CAT aktivitesi ile stres altında daha etkin bir oksidatif savunma profili ortaya koyarken, Yula ve KingKong gibi anaçlar daha düşük enzim aktivitesi ile stres koşullarına karşı daha zayıf bir yanıt göstermiştir (Şekil 4.69).

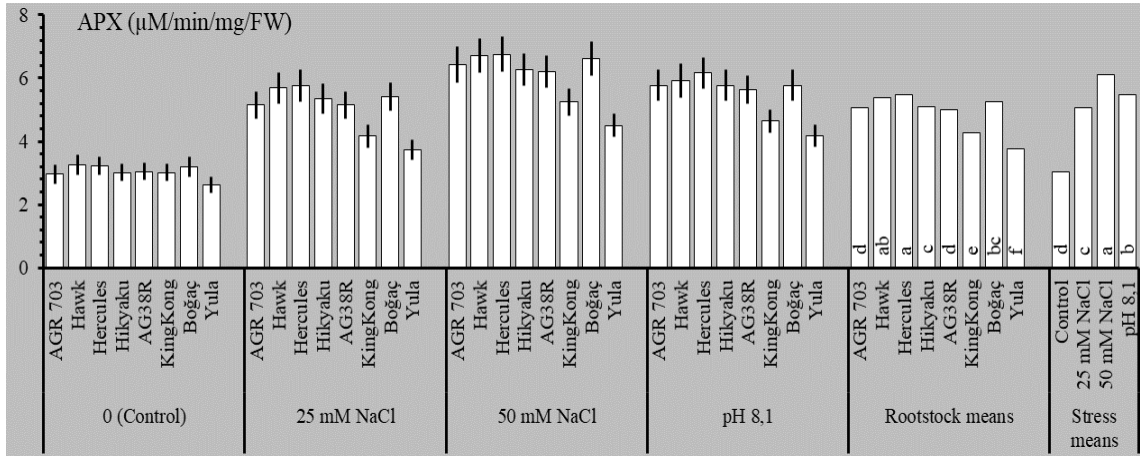


Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.69. Stres uygulamalarının anaçlarda katalaz (CAT) aktivitesine etkisi ($\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}/\text{FW}$)

Askorbat peroksidaz (APX, $\mu\text{M}/\text{dak}/\text{mg}/\text{FW}$)

Askorbat peroksidaz (APX), bitkilerde reaktif oksijen türlerinin (özellikle H_2O_2) detoksifikasyonunda görev alan önemli antioksidan enzimlerden biridir. Çalışmada stres uygulamaları ($p < 0.001$), anaçlar ($p < 0.001$) ve stres \times anaç interaksyonunun ($p < 0.001$) APX aktivitesi üzerinde istatistiksel olarak yüksek düzeyde önemli farklılıklar oluşturduğu belirlenmiştir. Kontrol ortamında ortalama APX aktivitesi $3.04 \mu\text{M}/\text{dak}/\text{mg}$ iken, 25 mM NaCl ortamında %66 artışla $5.05 \mu\text{M}/\text{dak}/\text{mg}$ olmuştur. 50 mM NaCl ortamında ise ortalama APX aktivitesi %100.7 artışla $6.10 \mu\text{M}/\text{dak}/\text{mg}$ 'ye ulaşmış, alkali stres altında ise %80.3 artarak $5.48 \mu\text{M}/\text{dak}/\text{mg}$ düzeyine yükselmiştir. Bu genel eğilim, artan stres seviyeleriyle birlikte antioksidan savunma mekanizmasının aktive olduğunu ve bitkinin oksidatif stresle başa çıkma çabası içinde olduğunu ortaya koymaktadır. Anaç bazında değerlendirildiğinde Hercules, Hawk ve Boğaç anaçları stres koşullarında en yüksek APX aktivitesine ulaşarak oksidatif stresle mücadelede öne çıkan anaçlar olmuşlardır. Özellikle Hercules anacında, kontrol ortamındaki $3.23 \mu\text{M}/\text{dak}/\text{mg}$ düzeyindeki APX aktivitesi 50 mM NaCl uygulamasında %109.3 artışla $6.76 \mu\text{M}/\text{dak}/\text{mg}$ 'ye yükselmiştir. Alkali uygulamasında ise $6.16 \mu\text{M}/\text{dak}/\text{mg}$ olarak ölçülmüştür. Hawk anacı da benzer bir sonuç vermiş ve $3.26 \mu\text{M}/\text{dak}/\text{mg}$ olan kontrol değeri, 50 mM NaCl uygulamasında %106.1 artarak $6.72 \mu\text{M}/\text{dak}/\text{mg}$ 'ye çıkmıştır. Yüksek APX içeriğine sahip anaçlardan biri de Boğaç anacı olup $6.61 \mu\text{M}/\text{dak}/\text{mg}$ APX aktivitesi ölçülmüştür. KingKong ve Yula anaçları çalışmada en düşük ortalama APX aktivitesi gösteren anaçlar olmuşlardır. KingKong anacında kontrol ortamında $3.02 \mu\text{M}/\text{dak}/\text{mg}$ olan enzim aktivitesi, 50 mM NaCl 'de $5.25 \mu\text{M}/\text{dak}/\text{mg}$ 'ye ulaşmış ve bu artış %73.8 ile diğer anaçlara kıyasla daha düşük kalmıştır. Yula ise en düşük APX aktivitesine sahip anaç olarak dikkat çekmiştir. Bu anacın 50 mM NaCl koşulundaki APX aktivitesi $4.51 \mu\text{M}/\text{dak}/\text{mg}$ ile sınırlı kalmış ve kontrol ortamına göre %72 oranında artış göstermiştir. Sonuç olarak, tuz ve alkali stres koşulları tüm anaçlarda APX enzim aktivitesini artırmış olsa da bu artışın düzeyi anaçlara göre farklılık göstermiştir. Hercules, Hawk ve Boğaç gibi anaçlar stres koşullarında yüksek APX aktivitesi göstererek oksidatif stresi baskılayacak güçlü bir antioksidan yanıt üretmişlerdir. Buna karşılık Yula ve KingKong anaçları düşük APX aktivitesi ile stres koşullarında daha zayıf bir antioksidan savunma profili sergilemiştir (Şekil 4.70).



Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki farklı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$; Duncan çoklu karşılaştırma testi). Aynı harfi taşıyan barlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Şekil 4.70. Stres uygulamalarının anaçlarda askorbat peroksidaz (APX) aktivitesine etkisi ($\mu\text{M}/\text{nim}/\text{mg}/\text{FW}$)

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada tuz ve alkali stresi altında aşılamanın patlıcanda verim, kalite, bitki gelişimi, morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özellikler üzerine etkisi araştırılmıştır. Ayrıca aşılama da kullanılan anaçların stres koşullarındaki performansları da detaylı olarak incelenmiştir. Tuz stresinin etkilerinin araştırıldığı birinci çalışmada tuz stresinin tüm gelişim süreçlerini olumsuz etkilediğini ortaya koyarken, uygun anaçlarla yapılan aşılama da bu etkileri önemli ölçüde hafiflettiğini göstermiştir. Özellikle verim ve kalite parametreleri ve fizyolojik dayanıklılık açısından bazı anaçlar belirgin şekilde ön plana çıkmış, bu da anaç seçiminin tuz stresinin yönetiminde kritik bir agronomik strateji olduğunu ortaya koymuştur.

Araştırma bulgularına göre, artan NaCl düzeyleri pazarlanabilir verimde %32–50, erkenci verimde ise %45.4–68.4 oranlarında düşüşe neden olmuştur. Aynı şekilde, pazarlanabilir meyve sayısında %29.4–47.9 arasında azalma görülürken, meyve ağırlığında ise daha sınırlı düzeyde (%5–10) kayıplar yaşanmıştır. Bu veriler, tuzun özellikle çiçeklenme ve meyve tutumu gibi generatif süreçler üzerinde baskılayıcı etkiler yarattığını göstermektedir. Ancak bu olumsuz etkiler aşılama ya bağlı olarak belirgin şekilde azalmıştır. Özellikle Hercules ve Hawk gibi güçlü anaçlar üzerine yapılan aşılama da, her üç tuz seviyesinde de aşısız ve kendi üzerine aşı bitkilere kıyasla pazarlanabilir verim, erkenci verim ve meyve sayısı bakımından %20 ila %80 arasında daha yüksek sonuçlar vermiştir. Bu durum, aşılama işleminin tuz stresine karşı bitki performansını ciddi biçimde iyileştirdiğini ortaya koymaktadır.

Çalışmada tuz stresinin patlıcanda bitki boyu, gövde çapı ve biyomas üzerinde önemli düzeyde baskılayıcı etkiler oluşturduğu, ancak bu etkilerin kullanılan anaçlara bağlı olarak farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak bitki boyunda yaklaşık üçte bire varan, gövde çapında ise üçte birden fazla azalma gözlenmiş; biyomas üretimi ise yaklaşık %40 oranında düşmüştür. Bununla birlikte, özellikle Hawk, AG38R F₁, Hercules ve Boğaç F₁ gibi bazı hibrit anaçlar, kontrol ve stres koşullarında bitki boyu, gövde kalınlığı ve biyomas açısından aşısız ve kendi üzerine aşı bitkilere göre %10 ila %45 arasında değişen oranlarda daha yüksek performans sergilemiştir. Bu anaçlar, tuz stresi altında büyüme parametrelerini koruyarak hem yapısal bütünlüğün sürdürülmesini sağlamış hem de stresin olumsuz

etkilerini azaltmıştır. Elde edilen bulgular, hem tuz stresinin bitki gelişimi üzerindeki baskılayıcı rolünü hem de uygun anaç seçiminin bu baskıyı azaltmadaki kritik önemini ortaya koymaktadır.

Kalite parametreleri incelendiğinde tuz stresi meyve kalitesi üzerinde de çeşitli olumsuzluklara neden olmuştur. Örneğin SÇKM düzeyinde stres altında düşüşler gözlenmiş, ancak AG38R F₁, Hawk ve Hikyaku F₁ anaçları bu kayıpları önlemiş ve bazı durumlarda SÇKM oranlarını artırabilmiştir. Titre edilebilir asit (TA) içeriği ise, aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilerde daha yüksek bulunmuş, bu durum stres altında meyve asitliğinde artış yaşandığını göstermiştir. Meyve eti sertliği tuz stresinde artış göstermiş ancak bu artış aşılama ile birlikte daha dengeli bir şekilde korunmuştur. Özellikle Hikyaku F₁ ve Boğaç F₁ anaçları sertlik açısından en yüksek değerleri sağlamış, aşısız bitkilerde ise meyve eti daha yumuşak kalmış, bu da dayanıklılığın azaldığını göstermektedir.

Fizyolojik parametrelerden klorofil indeksi (SPAD) tuz stresinde azalırken, Hercules, Hawk ve Hikyaku F₁ gibi anaçlar bu değeri yüksek tutarak fotosentetik kapasitenin sürdürülebilmesini sağlamıştır. Bu sonuçlar, klorofil içeriğinin korunmasında aşılamanın pozitif etkisini ve anacın bu etkideki belirleyici rolünü vurgulamaktadır. Tuz stresine bağlı oksidatif baskının enzimatik savunma sistemler üzerindeki etkileri de net şekilde ortaya konmuştur. Antioksidan savunma enzimlerinden SOD ve CAT aktiviteleri, özellikle Hercules, Hawk ve Boğaç F₁ anaçlarında belirgin şekilde artmıştır. Bu da bu anaçlara yapılan aşılama ile oksidatif stres hafifletici yönde güçlü bir savunma yanıtı geliştirdiğini göstermektedir. Aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilerde ise bu enzim aktivitelerinin daha düşük kalması, stresle başa çıkma kapasitelerinin zayıf olduğunu ortaya koymuştur.

MDA içeriği, hücre zarlarındaki oksidatif hasarın göstergesi olarak stres altında artış göstermiş, ancak bu artış toleranslı anaçlara yapılan aşılama ile daha sınırlı kalmıştır. Özellikle Hawk ve Hercules anaçları MDA birikimini düşük düzeyde tutarak tuz hasarını önlemiştir. Prolin düzeyleri de stresle birlikte artmış, aşılı bitkilerde bu artış genellikle daha kontrollü ve adaptif şekilde gerçekleşmiştir. Ancak bu parametrenin doğrudan stres toleransını yansıtmadığı, yalnızca stres şiddetini işaret ettiği de göz önünde bulundurulmalıdır. Benzer şekilde H₂O₂ birikimi tuz stresinde artarken, Hercules ve Hawk gibi anaçlar bu birikimi baskılayarak hücrel hasarın önüne

geçebilmiştir. Aşısız bitkiler ve Yula F₁ gibi düşük performanslı anaçlar ise yüksek H₂O₂ düzeyleri ile dikkat çekmiş, bu da düşük savunma kapasitesine işaret etmiştir.

Aşılama bitki beslenmesinde de koruyucu etkiler sağlamış, tuz stresi altında fosfor, potasyum ve kalsiyum gibi makro elementlerin alımı genel olarak azalmış, ancak Hercules, Hawk, Boğaç F₁ ve Hikyaku F₁ anaçlarına yapılan aşılama bu düşüşleri sınırlandırmıştır. K/Na ve Ca/Na oranları da stres altında düşerken, toleranslı anaçlarla yapılan aşılama bu oranların korunmasını sağlamış, iyon homeostazisinin sürdürülmesine katkı vermiştir. Çalışmada Fe, Zn, Cu, B ve Mn gibi mikro elementlerin içerikleri de tuz stresine bağlı olarak önemli ölçüde azalmış, ancak toleranslı anaçlara yapılan aşılama bu azalmalar daha sınırlı düzeyde kalmıştır. Özellikle Hawk, AG38R F₁, Hercules ve Boğaç F₁ anaçları yapraklarda Cu, Zn, B ve Mn gibi mikro besin elementlerinin içeriğini, stres altında bile daha yüksek seviyelerde tutabilmiş ve böylece besin dengesi bakımından bitkiyi destekleyici bir rol üstlenmiştir.

Tuz stresinin meyve kalitesi üzerindeki olumsuz etkileri de çalışmada açıkça gözlenmiş, stres arttıkça meyve kabuğunda renk bozulmaları, kabarmalar, çiçek burnu çürüklüğü ve tohumlu meyve oluşum oranlarında artış gözlemlenmiştir. Özellikle Yula F₁ anacı ile kontrol bitkilerinde bu olumsuzluklar üst düzeyde gerçekleşirken, AG38R F₁, Hercules ve Hawk anaçlarına yapılan aşılama bu bozulmaların daha sınırlı kaldığı belirlenmiştir.

Patlıcan yetiştiriciliğinde karşılaşılan çevresel stres faktörlerinden biri olan alkali stresi, özellikle toprak ve ortam pH'sının yükselmesiyle birlikte bitki gelişimini ve verimini olumsuz yönde etkilemektedir. Alkali topraklarda pH'ın 8 ve üzerinde olması bitkilerin besin maddelerini almasını zorlaştırmakta, dolayısıyla büyüme, gelişme, verim ve kalite üzerinde önemli kısıtlamalar oluşturmaktadır. Bu bağlamda farklı anaçlara aşılama patlıcan bitkilerinin alkali stres altında gösterdikleri tepkilerin değerlendirilmesi, sürdürülebilir patlıcan üretimi için kritik bir önem taşımaktadır. Alkali stresi ve aşılamanın patlıcanda pazarlanabilir verim, pazarlanabilir erkenci verim, pazarlanabilir meyve sayısı ve pazarlanabilir meyve ağırlığı üzerindeki etkileri incelendiğinde, pH düzeyinin tüm parametreler üzerinde en belirleyici etkiye sahip olduğu, anaçların ve pH × anaç interaksyonunun ise değişen derecelerde etkili olduğu görülmüştür. Pazarlanabilir verim bakımından alkali stres ortalama %26 oranında düşüşe neden olmuştur. Bu parametrede tolerant anaçlar Hawk ve Hercules, aşısız ve kendi üzerine

aşılı bitkilere kıyasla verim kayıplarını sırasıyla %37–%45 ve %26–%34 oranında azaltarak üstün performans göstermiştir. Hassas anaçlar Yula F₁ ile aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkiler ise alkali koşullarda verim kayıplarını telafi edememiştir. Pazarlanabilir erkenci verimde alkali stres, ortalama %54 oranında düşüş yaratmış olup, tolerant anaçlar Hawk ve Hercules, kaybı önemli ölçüde sınırlandırmıştır; Hercules anacı aşısız bitkilere kıyasla %24 oranında daha yüksek erkenci verim elde etmiştir. Pazarlanabilir meyve sayısı açısından alkali ortam ortalama %28 düşüş göstermiştir. Bu parametrede tolerant anaçlar Hawk ve Hercules, aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilere kıyasla sırasıyla %32–%38 ve %26–%31 oranında daha yüksek meyve sayısı sağlamıştır. Hassas anaçlar Yula F₁ ile kendi üzerine aşılı ve aşısız bitkiler, alkali koşullarda düşük meyve sayısı değerleri göstermiştir. Pazarlanabilir meyve ağırlığında alkali stresin etkisi daha sınırlı olmuş, ortalama %9.6 düşüş gözlenmiştir. Bu parametrede de tolerant anaçlar Hercules ve Hawk, hassas anaçlara kıyasla daha yüksek ortalama meyve ağırlığı ile öne çıkmıştır; interaksiyon etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Genel olarak, alkali stres pazarlanabilir verim, erkenci verim ve meyve sayısında önemli düşüslere neden olurken, meyve ağırlığı daha stabil kalmıştır. Aşılamanın tolerant anaçlar ile uygulanması, alkali ortamda verim kayıplarını önemli ölçüde azaltmış ve pazarlanabilir verim parametrelerinde üstün performans sağlamıştır. Hassas anaçlar ise aşılama rağmen alkali koşulların olumsuz etkilerini daha fazla yaşamış ve tüm parametrelerde düşük performans göstermiştir. Sonuç olarak, alkali stres koşullarında patlıcanda üretim kayıplarını minimize etmek için tolerant anaçların kullanımı ve aşılamanın uygulanması kritik öneme sahiptir; Hawk ve Hercules anaçları bu koşullarda en yüksek pazarlanabilir verim, erkenci verim, meyve sayısı ve meyve ağırlığı performansını sağlamıştır.

Alkali stres koşulları, patlıcanda bitki boyu, gövde çapı ve biyomas üzerinde genel olarak azaltıcı etki göstermiş, ancak bu etkilerin şiddeti kullanılan anaçlara göre değişiklik göstermiştir. Bitki boyu, ortam pH'sı ve anaç farklarından yüksek düzeyde etkilenmiş, bazı anaçlar stres koşullarında dahi bitki boyunu artırarak aşısız bitkilere kıyasla yaklaşık %7 ila %13 arasında avantaj sağlamıştır. Gövde çapı da benzer şekilde alkali ortamda daralmış, ancak özellikle en iyi performans gösteren anaç, aşısız bitkilere göre yaklaşık %14, kendi üzerine aşıllara göre ise %21 oranında daha kalın gövde çapı oluşturmuştur. Biyomas açısından ise alkali stresin etkisi daha belirgin olmuş, genel

üretimde dörtte bire yakın bir azalma gözlenmiş; buna rağmen bazı anaçlar, stres koşullarında aşısız bitkilere göre yaklaşık %28, kendi üzerine aşıllara göre %21 oranında daha fazla biyomas üretmiştir. İstatistiksel olarak tüm parametrelerde pH, anaç ve pH × anaç etkileşimi anlamlı bulunmuş; varyans analizleri ortam pH'sının etkisinin baskın olduğunu, ancak anaç seçiminin bu olumsuz etkileri azaltmada önemli bir rol oynadığını ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, uygun anaçlarla yapılan aşılamanın, alkali stres altında patlıcan bitkilerinin gelişim parametrelerini iyileştirebileceğini ve stres toleransını artırabileceğini göstermektedir. Patlıcan bitkilerinin alkali stres altında gösterdiği fizyolojik ve biyokimyasal tepkiler de kapsamlı olarak incelenmiştir. SÇKM, EC, TA, meyve eti sertliği ve SPAD değerleri gibi kalite ve fizyolojik göstergelerde stresin etkisi açıkça görülmüştür. Aynı zamanda antioksidan enzim aktiviteleri (SOD, CAT, APX), malondialdehit (MDA), prolin ve hidrojen peroksit (H₂O₂) gibi oksidatif stres göstergeleri detaylı şekilde ölçülerek anaçların stres toleransındaki rolleri değerlendirilmiştir. Özellikle Hawk, Hercules ve Boğaç F₁ anaçları, antioksidan savunma mekanizmalarını etkin kullanarak oksidatif stresle mücadelede üstünlük göstermiştir. Bu anaçlarda antioksidan enzim aktiviteleri daha yüksek, lipid peroksidasyonu (MDA) ise daha düşük seviyelerde seyretmiştir. Prolin ve H₂O₂ birikiminin kontrolü de bu anaçlarda daha başarılı bulunmuş, bu da hücresel düzeyde stres zararlarının minimize edilmesini sağlamıştır.

Alkali stresin mikro ve makro besin elementleri alımı üzerindeki olumsuz etkileri, yapılan analizlerle net bir biçimde ortaya konmuştur. Fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) gibi makro elementlerin yaprak içeriğinde alkali koşullarda anlamlı azalmalar meydana gelmiştir. Ancak aşılama uygulaması ve tolerant anaç kullanımı, bu azalmanın önüne geçerek besin elementlerinin alımını desteklemiştir. Fosfor ve potasyum alımında AG38R F₁, Hercules, Hawk ve Boğaç F₁ anaçları daha dayanıklı bulunmuştur.

Mikro besin elementleri arasında bitki için hayati öneme sahip olan demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn), bor (B) ve mangan (Mn) yapraklarda önemli farklılıklar göstermiştir. Alkali stres koşulları, bu mikro elementlerin bitkiler tarafından alınmasını ve yapraklarda birikimini ciddi şekilde engellemiştir. Varyans analizleri, pH etkisinin demir için %92.5, bakırda %94.8, çinkoda %87.8, bor için %77.9 ve mangan için %95.7 oranlarında varyasyonu açıkladığını göstermektedir. Bu yüksek varyasyon oranları,

alkali ortamın mikro besin alımı üzerindeki baskın ve olumsuz etkisini açıkça ortaya koymaktadır.

Anaçlar ise bu noktada belirleyici genetik faktörler olarak ön plana çıkmıştır. Hercules, Hawk, Boğaç F₁ ve AGR 703 F₁ gibi anaçlar, alkali koşullarda dahi yapraklarda daha yüksek mikro besin içeriğini koruyabilmişlerdir. Özellikle demir içeriğinde Hercules ve Hawk anaçları alkali koşullarda yaklaşık 27 mg/kg gibi yüksek seviyelerle öne çıkmıştır. Buna karşılık, aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilerde bu değerlerin belirgin şekilde düştüğü gözlenmiştir. Bu durum, aşılamanın mikro besin elementi alımı üzerindeki olumlu etkisini ve anaç-genotip seçiminin kritik önemini vurgulamaktadır.

Bakır içeriğinde de benzer bir durum söz konusudur; AGR 703 F₁, Hawk ve Hercules anaçları normal pH koşullarında yüksek Cu değerleri ile dikkat çekerken, alkali ortamda özellikle Hercules anaçı Cu içeriğini daha iyi korumuştur. Çinko açısından pH ve anaç etkileri önemli olmakla birlikte, pH × anaç etkileşimi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır; ancak Hercules ve Hawk anaçları hem normal hem de alkali koşullarda yaprak Zn içeriğini yüksek tutmayı başarmıştır.

Bor içeriğinde pH, anaç ve interaksiyon etkileri çok güçlü çıkmış olup, özellikle Hercules ve Boğaç F₁ anaçları hem normal hem de alkali koşullarda yüksek B seviyeleri ile avantaj sağlamıştır. Manganez da benzer şekilde, anaç ve pH etkileriyle şekillenmiş, Hawk, Hikyaku F₁ ve Boğaç F₁ anaçları alkali koşullarda Mn içeriğini koruyabilmiştir. Genel olarak aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkiler, diğer anaçlara kıyasla daha düşük mikro besin içeriğine sahip olmuş, bu da aşılama uygulamasının besin alımında pozitif katkısını net bir şekilde ortaya koymuştur.

Alkali stresin mikro besin elementleri üzerindeki olumsuz etkisi, bu elementlerin iyonik formlarının yüksek pH nedeniyle toprağa bağlı olarak çözünürlüğünün düşmesinden kaynaklanmaktadır. Fe, Cu, Zn gibi mikro elementlerin bitki kökleri tarafından alınabilirliği azaldığında, yapraklarda ciddi besin eksiklikleri ortaya çıkar. Bu eksiklikler, fotosentez etkinliğinin azalması, enzim aktivitelerinde düşüş ve genel metabolik işlevlerde bozulma şeklinde kendini gösterir.

Ancak bazı anaçlar, bu olumsuz koşullarda mikro besin elementlerinin daha etkin alınmasını ve taşınmasını sağlayan genetik mekanizmalara sahiptir. Bu nedenle, Hercules, Hawk, Boğaç F₁ ve AGR 703 F₁ gibi anaçlar, alkali stres altında daha dayanıklı davranmakta ve mikro element içeriklerini koruyabilmektedir.

Alkali stres patlıcan meyvelerinde çeşitli fizyolojik bozukluklara yol açmakta ve bu bozukluklar ürün kalitesi ile verimi olumsuz etkilemektedir. Meyve kabuk rengi bozuklukları alkali ortamda belirgin şekilde artarken, normal pH koşullarında %3.97 olan Hercules anacında alkali koşullarda bu oran kendi üzerine aşılı bitkilerde %12.35'e, aşısızlarda ise %12.10'a kadar yükselmektedir. Yula F₁ anacı da %11,91 ile yüksek oranda renk bozukluğu göstermektedir.

Meyve kabarma bozuklukları da benzer şekilde artmakta olup, normal koşullarda %4 civarında olan Hercules ve Hikyaku F₁ anaçlarında alkali koşullarda %7-8'e kadar yükselmektedir. Yula F₁ ve kendi üzerine aşılı bitkilerde ise bu oranlar daha da yüksek seviyelere çıkmaktadır. Tohumlu meyve oluşumu da alkali stresle belirgin biçimde artış göstermektedir. Örneğin Hercules anacında %3.58'den kendi üzerine aşılı bitkilerde %11.74'e kadar yükselirken, aşısız ve Yula F₁ anaçlarında da yüksek oranlar gözlemlenmiştir. Çiçek burnu çürüklüğü de stres koşullarında artmakta, normalde Hercules anacında %1.53 olan oran, alkali koşullarda kendi üzerine aşılı bitkilerde %7.52'ye kadar çıkmaktadır. Ancak Hercules ve Hawk anaçları bu artışı önemli ölçüde sınırlandırabilmektedir. Bu veriler, alkali stresin patlıcanda fizyolojik bozuklukları belirgin şekilde artırdığını ve uygun olmayan anaç seçiminde bu bozuklukların daha şiddetli olduğunu göstermektedir. Öte yandan Hercules, Hawk ve Boğaç F₁ gibi anaçların bu olumsuz etkileri sınırlayarak meyve kalitesini koruduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle, patlıcan yetiştiriciliğinde aşılama ve doğru anaç seçimi, alkali stresin neden olduğu fizyolojik bozuklukların önlenmesinde kritik bir strateji olarak öne çıkmaktadır. Tuz ve alkali stresinin farklı patlıcan anaçları üzerindeki etkileri kapsamlı olarak incelenmiş ve bu stres koşullarının anaçların büyüme, besin elementleri, fizyolojik ve biyokimyasal parametreleri üzerindeki etkileri detaylı şekilde ortaya konmuştur. Çalışmada, tuz stresi ve alkali koşulların bitki gelişimi üzerindeki olumsuz etkileri belirlenmiş, bazı anaçların ise bu streslere karşı daha dayanıklı olduğu saptanmıştır.

Bitki boyu açısından değerlendirildiğinde, tuz ve alkali streslerinin bitki boyunu anlamlı biçimde azalttığı gözlemlenmiştir. Kontrol koşullarında ortalama bitki boyu yaklaşık 246 cm iken, düşük tuz konsantrasyonunda bu değer yaklaşık %12, yüksek tuz konsantrasyonunda ise %25 oranında azalmıştır. Alkali stres koşullarında ise bitki boyunda yaklaşık %17'lik bir düşüş yaşanmıştır. Anaçlar arasında Hawk anacı en yüksek bitki boyu değerine sahip olup, stres altında %9 ile %20 arasında azalma

göstermiştir. Boğaç ve Hercules anaçları da yüksek bitki boyu ile dikkat çekmiş, özellikle Boğaç anacı yüksek tuz stresinde en iyi performansı sergilemiştir. Yula anacı ise hem kontrol hem de stres koşullarında en düşük bitki boyu ve en yüksek boy kaybını yaşamıştır. AG38R anacı da yüksek tuz stresinde belirgin bir boy kısalması göstermiştir. Genel olarak, tuz ve alkali streslerinin bitki boyunu baskıladığı, Hawk ve Boğaç anaçlarının ise bu streslere karşı daha dayanıklı olduğu sonucuna varılmıştır.

Gövde çapı üzerine etkiler incelendiğinde de benzer bir tablo ortaya çıkmıştır. Kontrol ortamında ortalama gövde çapı yaklaşık 27 mm iken, düşük ve yüksek tuz streslerinde sırasıyla %19 ve %36 azalma gözlenmiştir. Alkali koşullarda ise gövde çapında yaklaşık %27 azalma olmuştur. Anaçlar arasında Hawk ve Boğaç en yüksek gövde çapı değerlerine sahipken, KingKong ve Yula en düşük değerlere sahiptir. Hawk anacı stres altında gövde çapını nispeten iyi korurken, KingKong ve Yula anaçları yüksek tuz stresinde gövde çapında %40'ın üzerinde azalma yaşamıştır. Bu sonuçlar, Hawk ve Boğaç anaçlarının gövde gelişimini stres koşullarında daha iyi muhafaza ettiklerini göstermektedir.

Biyomas değerlendirmelerinde de stres koşullarının belirgin etkileri tespit edilmiştir. Kontrol ortamında ortalama biyomas yaklaşık 4 kg iken, düşük ve yüksek tuz streslerinde biyomas sırasıyla %19 ve %34 azalmıştır. Alkali koşullarda biyomas yaklaşık %24 azalmıştır. Anaçlar arasında Boğaç ve Hercules en yüksek biyomas değerlerine sahip olup, stres koşullarında biyomaslarını daha iyi koruyabilmişlerdir. Boğaç anacı yüksek başlangıç biyomasına sahip olup, düşük tuz stresinde %15, yüksek tuz stresinde %26 azalma yaşamıştır. Hercules anacı ise yüksek tuz stresinde biyomasını %34 oranında kaybetmiştir. Hawk ve AGR 703 anaçları orta düzeyde biyomas performansı gösterirken, Yula ve KingKong anaçları stres koşullarında düşük biyomas değerleri ve yüksek kayıplarla dezavantajlı durumdadır. Genel olarak, tuz ve alkali stresleri biyomas üretimini önemli ölçüde azaltmıştır, ancak Boğaç ve Hercules anaçları stres koşullarında daha avantajlıdır.

Makro besin elementleri açısından, potasyum, fosfor, kalsiyum ve magnezyum içeriklerinde de stres ve anaçlara bağlı önemli farklılıklar ortaya çıkmıştır. Potasyum içeriği kontrol ortamında ortalama 386 mg iken, düşük tuz stresinde %11, yüksek tuz stresinde %41, alkali koşullarda ise %32 oranında azalmıştır. AG38R ve Boğaç anaçları yüksek potasyum içeriğine sahipken, Yula ve KingKong düşük potasyum değerleriyle

öne çıkmıştır. Yüksek tuz stresinde Yula ve KingKong anaçlarında potasyum içeriğinde %47-49 oranında azalma görülmüştür. Fosfor içeriğinde de stres koşullarında belirgin azalmalar yaşanmıştır. Kontrol ortamında ortalama fosfor içeriği 282 mg iken, düşük tuz stresinde %17, yüksek tuz stresinde %42, alkali koşullarda ise %39 oranında azalma olmuştur. Hawk, Hercules ve Boğaç anaçları fosforu stres koşullarında daha iyi korurken, AG38R ve Yula anacı yüksek tuz stresinde fosforda %54-60 oranında düşüş yaşamıştır.

Kalsiyum içeriği de stres koşullarından olumsuz etkilenmiş, kontrol ortamında ortalama yaprak kalsiyum içeriği 227 mg iken, düşük ve yüksek tuz streslerinde sırasıyla %23 ve %46 azalma görülmüştür. Alkali koşullar kalsiyumda %33 oranında düşüşe yol açmıştır. Hawk, Boğaç ve Hercules anaçları yüksek kalsiyum içeriği ve stres toleransları ile öne çıkarırken, Yula ve KingKong anaçları kalsiyum içeriğinde belirgin azalmalar yaşamıştır. Magnezyum içeriğinde de stres koşullarında belirgin azalmalar olmuş, kontrol ortamında ortalama 127 mg olan magnezyum, düşük ve yüksek tuz streslerinde sırasıyla %15 ve %32, alkali koşullarda %22 oranında azalmıştır. Hawk anacı en yüksek magnezyum içeriğine sahip olup, stres altında bu içeriğini nispeten iyi korumuştur.

Mikro besin elementleri bakımından da stres uygulamalarının etkisi açıkça görülmüştür. Demir, bakır, çinko, bor ve mangan gibi mikro elementlerin yaprak içeriği stres koşullarında genel olarak azalmış, tuz stresi bu elementlerin alımını olumsuz yönde etkilemiştir. Hercules ve Boğaç anaçları demir seviyelerini stres altında daha iyi koruyarak dayanıklılık göstermiştir. Yula anacı ise düşük başlangıç demir seviyeleri ve stres altındaki büyük düşüşlerle hassasiyet göstermiştir. Bakırda Hercules ve Hawk anaçları yaprak bakırını korurken, Yula anacı düşük bakır seviyeleriyle zayıf performans göstermiştir. Çinko içeriğinde de Hercules ve Hawk daha az düşüş yaşarken, Yula anacı en düşük çinko alımını sergilemiştir. Bor elementi bakımından Hercules ve Hawk anacı hem kontrol hem de stres koşullarında yüksek bor içeriği ile dayanıklı bulunurken, KingKong, Yula ve Hikyaku anaçları düşük bor alımı ile dezavantajlıdır. Mangan içeriğinde de Hercules ve Hawk anaçları stres altında manganı koruyabilmiş, Yula ve KingKong anaçları düşük mangan içerikleri ve yüksek düşüşler nedeniyle zayıf kalmıştır.

Yaprak kuru madde miktarı açısından, tuz stresi Boğaç, Hercules ve Hawk anaçlarında yapraklardaki su kaybını dengeleyerek kuru madde oranını artırmış ve bu durum stres

toleransına katkıda bulunmuştur. KingKong anacı ise her koşulda en düşük kuru madde oranını koruyarak su kaybı ve stres toleransı açısından dezavantajlı bulunmuştur. Klorofil indeksi analizlerinde ise AGR 703, AG38R ve Hikyaku anaçları stres koşullarında klorofil seviyelerini daha iyi koruyarak fotosentetik verimliliklerini sürdürmüş, özellikle AGR 703 anacı stres altında klorofil kaybını minimumda tutmuştur. Buna karşılık Yula ve KingKong anaçları klorofil içeriğinde daha fazla azalma yaşamıştır.

Fizyolojik ve biyokimyasal tepkiler değerlendirildiğinde, tuz ve alkali streslerinin yapraklardaki prolin, hidrojen peroksit (H_2O_2) ve malondialdehit (MDA) birikimini anlamlı şekilde artırdığı görülmüştür. Prolin birikimi stres şiddetiyle paralel artmış, Hercules, Hawk ve AGR 703 anaçları yüksek prolin düzeyleriyle güçlü osmotik yanıt verirken, Yula, KingKong ve Hikyaku anaçları daha düşük prolin birikimiyle streslere daha duyarlı olmuştur. H_2O_2 düzeyleri Yula ve KingKong anaçlarında yüksek iken, Hercules, Hawk ve Boğaç anacı dengeli oksidatif yanıt göstermiştir. MDA birikimi de stresin hücre zarlarına zararını yansıtarak Yula, KingKong ve AG38R anaçlarında yüksek, Hercules, Hawk ve Boğaç anaçlarında ise daha düşük seviyelerde olmuştur.

Antioksidan enzim aktiviteleri (SOD, CAT, APX) stres koşullarında tüm anaçlarda artış göstermiştir. Ancak Hercules, Hawk ve AGR 703 anaçları özellikle yüksek enzim aktiviteleriyle güçlü antioksidan savunma mekanizması sergilemiş, Yula ve KingKong anaçları ise düşük enzim aktiviteleri nedeniyle stres karşısında zayıf kalmıştır. CAT aktivitesinde stres ve anaç etkileşimi anlamlı bulunmamış, genel olarak stresin benzer etkiler yarattığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak, tuz ve alkali stresleri patlıcan anaçlarının büyüme parametrelerini, besin elementi içeriklerini ve fizyolojik ile biyokimyasal tepkilerini olumsuz yönde etkilemiştir. Bununla birlikte, Hawk, Boğaç, Hercules ve AGR 703 anaçları stres koşullarına karşı daha dayanıklı performans sergileyerek yaprak fonksiyonlarını ve besin elementlerini daha iyi korumuştur. Buna karşın Yula, KingKong ve Hikyaku anaçları streslere karşı daha hassas bulunmuş, düşük büyüme, besin elementi içeriği ve antioksidan savunma kapasitesi ile dezavantajlı kalmıştır. Bu bulgular, gelecekte tuz ve alkali stresine dayanıklı patlıcan çeşitlerinin geliştirilmesinde Hawk, Boğaç, Hercules ve AGR 703 anaçlarının öncelikli olarak değerlendirilmesinin uygun olduğunu göstermektedir.

Bu sonuçlar doğrultusunda tuz ve alkali stresinin patlıcanın verim, kalite, morfolojik ve fizyolojik özellikleri üzerinde olumsuz etkiler ile mücadele edebilmek için yetiştiricilikte aşılı bitkilerin kullanılması ve özellikle Hercules, Hawk, Boğaç ve AGR 703 gibi tolerant anaçlarının tercih edilmesi verim ve meyve kalitesini önemli düzeyde koruyacaktır. Uygun anaç seçimi, bitki boyu, gövde çapı ve biyomas gibi morfolojik parametrelerin, fotosentetik kapasitenin ve antioksidan savunma sistemlerinin sürdürülebilirliğini desteklemekte, aynı zamanda mikro ve makro besin elementlerinin alımını ve iyon homeostazisini koruyarak stres etkilerini minimize etmektedir. Bu yaklaşım meyve kalitesinin korunması açısından da önem taşımakta, renk bozukluğu, kabarma, çiçek burnu çürüklüğü ve tohumlu meyve oranlarındaki olumsuz etkilerin neden olduğu verim kayıplarının sınırlanmasına katkı sağlayacaktır.

Gelecek araştırmalar açısından, tolerant anaçlar üzerine yapılan aşılama uygulamalarının farklı iklim, toprak ve stres koşullarında test edilmesi, stresin uzun dönemli etkilerinin ve meyve depolama sonrası kalitenin incelenmesi ile mikro ve makro besin elementleri etkileşimlerinin daha detaylı değerlendirilmesi önerilebilir. Ayrıca, stres toleranslı yeni anaçların geliştirilmesi ve genetik mekanizmalarının araştırılması patlıcan üretiminde sürdürülebilirlik ve dayanıklılığın artırılması açısından öncelikli bir araştırma alanı olarak öne çıkmaktadır. Uygulama boyutunda ise, tuzlu ve alkali koşullarda üretim yapılacak sera ve tarla koşullarında tolerant anaçlar üzerine aşılansız bitkilerin kullanılması, düzenli izleme ve bitki besleme programlarının yürütülmesi ve stres koşullarına uygun anaç ve aşılama rehberlerinin kullanılması verim ve kalite kayıplarını minimize etmek için önerilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Abawi, G. S., ve Widmer, T. L., 2000. Impact of soil health management practices on soilborne pathogens, nematodes and root diseases of vegetable crops. *Applied Soil Ecology*, 15, 37–47.
- Abdelhamid, M. T., Rady, M. M., Osman, A. S., ve Abdalla, M. A., 2013. Exogenous application of proline alleviates salt-induced oxidative stress in *Phaseolus vulgaris* L. plants. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 88, 439–446.
- Afzal, M., Hindawi, S. E. S., Alghamdi, S. S., Migdadi, H. H., Khan, M. A., Hasnain, M. U., ve Sohaib, M., 2023. Potential breeding strategies for improving salt tolerance in crop plants. *Journal of Plant Growth Regulation*, 42(6), 3365–3387.
- Alan, Ö., Özdemir, N., ve Günen, Y., 2007. Effect of grafting on watermelon plant growth, yield and quality. *Journal of Agronomy*, 6(2), 362–365.
- Albacete, A., Martínez-Andújar, C., Martínez-Pérez, A., Thompson, A. J., Dodd, I. C., ve Pérez-Alfocea, F., 2015. Unravelling rootstock–scion interactions to improve food security. *Journal of Experimental Botany*, 66, 2211–2226. <https://doi.org/10.1093/jxb/erv027>
- Alengebawy, A., Abdelkhalek, S. T., Qureshi, S. R., ve Wang, M. Q., 2021. Heavy metals and pesticides toxicity in agricultural soil and plants: Ecological risks and human health implications. *Toxics*, 9(3), 42.
- Alhendawi, R. A., Römheld, V., Kirkby, E. A., ve Marschner, H., 1997. Influence of increasing bicarbonate concentrations on plant growth, organic acid accumulation in roots and iron uptake by barley, sorghum and maize. *Journal of Plant Nutrition*, 20(12), 1731–1753.
- Allen, D. J., ve Ort, D. R., 2001. Impacts of chilling temperatures on photosynthesis in warm-climate plants. *Trends in Plant Science*, 6, 36–42.
- Allevato, E., Mauro, R. P., Stazi, S. R., Marabottini, R., Leonardi, C., Ierna, A., ve diğerleri, 2019. Arsenic accumulation in grafted melon plants: Role of rootstock in modulating root-to-shoot translocation and physiological response. *Agronomy*, 9, 828. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120828>
- Allevato, E., Mauro, R. P., Stazi, S. R., Marabottini, R., Leonardi, C., Ierna, A., ve diğerleri, 2019. Arsenic accumulation in grafted melon plants: Role of rootstock in modulating root-to-shoot translocation and physiological response. *Agronomy*, 9, 828. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120828>
- Alloway, B. J. (Ed.), 2012. *Heavy metals in soils: Trace metals and metalloids in soils and their bioavailability* (Vol. 22). Springer Science & Business Media.
- Álvarez, S., ve Sánchez-Blanco, M. J., 2014. Long-term effect of salinity on plant quality, water relations, photosynthetic parameters and ion distribution in *Callistemon citrinus*. *Plant Biology*, 16, 757–764.
- Álvarez-Hernández, J. C., Castellanos-Ramos, J. Z., Aguirre-Mancilla, C. L., Huitrón-Ramírez, M. V., ve Camacho-Ferre, F., 2015. Influence of rootstocks on fusarium wilt, nematode infestation, yield and fruit quality in watermelon production. *Ciência e Agrotecnologia*, 39, 323–330.
- Arao, T., Takeda, H., ve Nishihara, E., 2008. Reduction of cadmium translocation from roots to shoots in eggplant (*Solanum melongena*) by grafting onto *Solanum torvum* rootstock. *Soil Science and Plant Nutrition*, 54(4), 555–559.

- Arif, Y., Singh, P., Siddiqui, H., Bajguz, A., ve Hayat, S., 2020. Salinity-induced physiological and biochemical changes in plants: An omic approach towards salt stress tolerance. *Plant Physiology and Biochemistry*, 156, 64–77.
- Arvanitoyannis, I. S., Khah, E. M., Christakou, E. C., ve Bletsos, F. A., 2005. Effect of grafting and modified atmosphere packaging on eggplant quality parameters during storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 40(3), 311–322.
- Ashita, E. (Ed.), 1927. Grafting of watermelons Korea (Chosun). *Agricultural Newsletter*, 1, 9. (in Japanese)
- Ashraf, M., 2004. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. *Flora*, 199, 361–376.
- Ashraf, M., ve Wu, L., 1994. Breeding for salinity tolerance in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 13(1), 17–42.
- Aslam, W., Noor, R. S., Hussain, F., Ameen, M., Ullah, S., ve Chen, H., 2020. Evaluating morphological growth, yield, and postharvest fruit quality of cucumber (*Cucumis sativus* L.) grafted on cucurbitaceous rootstocks. *Agriculture*, 10(4), 101.
- Assaha, D. V. M., Ueda, A., ve Saneoka, H., 2013. Comparison of growth and mineral accumulation of two solanaceous species, *Solanum scabrum* Mill. (huckleberry) and *S. melongena* L. (eggplant), under salinity stress. *Soil Science and Plant Nutrition*, 59(6), 912–920.
- Attia, M. F., Arafa, A. M., Moustafa, M. A., ve Mohamed, M. A., 2003. Pepper grafting, a method of controlling soilborne diseases and enhancement of fruit yield: 1. Improvement of pepper resistance to *Fusarium* wilt.
- Aumentado, H. D., ve Balendres, M. A., 2024. Diseases of eggplant (*Solanum melongena* L.) and sustainable management in Asia. *Plant Pathology & Quarantine*, 14(1), 98–117.
- Aydın, A., 2024. The growth, leaf antioxidant enzymes and amino acid content of tomato as affected by grafting on wild tomato rootstocks (*S. pimpinellifolium* and *S. habrochaites*) under salt stress. *Scientia Horticulturae*, 325, 112679.
- Bai, L., Wang, C., Zang, S., Zhang, Y., Hao, Q., ve Wu, Y., 2016. Remote sensing of soil alkalinity and salinity in the Wuyu'er–Shuangyang River Basin, Northeast China. *Remote Sensing*, 8(2), 163.
- Bantis, F., Tsiolas, G., Mouchtaropoulou, E., Tsompanoglou, I., Polidoros, A. N., Argiriou, A., ve Koukounaras, A., 2021. Comparative transcriptome analysis in homo- and hetero-grafted cucurbit seedlings. *Frontiers in Plant Science*, 12, 691069.
- Bavaresco, L., Giachino, E., ve Colla, R., 1999. Iron chlorosis paradox in grapevine. *Journal of Plant Nutrition*, 22, 1589–1597.
- Bayoumi, Y., Abd-alkarim, E., El-Ramady, H., El-Aidy, F., Hamed, E. S., Taha, N., ve Rakha, M., 2021. Grafting improves fruit yield of cucumber plants grown under combined heat and soil salinity stresses. *Horticulturae*, 7(3), 61.
- Bhatti, K. H., Kausar, N., Rashid, U., Hussain, K., Nawaz, K., ve Siddiqi, E. H., 2013. Effects of biotic stresses on eggplant (*Solanum melongena* L.). *World Applied Sciences Journal*, 26(3), 302–311.
- Bitá, C. E., ve Gerats, T., 2013. Plant tolerance to high temperature in a changing environment: Scientific fundamentals and production of heat stress-tolerant crops. *Frontiers in Plant Science*, 4, 273.

- Bletsos, F., Thanassouloupoulos, C., ve Roupakias, D., 2003. Effect of grafting on growth, yield and *Verticillium* wilt of eggplant. *HortScience*, 38, 183–186.
- Bogoescu, M., 2012. Grafting eggplant as a control method of soilborne pathogens and nematodes. In *VI International Symposium on Seed, Transplant and Stand Establishment of Horticultural Crops*, 1249, 17–22.
- Borgognone, D., Colla, G., Roupaphel, Y., Cardarelli, M., Rea, E., ve Schwarz, D., 2013. Effect of nitrogen form and nutrient solution pH on growth and mineral composition of self-grafted and grafted tomatoes. *Scientia Horticulturae*, 149, 61–69.
- Brajović, B., Kastelec, D., Šircelj, H., ve Maršić, N. K., 2012. The effect of scion/rootstock combination and ripening stage on the composition of carotenoids and some carpometric characteristics of tomato fruit. *European Journal of Horticultural Science*, 77, 261–271. <https://doi.org/10.1093/jxb/erf059>
- Butcher, K., Wick, A. F., DeSutter, T., Chatterjee, A., ve Harmon, J., 2016. Soil salinity: A threat to global food security. *Agronomy Journal*, 108(6), 2189–2200.
- Candir, E., Yetişir, H., Karaca, F., ve Üstün, D., 2013. Phytochemical characteristics of grafted watermelon on different bottle gourds (*Lagenaria siceraria*) collected from Mediterranean region of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37(4), 443–456.
- Cantero-Navarro, E., Romero-Aranda, R., Fernández-Muñoz, R., Martínez-Andújar, C., Pérez-Alfocea, F., ve Albacete, A., 2016. Improving agronomic water-use efficiency in tomato by rootstock-mediated hormonal regulation of leaf biomass. *Plant Science*, 251, 90–100.
- Cassaniti, C., Giuffrida, F., Scuderi, D., ve Leonardi, C., 2011. Effect of rootstock and nutrient solution concentration on eggplant grown in a soilless system. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 9, 252–256.
- Chaves, M. M., Flexas, J., ve Pinheiro, C., 2009. Photosynthesis under drought and salt stress: Regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of Botany*, 103(4), 551–560.
- Cohen, R., Pivonia, S., Burger, Y., Edelstein, M., Gamliel, A., ve Katan, J., 2000. Toward integrated management of *Monosporascus* wilt of melons in Israel. *Plant Disease*, 84(5), 496–505.
- Colla, G., Cardarelli, M., Fiorillo, A., Roupaphel, Y., Salerno, A., ve Rea, E., 2010. Can grafting in watermelon plants enhance tolerance to bicarbonate in nutrient solution? In *XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC 2010): International Symposium on (927)*, pp. 323–329.
- Colla, G., Fiorillo, A., Cardarelli, M., ve Roupaphel, Y., 2013a. Grafting to improve abiotic stress tolerance of fruit vegetables. *II International Symposium on Organic Greenhouse Horticulture*, 1041, 119–125, Murcia, Spain.
- Colla, G., Pradeep, K., Cardarelli, M., ve Roupaphel, Y., 2013. Grafting an effective tool for abiotic stress alleviation in vegetables. In K. L. Chadha, A. K. Singh, S. K. Singh, ve W. S. Dhillon (Eds.), *Horticulture for Food and Environment Security* (pp. 15–28), Westville Publishing House, New Delhi, India.
- Colla, G., Pradeep, K., Cardarelli, M., ve Roupaphel, Y., 2013. Grafting an effective tool for abiotic stress alleviation in vegetables. In K. L. Chadha, A. K. Singh, S. K.

- Singh, ve W. S. Dhillon (Eds.), *Horticulture for Food and Environment Security* (pp. 15–28), Westville Publishing House, New Delhi, India.
- Colla, G., Roupshael, Y., Cardarelli, M., Salerno, A., ve Rea, E., 2010. The effectiveness of grafting to improve alkalinity tolerance in watermelon. *Environmental and Experimental Botany*, 68(3), 283–291.
- Colla, G., Roupshael, Y., Cardarelli, M., ve Rea, E., 2006. Effect of salinity on yield, fruit quality, leaf gas exchange, and mineral composition of grafted watermelon plants. *HortScience*, 41(3), 622–626.
- Colla, G., Roupshael, Y., Leonardi, C., ve Bie, Z., 2010. Role of grafting in vegetable crops grown under saline conditions. *Scientia Horticulturae*, 127, 147–155. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.08.004>
- Colla, G., Roupshael, Y., Mirabelli, C., ve Cardarelli, M., 2011. Nitrogen-use efficiency traits of mini-watermelon in response to grafting and nitrogen fertilization doses. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 174, 933–941. <https://doi.org/10.1002/jpln.201000325>
- Colla, G., Roupshael, Y., ve Cardarelli, M., 2012. Vegetable crops: Improvement of tolerance to adverse chemical soil conditions by grafting. In N. Tuteja, S. S. Gill, A. F. Tiburcio, ve R. Tuteja (Eds.), *Improving Crop Resistance to Abiotic Stress* (pp. 979–994), Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany.
- Çakmak, I., ve Marschner, H., 1992. Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase and glutathione reductase in bean leaves. *Plant Physiology*, 98, 1222–1226.
- Çelik, Ö., ve Atak, C., 2012. The effect of salt stress on antioxidative enzymes and proline content of two Turkish tobacco varieties. *Turkish Journal of Biology*, 36(3), 339–356.
- D’Odorico, P., Ridolfi, L., ve Laio, F., 2013. Precursors of state transitions in stochastic systems with delay. *Theoretical Ecology*, 6(3), 265–270.
- Dabirian, S., Inglis, D., ve Miles, C. A., 2017. Grafting watermelon and using plastic mulch to control *Verticillium* wilt caused by *Verticillium dahliae* in Washington. *HortScience*, 52(3), 349–356.
- Dabravolski, S. A., ve Isayenkov, S. V., 2023. The regulation of plant cell wall organisation under salt stress. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1118313.
- Dai, Q. L., Chen, C. H., Feng, B., Liu, T. T., Tian, X., Gong, Y. Y., Sun, Y. K., Wang, J., ve Du, S. Z., 2009. Effects of different NaCl concentrations on the antioxidant enzymes in oilseed rape (*Brassica napus* L.) seedlings. *Plant Growth Regulation*, 59, 273–278.
- Daunay, M. C., ve Janick, J., 2007. History and iconography of eggplant. *Chronica Horticulturae*, 47, 16–22.
- De la Guardia, M. D., ve Alcántara, E., 2002. Bicarbonate and low iron level increase root to total plant weight ratio in olive and peach rootstock. *Journal of Plant Nutrition*, 25, 1021–1032.
- Demidchik, V., ve Maathuis, F. J., 2007. Physiological roles of nonselective cation channels in plants: From salt stress to signalling and development. *New Phytologist*, 175, 387–404.
- Dhall, R. K., 2015. Breeding for biotic stresses resistance in vegetable crops: a review. *Journal of Crop Science and Technology*, 4, 13–27.
- Di Gioia, F., Serio, F., Buttaro, D., Ayala, O., ve Santamaria, P., 2010. Vegetative growth, yield, and fruit quality of ‘Cuore di Bue’, an heirloom tomato, as

- influenced by rootstock. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 85(6), 555–562.
- Ding, H. D., Zhu, X. H., Zhu, Z. W., Yang, S. J., Zha, D. S., ve Wu, X. X., 2012. Amelioration of salt-induced oxidative stress in eggplant by application of 24-epibrassinolide. *Biologia Plantarum*, 56(4), 767–770.
- Dizdaroğlu, A., 1985. Sera domates üretiminde aşı uygulaması ile elde edilen çift kök sistemine sahip domateslerin verim ve kalite yönünden üstünlükleri üzerine bir araştırma. (Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Bornova, İzmir, 170 s.
- Dropkin, V. H., 1969. The necrotic reaction of tomatoes and other hosts resistant to *Meloidogyne*: Reversal by temperature. *Phytopathology*, 59, 1632–1637.
- Du, G., Zhu, D., He, H., Li, X., Yang, Y., ve Qi, Z., 2024. The impact of grafting with different rootstocks on eggplant (*Solanum melongena* L.) growth and its rhizosphere soil microecology. *Agronomy*, 14(11), 2616.
- Dubey, R., Gupta, D. K., ve Sharma, G. K., 2020. Chemical stress on plants. In D. K. Gupta, J. M. F. D’Silva, ve S. R. Prasad (Eds.), *New Frontiers in Stress Management for Durable Agriculture* (pp. 101–128), Springer, Singapore.
- Edelstein, M., Cohen, R., Baumkoler, F., ve Ben-Hur, M., 2017. Using grafted vegetables to increase tolerance to salt and toxic elements. *Israel Journal of Plant Sciences*, 64(3–4), 3–20.
- Elliältioğlu, S. S., Talhouni, M., Kıran, S., Ateş, C., ve Kuşvuran, S., 2019. Antioxidative response of grafted and non-grafted eggplant seedlings under drought and salt stresses. *Agrochimica: International Journal of Plant Chemistry, Soil Science and Plant Nutrition of the University of Pisa*, 63(2), 123–137.
- El-Sayed, S. F., Hassan, H. A., Abdel-Wahab, A. A., ve Gebrael, A. A., 2014. Effect of grafting on the cucumber yield and quality under high and low temperatures. *Journal of Plant Production*, 5(3), 443–456.
- El-Shraiy, A. M., Mostafa, M. A., Zaghlool, S. A., ve Shehata, S. A. M., 2011. Alleviation of salt injury of cucumber plant by grafting onto salt-tolerant rootstock. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(10), 1414–1423.
- Estañ, M. T., Martinez-Rodriguez, M. M., Perez-Alfocea, F., Flowers, T. J., ve Bolarín, M. C., 2005. Grafting raises the salt tolerance of tomato through limiting the transport of sodium and chloride to the shoot. *Journal of Experimental Botany*, 56, 703–712.
- Estañ, M. T., Villalta, I., Bolarín, M. C., Carbonell, E. A., ve Asins, M. J., 2009. Identification of fruit yield loci controlling the salt tolerance conferred by *Solanum* rootstocks. *Theoretical and Applied Genetics*, 118(2), 305–312.
- Evans, A. E., Hanjra, M. A., Jiang, Y., Qadir, M., ve Drechsel, P., 2014. Water quality: Assessment of the current situation in Asia. In *Water Quality Policy and Management in Asia* (pp. 9–30). Routledge, London.
- Expósito, A., Pujolà, M., Achaerandio, I., Giné, A., Escudero, N., Fullana, A. M., ve Sorribas, F. J., 2020. Tomato and melon *Meloidogyne*-resistant rootstocks improve crop yield but melon fruit quality is influenced by the cropping season. *Frontiers in Plant Science*, 11, 560024.
- Fahad, S., Hussain, S., Matloob, A., Khan, F. A., Khaliq, A., Saud, S., Hassan, S., Shan, D., Khan, F., Ullah, N., ve diğerleri, 2015. Phytohormones and plant responses to salinity stress: A review. *Plant Growth Regulation*, 75, 391–404.

- FAO, 2021. The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture – Systems at Breaking Point: Synthesis Report 2021. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <https://doi.org/10.4060/cb7654en>
- FAO, 2023a. Global Soil Partnership. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Erişim adresi: <https://www.fao.org/global-soil-partnership/resources/highlights/detail/en/c/1412475/>
- FAO, 2023b. *Land Statistics and Indicators 2000–2021: Global, Regional and Country Trends*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., ve Basra, S. M. A., 2009. Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. In E. Lichtfouse, M. Navarrete, P. Debaeke, V. Souchère, ve C. Alberola (Eds.), *Sustainable Agriculture* (pp. 153–188). Springer, Dordrecht.
- Fernández-García, N., Martínez, V., ve Carvajal, M., 2004. Effect of salinity on growth, mineral composition, and water relations of grafted tomato plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 167(5), 616–622.
- Flores, F. B., Sanchez-Bel, P., Están, M. T., Martinez-Rodriguez, M. M., Moyano, E., Morales, B., ve diğerleri, 2010. The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. *Scientia Horticulturae*, 125, 211–217.
- Fonseca, I. C. D. B., Klar, A. E., Goto, R., ve Neves, C. S. V. J., 2003. Colored polyethylene soil covers and grafting effects on cucumber flowering and yield. *Scientia Agricola*, 60, 643–649.
- Frary, A., Doğanlar, S., ve Daunay, M. C., 2007. Eggplant. In C. Kole (Ed.), *Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants* (pp. 287–314). Springer, Academic Press.
- Freitas, I. S. D., Roldán, G. Q., Macedo, A. C., ve Mello, S. D. C., 2021. The responses of photosynthesis, fruit yield and quality of mini-cucumber to LED-interlighting and grafting. *Horticultura Brasileira*, 39(1), 86–93.
- Fu, Q. S., Yang, R. C., Wang, H. S., Zhao, B., Zhou, C. L., Ren, S. X., ve Guo, Y. D., 2013. Leaf morphological and ultrastructural performance of eggplant (*Solanum melongena* L.) in response to water stress. *Photosynthetica*, 51(1), 109–114.
- Fullana-Pericàs, M., Conesa, M., Pérez-Alfocea, F., ve Galmés, J., 2020. The influence of grafting on crops' photosynthetic performance. *Plant Science*, 295, 110250. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.110250>
- Gao, P., Xing, W. W., Li, S. H., Shu, S., Li, H., Li, N., Shao, Q. S., ve Guo, S. R., 2015. Effect of pumpkin rootstock on antioxidant enzyme activities and photosynthetic fluorescence characteristics of cucumber under $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ stress. *Acta Horticulturae*, 1086, 177–188.
- Gao, Q. H., Xu, K., Wang, X. F., ve Wu, Y., 2006. Effect of grafting on cold tolerance in eggplant seedlings. In *XXVII International Horticultural Congress-IHC2006: International Symposium on Seed Enhancement and Seedling Production* (771, pp. 167–174).
- Geboloğlu, N., Yılmaz, E., Çakmak, P., Aydın, M., ve Kasap, Y., 2011. Determining of the yield, quality and nutrient content of tomatoes grafted on different rootstocks in soilless culture. *Scientific Research and Essays*, 6(10), 2147–2153.
- Gent, M. P. N., Parrish, Z. D., ve White, J. C., 2005. Nutrient uptake among subspecies of *Cucurbita pepo* L. is related to exudation of citric acid. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 130, 782–788.

- Gent, M. P., Parrish, Z. D., ve White, J. C., 2005. Nutrient uptake among subspecies of *Cucurbita pepo* L. is related to exudation of citric acid. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 130(5), 782–788.
- Gisbert, C., Prohens, J., ve Nuez, F., 2011. Performance of eggplant grafted onto cultivated, wild, and hybrid materials of eggplant and tomato. *International Journal of Plant Production*, 5(4), 367–380.
- Giuffrida, F., Cassaniti, C., ve Leonardi, C., 2014. Tomato and eggplant scions influence the effect of rootstock under Na₂SO₄ salinity. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*, 64(8), 700–709.
- Goto, R., de Miguel, A., Marsal, J. I., Gorbe, E., ve Calatayud, A., 2013. Effect of different rootstocks on growth, chlorophyll *a* fluorescence and mineral composition of two grafted scions of tomato. *Journal of Plant Nutrition*, 36, 825–835.
- Grattan, S. R., ve Grieve, C. M., 1993. Mineral nutrient acquisition and response by plants in saline environment. In M. Pessarakli (Ed.), *Handbook of Plant and Crop Stress* (pp. 203–266). Marcel Dekker Inc., New York, USA.
- Grattan, S. R., ve Grieve, C. M., 1998. Salinity–mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 78, 127–157.
- Grieneisen, M. L., Aegerter, B. J., Stoddard, C. S., ve Zhang, M., 2018. Yield and fruit quality of grafted tomatoes, and their potential for soil fumigant use reduction: A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 38, 1–16.
- Grimault, V., ve Prior, P., 1994. Grafting tomato cultivars resistant or susceptible to bacterial wilt: Analysis of resistance mechanisms. *Journal of Phytopathology – Phytopathologische Zeitschrift*, 141, 330–334.
- Guo, R., Yang, Z., Li, F., Yan, C., Zhong, X., Liu, Q., ve Zhao, L., 2015. Comparative metabolic responses and adaptive strategies of wheat (*Triticum aestivum*) to salt and alkali stress. *BMC Plant Biology*, 15(1), 170.
- Gül, F., Ekinci, M., Kul, R., ve Yıldırım, E., 2020. Effect of glycine betaine and thiamine treatments on germination and seedling growth in eggplant under salt stress. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 51(2), 190–198.
- Hakim, M. A., Juraimi, A. S., Hanafi, M. M., Ismail, M. R., Rafii, M. Y., Islam, M. M., ve Selamat, A., 2014. The effect of salinity on growth, ion accumulation and yield of rice varieties. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 24(3), 874–885.
- Hamon, R., McLaughlin, M., ve Lombi, E., 2006. *Natural Attenuation of Trace Element Availability in Soils*. CRC Press.
- Hannachi, S., Steppe, K., Eloudi, M., Mechi, L., Bahrini, I., ve Van Labeke, M. C., 2022. Salt stress induced changes in photosynthesis and metabolic profiles of one tolerant ('Bonica') and one sensitive ('Black Beauty') eggplant cultivars (*Solanum melongena* L.). *Plants*, 11, 590. <https://doi.org/10.3390/plants110505>
- Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Gill, S. S., ve Fujita, M., 2013. Drought stress responses in plants, oxidative stress, and antioxidant defense. In P. Ahmad, ve M. R. Wani (Eds.), *Climate Change and Plant Abiotic Stress Tolerance* (pp. 209–250). Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- Heuvelink, E. P., Bakker, M., ve Stanghellini, C., 2003. Salinity effects on fruit yield in vegetable crops: A simulation study. In *International Symposium on Managing Greenhouse Crops in Saline Environment* (609, pp. 133–140).

- Hoagland, D. R., ve Arnon, D. I., 1950. The water-culture method for growing plants without soil. *Circular. California Agricultural Experiment Station*, 347 (2nd ed.).
- Hopmans, J. W., Qureshi, A. S., Kisekka, I., Munns, R., Grattan, S. R., Rengasamy, P., Ben-Gal, A., Assouline, S., Javaux, M., Minhas, P. S., ve diğerleri, 2021. Critical knowledge gaps and research priorities in global soil salinity. *Advances in Agronomy*, 169, 1–191.
- Hu, Y., ve Schmidhalter, U., 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168, 541–549.
- Huang, C., Wang, Y., Yang, Y., Zhong, C., Notaguchi, M., ve Yu, W., 2019. A susceptible scion reduces rootstock tolerance to *Ralstonia solanacearum* in grafted eggplant. *Horticulturae*, 5(4), 78.
- Huang, W., Liao, S., Lv, H., Khaldun, A. B. M., ve Wang, Y., 2015. Characterization of the growth and fruit quality of tomato grafted on a woody medicinal plant, *Lycium chinense*. *Scientia Horticulturae*, 197, 447–453.
- Huang, Y., Tang, R., Cao, Q., ve Bie, Z., 2009. Improving the fruit yield and quality of cucumber by grafting onto the salt tolerant rootstock under NaCl stress. *Scientia Horticulturae*, 122(1), 26–31.
- Hussain, S., Rao, M. J., Anjum, M. A., Ejaz, S., Zakir, I., Ali, M. A., ... ve Ahmad, S., 2019. Oxidative stress and antioxidant defense in plants under drought conditions. In M. Hasanuzzaman, K. Nahar, ve M. Fujita (Eds.), *Plant Abiotic Stress Tolerance: Agronomic, Molecular and Biotechnological Approaches* (pp. 207–219). Springer, Cham.
- Ioannou, N., 2001. Integrating soil solarization with grafting on resistant rootstocks for management of soil-borne pathogens of eggplant. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 76, 396–401.
- Ismail, M. S., ve Hussien, M. A. N., 2024. Grafting increases superoxide dismutase and catalase activity to overcome the impact of the two-spotted spider mite on eggplant growth and productivity. *Acarologia*, 64(2), 370–384.
- Jadoon, S., ve Malik, A., 2017. A review article on the formation, mechanism and biochemistry of MDA and MDA as a biomarker of oxidative stress. *International Journal of Advanced Research*, 5, 811–818.
- Jang, Y., Yang, E., Cho, M., Um, Y., Ko, K., ve Chun, C., 2012. Effect of grafting on growth and incidence of *Phytophthora* blight and bacterial wilt of pepper (*Capsicum annuum* L.). *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 53(1), 9–19.
- Janick, J., 1986. *Horticultural Science* (4th ed.). W. H. Freeman & Co., New York.
- Janick, J., 2001. Asian crops in North America. *HortTechnology*, 11(4), 510–513.
- Jebara, S., Jebara, M., Limam, F., ve Aouani, M. E., 2005. Changes in ascorbate peroxidase, catalase, guaiacol peroxidase and superoxide dismutase activities in common bean (*Phaseolus vulgaris*) nodules under salt stress. *Journal of Plant Physiology*, 162(8), 929–936.
- Johnson, S., Inglis, D. A., ve Miles, C., 2013. Grafting effects on eggplant growth, yield and *Verticillium* wilt incidence. *International Journal of Vegetable Science*, 20, 3–20.
- Jukić Špika, M., Dumičić, G., Brkić Bubola, K., Soldo, B., Goreta Ban, S., Vuletin Selak, G., ... ve Žanić, K., 2021. Modification of the sensory profile and volatile

- aroma compounds of tomato fruits by the scion \times rootstock interactive effect. *Frontiers in Plant Science*, 11, 616431.
- Jyothi, M., Tambe, T. B., Khandare, V. S., Shinde, V. N., Ismail, S., ve Shinde, G. U., 2023. Effect of different salinity levels on growth attributes of brinjal varieties grafted on *Solanum torvum*.
- Kacjan-Maršič, N., Ilin, Ž., ve Žnidarčič, D., 2013. Does grafting influence the yield and quality of eggplant fruits (*Solanum melongena* L.). In *Novi izzivi v agronomiji 2013: Zbornik simpozija*, Zreče, Slovenija, 24–25 January 2013, pp. 181–186.
- Kashyap, A., ve Weber, S., 2013. Starch grain analysis and experiments provide insights into Harappan cooking practices. In S. A. Abraham, P. Gullapalli, T. P. Raczek, ve U. Z. Rizvi (Eds.), *Connections and Complexity: New Approaches to the Archaeology of South Asia* (pp. 177–193). Left Coast Press, Taylor and Francis, Oxford.
- Kawaguchi, M., Taji, A., Backhouse, D., ve Oda, M., 2008. Anatomy and physiology of graft incompatibility in solanaceous plants. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 83, 581–588.
- Keshavarzi, M., Raghmi, M., ve Roosta, H. R., 2019. Grafting effects on some morpho-physiological characteristics of a cantaloupe landrace (Shahpasand) under salinity and alkalinity stress in hydroponic system. *Journal of Soil and Plant Interactions – Isfahan University of Technology*, 9(4), 41–52.
- Khah, E. M., 2011. Effect of grafting on growth, performance and yield of aubergine (*Solanum melongena* L.) in greenhouse and open field. *International Journal of Plant Production*, 5(4), 359–366.
- Khan, A., Aiman, S. I., Baber, Y., Hassan, F., Usman, H. M., Sohail, M. A., ve Abbas, A., 2021. An overview of root-knot nematodes and their management. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 9, 35–40.
- Kıran, S., Kuşvuran, S., Ateş, C., Sönmez, K., ve Ellialtıoğlu, Ş. Ş., 2018. Morphological characteristics and ion concentrations of grafted and non-grafted eggplant seedlings under drought and salt stress. *JAPS: Journal of Animal and Plant Sciences*, 28(6).
- King, S. R., Davis, A. R., Zhang, X., ve Crosby, K., 2010. Genetics, breeding and selection of rootstocks for *Solanaceae* and *Cucurbitaceae*. *Scientia Horticulturae*, 127(2), 106–111.
- Knapp, S., Vorontsova, M. S., ve Prohens, J., 2013. Wild relatives of the eggplant (*Solanum melongena* L.: *Solanaceae*): new understanding of species names in a complex group. *PLoS ONE*, 8(2), e57039. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0057039>
- Koleška, I., Hasanagić, D., Todorović, V., Murtić, S., ve Maksimović, I., 2018. Grafting influence on the weight and quality of tomato fruit under salt stress. *Annals of Applied Biology*, 172(2), 187–196.
- Krumbein, A., ve Schwarz, D., 2013. Grafting: A possibility to enhance health-promoting and flavour compounds in tomato fruits of shaded plants? *Scientia Horticulturae*, 149, 97–107. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.09.003>
- Kubota, C., McClure, M. A., Kokalis-Burelle, N., Bausher, M. G., ve Roskopf, E. N., 2008. Vegetable grafting: History, use, and current technology status in North America. *HortScience*, 43(6), 1664–1669.

- Kumar, P., Roupael, Y., Cardarelli, M., ve Colla, G., 2017. Vegetable grafting as a tool to improve drought resistance and water use efficiency. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1130.
- Kumar, R., Khan, A., Singh, P., Singh, A., ve Srivastava, A., 2024. Fusarium infection of eggplant: Disease cycle and management strategies. In *Molecular Dynamics of Plant Stress and Its Management* (pp. 281–306). Springer Nature, Singapore.
- Kyriacou, M. C., Soteriou, G. A., ve Roupael, Y., 2020. Modulatory effects of interspecific and gourd rootstocks on crop performance, physicochemical quality, bioactive components and postharvest performance of diploid and triploid watermelon scions. *Agronomy*, 10, 1396.
- Lawlor, D. W., ve Cornic, G., 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant, Cell and Environment*, 25(2), 275–294.
- Lee, J. M., 1994. Cultivation of grafted vegetables. I. Current status, grafting methods, and benefits. *HortScience*, 29, 235–239.
- Lee, J. M., Kubota, C., Tsao, S. J., Bie, Z., Echevarria, P. H., Morra, L., ve Oda, M., 2010. Current status of vegetable grafting: Diffusion, grafting techniques, automation. *Scientia Horticulturae*, 127(2), 93–105.
- Lee, J. M., ve Oda, M., 2003. Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops. *Horticultural Reviews*, 28, 61–124.
- Li, J., ve Li, C., 2019. Seventy-year major research progress in plant hormones by Chinese scholars (in Chinese). *Science China Life Sciences*, 49, 1227–1281.
- Li, W., Chen, S., Liu, Y., Wang, L., Jiang, J., Zhao, S., ... ve Guan, Z., 2022. Long-distance transport RNAs between rootstocks and scions and graft hybridization. *Planta*, 255(5), 96.
- Liang, G., Liu, J., Zhang, J., ve Guo, J., 2020. Effects of drought stress on photosynthetic and physiological parameters of tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 145(1), 12–17.
- Liu, X., Zhu, X., Pan, Y., Li, S., Liu, Y., ve Ma, Y., 2016. Agricultural drought monitoring: Progress, challenges, and prospects. *Journal of Geographical Sciences*, 26, 750–767.
- Liu, Z. L., Zhu, Y. L., Hu, C. M., Wei, G. P., Yang, L. F., ve Zhang, G. W., 2007. Effects of NaCl stress on the growth, antioxidant enzyme activities and reactive oxygen metabolism of grafted eggplant. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao (The Journal of Applied Ecology)*, 18(3), 537–541.
- Louws, F. J., Rivard, C. L., ve Kubota, C., 2010. Grafting fruiting vegetables to manage soil-borne pathogens, foliar pathogens, arthropods and weeds. *Scientia Horticulturae*, 127, 127–146.
- Maas, E. V., 1984. Salt tolerance of plants. In B. R. Christie (Ed.), *The Handbook of Plant Science in Agriculture* (pp. xx–xx). CEC Press.
- Machado, R. M. A., ve Serralheiro, R. P., 2017. Soil salinity: Effect on vegetable crop growth. Management practices to prevent and mitigate soil salinization. *Horticulturae*, 3, 30.
- Manar, T., Banu, G., Fikret, Y., Şebnem, K., Özlem, U., ve Şebnem, E., 2013. The effects of JA treatment on the growth and some enzyme activities of eggplant embryos grown *in vitro* under salt stress conditions. *Research Journal of Biotechnology*, 8(12), 101–106.

- Mardani, S., Tabatabaei, S. H., Pessarakli, M., ve Zareabyaneh, H., 2017. Physiological responses of pepper plant (*Capsicum annuum* L.) to drought stress. *Journal of Plant Nutrition*, 40(10), 1453–1464.
- Marschner, H., 1995. Rhizosphere pH effects on phosphorus nutrition. *Genetic Manipulation of Crop Plants to Enhance Integrated Nutrient Management in Cropping Systems*, 1, 107–115.
- Martin, F. W., ve Rhodes, A. M., 1979. Subspecific grouping of eggplant cultivars. *Euphytica*, 28, 367–383.
- Matsuzoe, N., Aida, H., Hanada, K., Ali, M., Okubo, H., ve Fujieda, K., 1996. Fruit quality of tomato plants grafted on *Solanum* rootstocks. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 65, 73–80.
- Mauro, R. P., Stazi, S. R., Distefano, M., Giuffrida, F., Marabottini, R., Sabatino, L., ... ve Leonardi, C., 2022. Yield and compositional profile of eggplant fruits as affected by phosphorus supply, genotype and grafting. *Horticulturae*, 8(4), 304.
- McAvoy, T., Paret, M., Freeman, J. H., Rideout, S., ve Olson, S. M., 2012. Evaluation of grafting using hybrid rootstocks for management of bacterial wilt in field tomato production. *HortScience*, 47, 621–625.
- Melnyk, C. W., ve Meyerowitz, E. M., 2015. Plant grafting. *Current Biology*, 25, R183–R188.
- Mengel, K., 1994. Iron availability in plant tissues – iron chlorosis on calcareous soils. *Plant and Soil*, 165(2), 275–283.
- Miskovic, A., Ilic, O., Bacanovic, J., Vujasinovic, V., ve Kukic, B., 2016. Effect of eggplant rootstock on yield and quality parameters of grafted tomato. *Acta Scientiarum Polonorum. Horticulturae Cultus*, 15(2), 149–159.
- Miskovic, A., Ilic, O., Bacanovic, J., Vujasinovic, V., ve Kukić, B., 2016. Effect of eggplant rootstock on yield and quality parameters of grafted tomato. *Acta Scientiarum Polonorum. Horticulturae Cultus*, 15, 149–159.
- Mittler, R., 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*, 7(9), 405–410.
- Mizrahi, Y., 1982. Effect of salinity on tomato fruit ripening. *Plant Physiology*, 69(4), 966–970.
- Mohsenian, Y., Roosta, H. R., Karimi, H. R., ve Esmaeilzade, M., 2012. Investigation of the ameliorating effects of eggplant, *Datura*, orange nightshade, local Iranian tobacco, and field tomato as rootstocks on alkali stress in tomato plants. *Photosynthetica*, 50(3), 411–421. <https://doi.org/10.1007/s11099-012-0050-5>
- Mohsenian, Y., ve Roosta, H. R., 2015. Effects of grafting on alkali stress in tomato plants: *Datura* rootstock improves alkalinity tolerance of tomato plants. *Journal of Plant Nutrition*, 38(1), 51–72.
- Moncada, A., Miceli, A., Vetrano, F., Mineo, V., Planeta, D., ve D'Anna, F., 2013. Effect of grafting on yield and quality of eggplant (*Solanum melongena* L.). *Scientia Horticulturae*, 149, 108–114. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.06.015>
- Mori, S., Uraguchi, S., Ishikawa, S., ve Arao, T., 2009. Xylem loading process is a critical factor in determining Cd accumulation in the shoots of *Solanum melongena* and *Solanum torvum*. *Environmental and Experimental Botany*, 67(1), 127–132.

- Mozafarian, M., Hawrylak-Nowak, B., ve Kappel, N., 2023. Effect of different rootstocks on the salt stress tolerance and fruit quality of grafted eggplants (*Solanum melongena* L.). *Plants*, 12(20), 3631.
- Mozafarian, M., Ismail, N. S. B., ve Kappel, N., 2020. Rootstock effects on yield and some consumer important fruit quality parameters of eggplant cv. 'Madonna' under protected cultivation. *Agronomy*, 10(9), 1442.
- Mudge, K., Janick, J., Scofield, S., ve Goldschmidt, E. E., 2009. A history of grafting. *Horticultural Reviews*, 35, 437–493.
- Munns, R., ve Gilliam, M., 2015. Salinity tolerance of crops – what is the cost? *New Phytologist*, 208, 668–673.
- Munns, R., ve Tester, M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651–681.
- Musa, I., Rafii, M. Y., Khairulmazmi, A., Ramlee, S., Md Hatta, M. A., Magaji, U., ... ve Adetutu, A. E., 2024. Grafting as an effective approach for improvement of eggplant resistance against bacterial wilt (*Ralstonia solanacearum*) in screen-house condition. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 99(4), 461–470.
- Musa, I., Rafii, M. Y., Khairulmazmi, A., Ramlee, S., Md Hatta, M. A., Magaji, U., ... ve Adetutu, A. E., 2020. Effects of grafting on morphophysiological and yield characteristics of eggplant (*Solanum melongena* L.) grafted onto wild relative rootstocks. *Plants*, 9(11), 1583.
- Mustafa, Z., Pervez, M. A., Ayyub, C. M., Matloob, A., Khaliq, A., Hussain, S., Ihsan, M. Z., ve Butt, M., 2014. Morpho-physiological characterization of chilli genotypes under NaCl salinity. *Soil and Environment*, 33, 133–141.
- Nayak, S. B., Rao, K. S., ve Mekala, S., 2021. Management of important insect-pests of eggplant (*Solanum melongena* L.). In *Solanum melongena: Production, Cultivation and Nutrition* (pp. 300–322).
- Nicoletto, C., Tosini, B., ve Sambo, P., 2012. [Makale başlığı belirtilmemiş]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- Nijs, A. P. M., 1981. The effect of grafting on growth and early production of cucumbers at low temperature. *Acta Horticulturae*, 118, 57–64. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1981.118.7>
- Nikolic, M., ve Kastori, R., 2000. Effect of bicarbonate and Fe supply on Fe nutrition of grapevine. *Journal of Plant Nutrition*, 23, 1619–1627.
- Nilsen, E. T., Freeman, J., Grene, R., ve Tokuhisa, J., 2014. A rootstock provides water conservation for a grafted commercial tomato (*Solanum lycopersicum* L.) line in response to mild drought conditions: a focus on vegetative growth and photosynthetic parameters. *PLoS ONE*, 9(12), e115380.
- Nisini, P. T., Colla, G., Granati, E., Temperini, O., Crinò, P., ve Saccardo, F., 2002. Rootstock resistance to Fusarium wilt and effect on fruit yield and quality of two muskmelon cultivars. *Scientia Horticulturae*, 93(3–4), 281–288.
- Niu, M., Wei, L., Peng, Y., Huang, Y., ve Bie, Z., 2022. Mechanisms of increasing salt resistance of vegetables by grafting. *Vegetable Research*, 2(1), 1–9.
- Noor, R. S., Wang, Z., Umair, M., Yaseen, M., Ameen, M., Rehman, S. U., Khan, M. U., Imran, M., Ahmed, W., ve Sun, Y., 2019. Interactive effects of grafting techniques and scion–rootstock combinations on vegetative growth, yield, and quality of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Agronomy*, 9, 288.

- Ntatsi, G., Savvas, D., Kläring, H. P., ve Schwarz, D., 2014. Growth, yield, and metabolic responses of temperature-stressed tomato to grafting onto rootstocks differing in cold tolerance. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 139(2), 230–243.
- Oda, M., 1999. Grafting of vegetables to improve greenhouse production. *Food and Fertilizer Technology Center Extension Bulletin*, 480, 1–11.
- Oda, M., 1999. New grafting method for fruit-bearing vegetables in Japan. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 29, 187–194.
- Oda, M., 2002. Grafting of vegetable crops. *Scientific Report of the Graduate School of Agriculture and Biological Sciences, Osaka Prefecture University*, 54, 49–72.
- Orosco-Alcalá, B. E., Núñez-Palenius, H. G., Díaz-Serrano, F., Pérez-Moreno, L., Valencia-Posadas, M., Trejo-Téllez, L. I., ... ve Valiente-Banuet, J. I., 2021. Grafting improves salinity tolerance of bell pepper plants during greenhouse production. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 62(6), 831–844.
- Özden, E., Tohumcu, F., ve Sarı, S., 2025. Field-based assessment of soil salinity and alkalinity stress on growth and biochemical responses in eggplant (*Solanum melongena* L.). *Agronomy*, 15(8), 1945.
- Panagiotakis, G. D., 2013. *The biochemistry and physiology of different hybrid and grafted eggplants in response to NaCl salinity in soil and hydroponic systems* (Doctoral dissertation). Cranfield University. <https://dspace.lib.cranfield.ac.uk/items/d609e6aa-546d-447a-9744-140a97e615f9>
- Passam, H. C., Stylianoy, M., ve Kotsiras, A., 2005. Performance of eggplant grafted on tomato and eggplant rootstocks. *European Journal of Horticultural Science*, 70, 130–134.
- Penella, C., Nebauer, S. G., López-Galarza, S., San Bautista, A., Rodríguez-Burruezo, A., ve Calatayud, Á., 2014. Evaluation of some pepper genotypes as rootstocks in water stress conditions. *Horticultural Science*, 41(4), 192–200.
- Petretto, G. L., Urgeghe, P. P., Massa, D., ve Melito, S., 2019. Effect of salinity (NaCl) on plant growth, nutrient content, and glucosinolate hydrolysis products trends in rocket genotypes. *Plant Physiology and Biochemistry*, 141, 30–39.
- Pissaloux, A., Morard, P., ve Bertoni, G., 1995. Alkalinity–bicarbonate–calcium effects on iron chlorosis in white lupine in soilless culture. In *Iron Nutrition in Soils and Plants: Proceedings of the Seventh International Symposium on Iron Nutrition and Interactions in Plants, June 27–July 2, 1993, Zaragoza, Spain* (pp. 127–133). Springer Netherlands.
- Pogonyi, A., Pék, Z., Helyes, L., ve Lugasi, A., 2005. Effect of grafting on the tomato's yield, quality, and main fruit components in spring forcing. *Acta Alimentaria*, 34(4), 453–462.
- Proietti, S., Roupheal, Y., Colla, G., Cardarelli, M., De Agazio, M., Zacchini, M., ... ve Battistelli, A., 2008. Fruit quality of mini-watermelon as affected by grafting and irrigation regimes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(6), 1107–1114.
- Qadir, M., Tubeileh, A., Akhtar, J., Larbi, A., Minhas, P. S., ve Khan, M. A., 2007. Productivity enhancement of salt-affected environments through crop diversification. *Land Degradation & Development*, 19, 429–453.
- Qian, Y. Z., Chen, H. I., ve Cui, Y. L., 2013. Effects of grafting on yield and mineral elements of eggplant within seawater cultivation. *China Vegetables*, 2, 58–65.

- Qin, T., ve Liu, X., 2021. Effects of different tomato rootstocks on growth and physiological characteristics of eggplant grafted seedlings under heat shock treatment. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 50(1), 129.
- Rao, N. S., Shivashankara, K. S., ve Laxman, R. H. (Eds.), 2016. *Abiotic stress physiology of horticultural crops* (Vol. 311). Springer, New Delhi, India.
- Rasool, A., Mansoor, S., Bhat, K. M., Hassan, G. I., Baba, T. R., Alyemeni, M. N., ... ve Ahmad, P., 2020. Mechanisms underlying graft union formation and rootstock–scion interaction in horticultural plants. *Frontiers in Plant Science*, 11, 590847.
- Raziq, A., Wang, Y., Mohi Ud Din, A., Sun, J., Shu, S., ve Guo, S., 2022. A comprehensive evaluation of salt tolerance in tomato (Var. *Ailsa Craig*): Responses of physiological and transcriptional changes in RBOH's and ABA biosynthesis and signalling genes. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(3), 1603.
- Rengasamy, P., de Lacerda, C. F., ve Gheyi, H. R., 2022. Salinity, sodicity and alkalinity. In *Subsoil Constraints for Crop Production* (pp. 83–107). Cham: Springer International Publishing.
- Riga, P., 2015. Effect of rootstock on growth, fruit production and quality of tomato plants grown under low temperature and light conditions. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 56, 626–638. <https://doi.org/10.1007/s13580-015-0042-0>
- Rocchi, A., von Jackowski, A., Welti, A., Li, G., Kanji, Z. A., Povazhnyy, V., ... ve Dall'Osto, M., 2024. Glucose enhances salinity-driven sea spray aerosol production in eastern Arctic waters. *Environmental Science & Technology*, 58(20), 8748–8759.
- Rodriguez, P., Dell'Amico, J., Morales, D., Blanco, M. S., ve Alarcón, J. J., 1997. Effects of salinity on growth, shoot water relations and root hydraulic conductivity in tomato plants. *Journal of Agricultural Science*, 128, 439–444.
- Romano, D., Paratore, A., ve Vindigni, G., 2000. Caratteristiche dei frutti di pomodoro in rapporto a diversi portinnesti. In *Proceedings of the Workshop on Applicazione di Tecnologie Innovative per il Miglioramento dell'Orticoltura Meridionale* (pp. 113–114). Rome: Consiglio Nazionale delle Ricerche.
- Roosta, H. R., ve Bikdeloo, M., 2022. Nutritional responses of grafted cucumber on two types of Iranian local squash to alkalinity and salinity stresses. *Journal of Plant Nutrition*, 45(8), 1275–1282.
- Roosta, H. R., ve Karimi, H. R., 2012. Effects of alkali-stress on ungrafted and grafted cucumber plants: Using two types of local squash as rootstock. *Journal of Plant Nutrition*, 35(12), 1843–1852. <https://doi.org/10.1080/01904167.2012.706680>
- Ropokis, A., Ntatsi, G., Kittas, C., Katsoulas, N., ve Savvas, D., 2019. Effects of temperature and grafting on yield, nutrient uptake, and water use efficiency of a hydroponic sweet pepper crop. *Agronomy*, 9(2), 110.
- Rouphael, Y., Cardarelli, M., Rea, E., ve Colla, G., 2008. Grafting of cucumber as a means to minimize copper toxicity. *Environmental and Experimental Botany*, 63(1–3), 49–58.
- Rouphael, Y., Cardarelli, M., Schwarz, D., Franken, P., ve Colla, G., 2012. Effects of drought on nutrient uptake and assimilation in vegetable crops. In *Plant Responses to Drought Stress: From Morphological to Molecular Features* (pp. 171–195). Springer.

- Rouphael, Y., Kyriacou, M. C., ve Colla, G., 2018. Vegetable grafting: A toolbox for securing yield stability under multiple stress conditions. *Frontiers in Plant Science*, 8, 2255.
- Rouphael, Y., Schwarz, D., Krumbein, A., ve Colla, G., 2010. Impact of grafting on product quality of fruit vegetables. *Scientia Horticulturae*, 127(2), 172–179.
- Sabatino, L., Iapichino, G., Consentino, B. P., D'Anna, F., ve Rouphael, Y., 2020. Rootstock and arbuscular mycorrhiza combinatorial effects on eggplant crop performance and fruit quality under greenhouse conditions. *Agronomy*, 10, 693.
- Sabatino, L., Iapichino, G., Maggio, A., D'Anna, E., Bruno, M., ve D'Anna, F., 2016. Grafting affects yield and phenolic profile of *Solanum melongena* L. landraces. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(5), 1017–1024.
- Sabatino, L., Iapichino, G., Rotino, G., Palazzolo, E., Mennella, G., ve D'Anna, F., 2019. *Solanum aethiopicum* gr. *Gilo* and its interspecific hybrid with *S. melongena* as alternative rootstocks for eggplant: Effects on vigor, yield, and fruit physicochemical properties of cultivar. *Agronomy*, 9, 223.
- Sabljić, A. (Ed.), 2009. *Environmental and Ecological Chemistry – Volume II* (Vol. 6). EOLSS Publications.
- Sakata, Y., Ohara, T., ve Sugiyama, M., 2007. The history and present state of the grafting of cucurbitaceous vegetables in Japan. *Acta Horticulturae*, 731, 159–170.
- Sakata, Y., Ohara, T., ve Sugiyama, M., 2008. The history of melon and cucumber grafting in Japan. *Acta Horticulturae*, 767, 217–228.
- Salim, M., Rahman, M., Sarker, K., Ahmed, B., ve Quamruzzaman, A., t.y. Evaluation of different rootstocks for improving growth and yield of watermelon. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 48(2), 237.
- Sanwal, S. K., Mann, A., Kumar, A., Kesh, H., Kaur, G., Rai, A. K., ... ve Kumar, P., 2022. Salt-tolerant eggplant rootstocks modulate sodium partitioning in tomato scion and improve performance under saline conditions. *Agriculture*, 12(2), 183.
- Sarıbaşı, Ş., Balkaya, A., Kandemir, D., ve Arslan, H., 2023. Determination of salinity tolerance levels of some eggplant rootstock candidates. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 28(1), 71–91.
- Sarker, U., ve Oba, S., 2020. Phenolic profiles and antioxidant activities in selected drought-tolerant leafy vegetable amaranth. *Scientific Reports*, 10(1), 18287.
- Savvas, D., Leneti, H., Mantzos, N., Kakarantza, L., ve Barouchas, P., 2010. Effects of enhanced $\text{NH}_4^+\text{-N}$ supply and concomitant changes in the concentrations of other nutrients needed for ion balance on the growth, yield, and nutrient status of eggplants grown on rockwool. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 85(4), 355–361.
- Savvas, D., Ntatsi, G., ve Barouchas, P., 2013. Impact of grafting and rootstock genotype on cation uptake by cucumber (*Cucumis sativus* L.) exposed to Cd or Ni stress. *Scientia Horticulturae*, 149, 86–96.
- Savvas, D., Savva, A., Ntatsi, G., Ropokis, A., Karapanos, I., Krumbein, A., ve Olympios, C., 2011. Effects of three commercial rootstocks on mineral nutrition, fruit yield, and quality of salinized tomato. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 174(1), 154–162.
- Savvas, D., ve Lenz, F., 2000. Effects of NaCl or nutrient-induced salinity on growth, yield, and composition of eggplants grown in rockwool. *Scientia Horticulturae*, 84(1–2), 37–47.

- Schwarz, D., Öztekin, G. B., Tüzel, Y., Brückner, B., ve Krumbein, A., 2013. Rootstocks can enhance tomato growth and quality characteristics at low potassium supply. *Scientia Horticulturae*, 149, 70–79. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.06.013>
- Schwarz, D., Roupael, Y., Colla, G., ve Venema, J. H., 2010. Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses: thermal stress, water stress and organic pollutants. *Scientia Horticulturae*, 127, 162–171. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.09.016>
- Şekara, A., Cebula, S., ve Kunicki, E., 2007. Cultivated eggplants – origin, breeding objectives and genetic resources: a review. *Folia Horticulturae*, 19(1), 97–114.
- Sevgi, B., ve Leblebici, S., 2023. Tuz stresinin bitkiler üzerindeki etkileri ve geliştirilen tolerans mekanizmaları. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 11(3), 1498–1516.
- Shabala, S., 2003. Regulation of potassium transport in leaves: from molecular to tissue level. *Annals of Botany*, 92, 627–634. <https://doi.org/10.1093/aob/mcg191>
- Shang, X., Geng, L., Yang, J., Zhang, Y., ve Xu, W., 2021. Transcriptome analysis reveals the mechanism of alkalinity exposure on spleen oxidative stress, inflammation and immune function of *Luciobarbus capito*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 225, 112748.
- Sharma, A., Shahzad, B., Kumar, V., Kohli, S. K., Sidhu, G. P. S., Bali, A. S., Handa, N., Kapoor, D., Bhardwaj, R., ve Zheng, B., 2019. Phytohormones regulate accumulation of osmolytes under abiotic stress. *Biomolecules*, 9, 285.
- Shehata, S. A., Elfaidy, A. G., El-Sayed, S. S., ve Abdeldaym, E. A., 2022. Grafting improves growth and yield of *Cucumis sativus* plants grown under salinity stresses by modulating antioxidant enzymes, water status and nutrient uptake. *Journal of Applied Horticulture*, 24(3), 352–359.
- Shi, D., ve Sheng, Y., 2005. Effect of various salt–alkaline mixed stress conditions on sunflower seedlings and analysis of their stress factors. *Environmental and Experimental Botany*, 54(1), 8–21.
- Shi, S., Fan, Y., ve Huang, Y., 2013. Facile low-temperature hydrothermal synthesis of magnetic mesoporous carbon nanocomposite for adsorption removal of ciprofloxacin antibiotics. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 52(7), 2604–2612.
- Sigüenza, C., Schochow, M., Turini, T., ve Ploeg, A., 2005. Use of *Cucumis metuliferus* as a rootstock for melon to manage *Meloidogyne incognita*. *Journal of Nematology*, 37(3), 276.
- Silva, E. N. D., Ribeiro, R. V., Ferreira-Silva, S. L., Viégas, R. A., ve Silveira, J. A. G., 2011. Salt stress-induced damages on the photosynthesis of physic nut young plants. *Scientia Agricola*, 68, 62–68.
- Singh, A., 2022. Soil salinity: A global threat to sustainable development. *Soil Use and Management*, 38(1), 39–67.
- Singh, H., Kumar, P., Kumar, A., Kyriacou, M. C., Colla, G., ve Roupael, Y., 2020. Grafting tomato as a tool to improve salt tolerance. *Agronomy*, 10(2), 263.
- Soubeih, K. A., Hafez, M. R., ve Abd El Baset, A., 2018. Effect of grafting on cucumber (*Cucumis sativus* L.) productivity under saline conditions. *Middle East Journal of Applied Sciences*, 8(4), 1071–1079.
- Suárez-Hernández, Á. M., Vázquez-Angulo, J. C., Grimaldo-Juárez, O., Duran, C. C., González-Mendoza, D., Bazante-González, I., ve Mendoza-Gómez, A., 2019.

- Production and quality of grafted watermelon in saline soil. *Horticultura Brasileira*, 37(2), 215–220.
- Suchoff, D. H., Gunter, C. C., Schultheis, J. R., Kleinhenz, M. D., ve Louws, F. J., 2018. Rootstock effect on grafted tomato transplant shoot and root responses to drying soils. *HortScience*, 53(11), 1586–1592.
- Suzuki, N., ve Mittler, R., 2006. Reactive oxygen species and temperature stresses: A delicate balance between signaling and destruction. *Physiologia Plantarum*, 126(1), 45–51.
- Swarup, V., 1995, Mart. Genetic resources and breeding of aubergine (*Solanum melongena* L.). In *I International Symposium on Solanaceae Genetic Resources* (pp. xx–xx).
- Talhouni, M., Sönmez, K., Kiran, S., Beyaz, R., Yildiz, M., Kuşvuran, Ş., ve Ellialtıoğlu, Ş. Ş., 2019. Comparison of salinity effects on grafted and non-grafted eggplants in terms of ion accumulation, MDA content and antioxidative enzyme activities. *Advances in Horticultural Science*, 33(1), 87–96.
- Tezcan, A., Demir, H., Kaman, H., ve Can, M., 2025. Yield response of greenhouse-grown grafted eggplant to partial root drying and conventional deficit irrigation. *Journal of Agricultural Sciences*, 31(2), 516–531.
- Trandel, M. A., Johanningsmeier, S., Schultheis, J., Gunter, C., ve Perkins-Veazie, P., 2021. Cell wall polysaccharide composition of grafted ‘Liberty’ watermelon with reduced incidence of hollow heart defect. *Frontiers in Plant Science*, 12, 623723.
- Turan, S., Cornish, K., ve Kumar, S., 2012. Salinity tolerance in plants: breeding and genetic engineering. *Australian Journal of Crop Science*, 6(9), 1337–1348.
- Turhan, A., Ozmen, N., Serbeci, M. S., ve Seniz, V., 2011. Effects of grafting on different rootstocks on tomato fruit yield and quality. *Horticultural Science*, 38(4), 142–149.
- TÜİK, 2024. *Türkiye İstatistik Kurumu*. Erişim adresi: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr>
- Tüzel, Y., ve Özçelik, A., 2004. Recent trends and developments in protected cultivation of Turkey. *International Workshop on “La Produzione in Serra dopo l’era del bromuro di metile”*, 1–3 Nisan, Catania, İtalya, ss. 189–198.
- Ulas, F., Aydın, A., Ulas, A., ve Yetisir, H., 2021. The efficacy of grafting on alkali-stressed watermelon cultivars under hydroponic conditions. *Gesunde Pflanzen*, 73(3), 345–357.
- Ulas, F., Aydın, A., Ulas, A., ve Yetisir, H., 2019. Rootstock effects on alkali-stressed melon plants. *Indian Journal of Horticulture*, 76(1), 112–117.
- Ünlükara, A., Kurunc, A., Kesmez, G. D., Yurtseven, E., ve Suarez, D. L., 2010. Effects of salinity on eggplant (*Solanum melongena* L.) growth and evapotranspiration. *Irrigation and Drainage: The Journal of the International Commission on Irrigation and Drainage*, 59(2), 203–214.
- Valdez-Aguilar, L. A., ve Reed, D. W., 2008. Influence of potassium substitution by rubidium and sodium on growth, ion accumulation, and ion partitioning in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under high alkalinity. *Journal of Plant Nutrition*, 31, 867–883.
- Voutsela, S., Yarsi, G., Petropoulos, S. A., ve Khan, E. M., 2012. The effect of grafting of five different rootstocks on plant growth and yield of tomato plants cultivated

- outdoors and indoors under salinity stress. *African Journal of Agricultural Research*, 7(41), 5553–5557.
- Vuruşkan, M. A., 1989. Farklı aşı yöntemlerinin patlıcan/domates aşı kombinasyonunda aşıda başarı ve verim üzerine etkileri. *Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Wahid, A., Gelani, S., Ashraf, M., ve Foolad, M., 2007. Heat tolerance in plants: An overview. *Environmental and Experimental Botany*, 61, 199–223.
- Wang, H., Takano, T., ve Liu, S., 2018. Screening and evaluation of saline–alkaline tolerant germplasm of rice (*Oryza sativa* L.) in soda saline–alkali soil. *Agronomy*, 8(10), 205.
- Wang, J. X., Gao, T. G., ve Knapp, S., 2008. Ancient Chinese literature reveals pathways of eggplant domestication. *Annals of Botany*, 102(6), 891–897. <https://doi.org/10.1093/aob/mcn179>
- Wang, J., Jiang, L., ve Wu, R., 2017. Plant grafting: How genetic exchange promotes vascular reconnection. *New Phytologist*, 214, 56–65. <https://doi.org/10.1111/nph.14383>
- Wang, W., Vinocur, B., ve Altman, A., 2003. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: Towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*, 218, 1–14.
- Wang, X., Ding, J., Wang, J., Han, L., Tan, J., ve Ge, X., 2024. Ameliorating saline–sodic soils: A global meta-analysis of field studies on the influence of exogenous amendments on crop yield. *Land Degradation & Development*, 35, 3330–3343.
- Wang, Y., Gao, M., Chen, H., Chen, Y., Wang, L., ve Wang, R., 2023. Organic amendments promote saline–alkali soil desalinization and enhance maize growth. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1177209.
- Warschefsky, E. J., Klein, L. L., Frank, M. H., Chitwood, D. H., ve Miller, A. J., 2016. Rootstocks: Diversity, domestication, and impacts on shoot phenotypes. *Trends in Plant Science*, 21, 418–437. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2015.11.008>
- Weese, T. L., ve Bohs, L., 2010. Eggplant origins: Out of Africa, into the Orient. *Taxon*, 59, 49–56.
- Wei, G. P., Yang, L. F., Zhu, Y. L., ve Chen, G., 2009. Changes in oxidative damage, antioxidant enzyme activities and polyamine contents in leaves of grafted and non-grafted eggplant seedlings under stress by excess of calcium nitrate. *Scientia Horticulturae*, 120(4), 443–451.
- Wei, G. P., Zhu, Y. L., Liu, Z. L., Yang, L. F., ve Zhang, G. W., 2007. Growth and ion distribution in grafted eggplant seedlings under NaCl stress. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 27(6), 1172–1178.
- Wu, H., Lin, B., Li, C., Liu, X., Zhang, Z., ve Zhong, L., 2020. Evaluation of salt tolerance of different eggplant varieties at seedling stage. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 49(10), 92.
- Wu, H., Liu, X., You, L., Zhang, L., Zhou, D., Feng, J., ... ve Yu, J., 2012. Effects of salinity on metabolic profiles, gene expressions, and antioxidant enzymes in halophyte *Suaeda salsa*. *Journal of Plant Growth Regulation*, 31(3), 332–341.
- Yadav, S. P., Bharadwaj, R., Nayak, H., Mahto, R., Singh, R. K., ve Prasad, S. K., 2019. Impact of salt stress on growth, productivity and physicochemical properties of plants: A review. *International Journal of Chemical Studies*, 7, 1793–1798.

- Yamaguchi, H., Fukuoka, H., Arao, T., Ohyama, A., Nunome, T., Miyatake, K., ve Negoro, S., 2010. Gene expression analysis in cadmium-stressed roots of a low cadmium-accumulating solanaceous plant, *Solanum torvum*. *Journal of Experimental Botany*, 61(2), 423–437.
- Yamakawa, B., 1983. Grafting. In Nishi (Ed.), *Vegetable Handbook* (pp. 141–153). Yokendo Book Company, Tokyo, Japan. (in Japanese).
- Yamasaki, A., Yamashita, M., ve Furuya, S., 1994. Mineral concentrations and cytokinin activity in the xylem exudate of grafted watermelons as affected by rootstocks and crop load. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 62, 817–826. <https://doi.org/10.2503/jjshs.62.817>
- Yang, C. W., Chong, J. N., Kim, C. M., Li, C. Y., Shi, D. C., ve Wang, D. L., 2007. Osmotic adjustment and ion balance traits of an alkali-resistant halophyte *Kochia sieversiana* during adaptation to salt and alkali conditions. *Plant and Soil*, 294, 263–276.
- Yang, L., Xia, L., Zeng, Y., Han, Q., ve Zhang, S., 2022. Grafting enhances plants' drought resistance: Current understanding, mechanisms, and future perspectives. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1015317.
- Yarı, G., 2003. Sera kavun yetiştiriciliğinde aşılı fide kullanımının verim, meyve kalitesi ve bitki besin maddeleri alımı üzerine etkilerinin araştırılması. *Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 149 s.
- Yaşar, F., Ellialtıoğlu, Ş., ve Kuşvuran, Ş., 2006. Ion and lipid peroxide content in sensitive and tolerant eggplant callus cultured under salt stress. *European Journal of Horticultural Science*, 71, 169–172.
- Yaşar, F., ve Ellialtıoğlu, Ş., 2013. Antioxidative responses of some eggplant genotypes to salinity stress. *YYÜ Journal of Agricultural Sciences*, 23(3), 215–221.
- Yetişir, H., 2001. Karpuzda aşılı fide kullanımının bitki büyümesi, verim ve meyve kalitesi üzerine etkileri ile aşı yerinin histolojik açıdan incelenmesi. *Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 179 s.
- Yetişir, H., ve Öztekin, G. B., 2022. *Sebzelelerde aşılama* (ss. 170–224). Gece Kitaplığı Yayınları, Ankara.
- Yetişir, H., ve Sarı, N., 2003. Effect of different rootstocks on plant growth, yield and quality of watermelon. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 43(10), 1269–1274.
- Yetişir, H., ve Uygur, V., 2010. Responses of grafted watermelon onto different gourd species to salinity stress. *Journal of Plant Nutrition*, 33(3), 315–327.
- Yin, Y., Zhou, B., ve Li, Y., 2009. Effects of grafting on rhizosphere microorganisms of eggplants. *Allelopathy Journal*, 23(1), 1–6.
- Yu, Z., Duan, X., Luo, L., Dai, S., Ding, Z., ve Xia, G., 2020. How plant hormones mediate salt stress responses. *Trends in Plant Science*, 25, 1117–1130.
- Yücel, H. Ş., Balkaya, A., Kandemir, D., ve Arslan, H., 2023. Bazı patlıcan anaç adaylarının tuzluluğa tolerans düzeylerinin belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 28(1), 71–91.
- Zahra, N., Al Hinai, M. S., Hafeez, M. B., Rehman, A., Wahid, A., Siddique, K. H., ve Farooq, M., 2022. Regulation of photosynthesis under salt stress and associated tolerance mechanisms. *Plant Physiology and Biochemistry*, 178, 55–69.
- Zaukuu, J. L. Z., Kovács, Z., ve Kappel, N., 2020. Food quality attributes of melon (*Cucumis melo* L.) influenced by grafting. *Progress in Agricultural Engineering Sciences*, 16, 1–14. <https://doi.org/10.1556/446.2020.10006>

- Zavaleta, E. S., Thomas, B. D., Chiariello, N. R., Asner, G. P., Shaw, M. R., ve Field, C. B., 2003. Plants reverse warming effect on ecosystem water balance. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(17), 9892–9893.
- Zhang, J. L., ve Shi, H., 2013. Physiological and molecular mechanisms of plant salt tolerance. *Photosynthesis Research*, 115, 1–22.
- Zhang, Z., Liu, Y., Cao, B., Chen, Z., ve Xu, K., 2020. The effectiveness of grafting to improve drought tolerance in tomato. *Plant Growth Regulation*, 91, 157–167.
- Zhou, B., Lv, N., Wang, Z., ve Ye, X., 2010. Effect of grafting on eggplant growth and resistance physiology under NaCl. *China Vegetables*, 20, 42–46.
- Zhou, X., Wu, Y., Chen, S., Chen, Y., Zhang, W., Sun, X., ve Zhao, Y., 2014. Using *Cucurbita* rootstocks to reduce *Fusarium* wilt incidence and increase fruit yield and carotenoid content in oriental melons. *HortScience*, 49(11), 1365–1369.
- Zhu, J. K., 2001. Plant salt tolerance. *Trends in Plant Science*, 6(2), 66–71.
- Zhu, J., Bie, Z. L., Huang, Y., ve Han, X. Y., 2008. Effect of grafting on the growth and ion contents of cucumber seedlings under NaCl stress. *Soil Science and Plant Nutrition*, 54, 895–902.
- Zhu, M., Li, Q., Zhang, Y., Zhang, M., ve Li, Z., 2022. Glycine betaine increases salt tolerance in maize (*Zea mays* L.) by regulating Na⁺ homeostasis. *Frontiers in Plant Science*, 13, 978304.
- Zhukovsky, Z., ve Zukovskij, P. M., 1958. *Cultivated flora of the USSR. XX. Vegetable plants fam. Solanaceae: Tomato, common eggplant, black nightshade, pepino, pepper, husk-tomato, mandrake*. Moskova: Akademiya Nauk SSSR Yayınları, 531 s.
- Zörb, C., Geilfus, C. M., ve Dietz, K. J., 2019. Salinity and crop yield. *Plant Biology*, 21, 31–38.
- Zribi, K., ve Gharsalli, M., 2002. Effect of bicarbonate on growth and iron nutrition of pea. *Journal of Plant Nutrition*, 25(10), 2143–2149.
- Zuo, Z., Ye, F., Wang, Z., Li, S., Li, H., Guo, J., ... ve Li, X., 2021. Salt acclimation induced salt tolerance in wild-type and chlorophyll b-deficient mutant wheat. *Plant, Soil and Environment*, 67(1), 26–32.