

Farklı Anaçlar Üzerine Aşılı “Ankara” ve “Deveci” Armutlarının NaCl Stresi Altında Yapraklarındaki Mineral Madde Değişimi

Melih AYDINLI¹ , **Fatma YILDIRIM²** , **Mesut ALTINDAL¹** , **Abdullah ARIN¹** 

¹ Tarım ve Orman Bakanlığı, Meyvecilik Araştırma Enstitüsü, Isparta, TÜRKİYE

² Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Isparta, TÜRKİYE

Öz: Toprakta veya sulama suyundaki tuzlulaşma neticesinde ortaya çıkan tuz stresi, küresel ölçekte en önemli abiyotik stres faktörü konumundadır ve iklim değişikliğine bağlı olarak önemi gün geçtikçe artmaktadır. Tuz stresinin bitkiler üzerindeki en önemli olumsuz etkilerinden biri besin dengesini bozarak hayati süreçleri etkilemesidir. Bu çalışmada NaCl stresine maruz kalan BA 29, Fox 11, OH×F 97 ve OH×F 333 anaçları üzerine aşılı ‘Ankara’ ve ‘Deveci’ armut çeşitlerinin yapraklarındaki bazı makro ve mikro besin element değişimi incelenmiştir. Buna göre makro elementlerden N, P ve Mg ile çalışmada incelenen tüm mikro elementlerin yıllara göre kısmen değişim gösterse de NaCl stresinden olumsuz etkilendiği belirlenmiştir. İlâveten özellikle ağır strese (80 mM) maruz kalan bitkilerin daha çok etkilendiği saptanmıştır. P ve Cu haricindeki tüm elementler anaçlara göre önemli değişkenlik göstermiştir. Yapraklardaki en düşük N, K ve Fe içeriği BA 29 anacı, Ca ve B içeriği Fox 11 anacı, Mg içeriği ise OH×F 333 anacı üzerine aşılı çeşitlerde tespit edilmiştir. OH×F 97 anacı üzerine aşılı çeşitlerin yapraklarında ise önemli veya göreceli olarak daha yüksek miktarlarda besin maddesi belirlenmiştir. Çeşitlerde ise yıllara göre değişken sonuçlar ortaya çıkmış ancak tuz stresine toleransta oldukça önemli olan Ca miktarı her iki yılda da ‘Deveci’ çeşidinin yapraklarında daha yüksek miktarda bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara bakılarak genel bir değerlendirme yapıldığında, NaCl stresine tolerans seviyesi daha yüksek olan OH×F 97 anacı üzerine aşılı çeşitlerin ve anaç gözetilmeksizin ‘Deveci’ çeşidinin yapraklarında daha yüksek miktarlarda besin maddesi bulunduğu ve bu durumun tolerans düzeylerine katkı sağladığı söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Tuz stresi, armut, besin elementi, tolerans

Mineral Composition Changes in Leaves of ‘Ankara’ and ‘Deveci’ Pears Grafted onto Different Rootstocks Under NaCl Stress

Abstract: The salt stress resulting from salinization in the soil or irrigation water is one of the most significant abiotic stress factors on a global scale and its importance is increasing day by day due to climate change. One of the most critical negative effects of salt stress on plants is the disruption of nutrient balance, which affects vital processes. In this study, the changes in some macro and micro nutrient elements in the leaves of ‘Ankara’ and ‘Deveci’ pear varieties grafted onto BA 29, Fox 11, OH×F 97, and OH×F 333 rootstocks, which were exposed to NaCl stress, were examined. Accordingly, it was determined that, although there were some changes in the macro elements such as N, P, and Mg and all the micro elements studied over the years, NaCl stress had a negative effect on all of them. Additionally, it was found that plants subjected to heavy stress (80 mM) were more affected. All elements, except for P and Cu, showed significant variability according to the rootstocks. The lowest N, K, and Fe content in the leaves was observed in the BA 29 rootstock, the lowest Ca and B content in the Fox rootstock, and the lowest Mg content in the OH×F 333 rootstock grafted varieties. On the other hand, varieties grafted onto the OH×F 97 rootstock showed higher levels of nutrients, both significantly and relatively, in their leaves. In terms of the varieties, the results showed variability over the years, but the Ca content, which is highly important for tolerance to salt stress, was found to be higher in the leaves of the ‘Deveci’ variety in both years. Based on the results obtained, a general evaluation suggests that varieties grafted onto the OH×F 97 rootstock, which have a higher tolerance level to NaCl stress, and the ‘Deveci’ variety, regardless of rootstock, had higher levels of nutrients in their leaves, contributing to their tolerance levels.

Keywords: Salinity stress, pear, nutrient element, tolerance

GİRİŞ

Tuz stresi bitkilerin büyüme, gelişme ve verimliliğini sınırlandıran en önemli abiyotik faktörlerden biridir. Özellikle kurak-yarı kurak alanlarda şiddeti daha çok hissedilen tuz stresinin, yakın gelecekte tarımdaki en önemli kısıtlamalardan biri olacağı tahmin edilmektedir (Ahmad ve Anjum, 2023).

Tuz stresi bitkilerin morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal fonksiyonlarını olumsuz etkilemektedir (AbuQamar ve ark., 2024). Tuz stresi birincil stresir ve osmotik, iyonik (spesifik iyon) ve oksidatif stres gibi birbiri ile bağlantılı olan ikincil

stresler üretmektedir (Ghorbani ve ark., 2023). Bu durumun sonucunda ise bitkiler için hayati öneme sahip solunum, fotosentez ve azot (N) fiksasyonu gibi önemli fizyolojik süreçler olumsuz etkilenmektedir.

***Sorumlu Yazar:** melih.aydinli@tarimorman.gov.tr

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 1160721 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Geliş Tarihi: 07 Mayıs 2025

Kabul Tarihi: 01 Aralık 2025

Bitkilerin optimum gelişme gösterebilmesi için ihtiyaç duyduğu makro ve mikro besin elementlerine sahip olması gerekir (Barea, 2015).

Mineral maddeler; protein sentezi, solunum, fotosentez, stoma hareketleri, klorofil pigmentlerinin oluşumu gibi çeşitli fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerde önemli rol oynamaktadır (Lombardi ve ark., 2003; Barker ve Bryson, 2007; Yıldırım ve ark., 2009; Shahzad ve ark., 2021). Bitkilerin ihtiyacı olan mineral maddeler başlıca kökler tarafından temin edilir. Ancak tuz stresinden etkilenen ilk organın kökler olması (Fu ve ark., 2019) ve stresin kök morfolojisi ve anatomisini etkilemesi (Rivero ve ark., 2014; Robin ve ark., 2016) mineral maddelerin alımında bir takım aksaklıklara yol açmakta, sonucunda ise hayati süreçler sekteye uğramaktadır.

Tuz stresi, sodyum (Na⁺) iyonlarının emilimini artırdığı gibi eş zamanlı olarak potasyum (K), magnezyum (Mg) ve kalsiyum (Ca) iyonlarının alımını azaltması sonucu besin dengesini bozabilir (Abdelrady ve ark., 2024). Nitekim yapılan çalışmalar tuz stresinin bitki dokularındaki besin maddesi miktarını değiştirdiği göstermektedir (Vennam ve ark., 2024). İlaveten tuz stresine maruz kalan bitkilerde besin maddesi değişimin sadece makro elementler ile sınırlı olmadığı mikro elementlerin de alımının sınırlandığı bilinmektedir (Aydın ve ark., 2022; Aydın, 2024). Bitkilerin optimum büyüme ve gelişmesine büyük katkı sağlayan nitrojenin (klor (Cl) ile rekabete girmesi ile) tuz stresi sonucunda alımının azaldığı ve ayrıca bu süreçte nitrat redüktaz aktivitesinde de azalış olduğu saptanmıştır (Ashraf ve ark., 2018; Ahmad ve Anjum, 2023). Gelişmiş bitkilerde başlıca kök gelişimi ve çiçeklenmeyi teşvik eden fosfor (P), tuz stresinden etkilenen diğer bir besin elementidir. Tuz stresi tarafından P hareketliliği etkilendiği dolayısı ile kökler tarafından alımının sınırlandığı rapor edilmiştir (Grattan ve Grieve, 1992; Xie ve ark., 2017). Na ile fizikokimyasal yapısı birbirine benzediğinden dolayı tuzlu koşullar altında alımı sınırlanan K, bitkilerde özellikle Na tarafından kaynaklanan olumsuz etkileri hafifletmede hayati rol oynamaktadır (Ahmad ve Anjum, 2023). Ayrıca tuzlu koşullar altında, K ve Na iyonları arasındaki dengenin optimum olması, bitkilerin toleransı için oldukça önemlidir (Van Zelm ve ark., 2020).

Önemli bir ılıman iklim meyve türü olan armut (*Pyrus spp.*) yaklaşık otuz kadar türü barındırmaktadır (Bell ve ark., 1996). Bu türler içerisinde ise *Pyrus communis* L. (Avrupa armudu) Avrupa, Kuzey ve Güney Amerika, Güney Afrika ve Avustralya'da ticari olarak yetiştirilen başlıca armut türüdür (Aydın ve Yıldırım, 2023). Türkiye, Avrupa armutlarının üretiminde önde gelen merkezlerden biridir ve yetiştiricilikte yaygın olan çeşitler 'Ankara', 'Deveci', 'Kieffer' ve 'Santa Maria'dır. Yetiştiricilikte sıklıkla kullanılan anaçlar ise geleneksel bahçelerde tohum anaçları, modern meyveciliğe

uygun sistemlerin yer aldığı bahçelerde ise OH×F ile Fox serileri gibi armut ve Quince A, Quince C ve BA 29 gibi ayva klon anaçlarıdır. Avrupa armutları da aynı sınıfta bulunduğu diğer ılıman iklim meyve türleri gibi tuz stresine karşı hassastır. Nispeten uzun süre tuzluluğa maruz kaldığında yapraklarında zararlanma ve yaralanmalar görülmektedir (Okubo ve ark., 2000). Ortaya çıkan bu olumsuz etkilerin başlıca sebebi ise yapraklarında Na ve Cl iyonlarının aşırı miktarda birikmesidir (Myers ve West, 1989). Armut ve ayva anaçlarının ise Na ve Cl iyonlarını alma yetenekleri çok farklıdır (Musacchi ve ark., 2006). Çünkü tuz stresi altında kök morfolojisinde meydana gelen değişimler ve köklerin tuz iyonlarını dışlama veya alımını sınırlandırma yeteneği türlere/genotiplere göre farklılık göstermektedir (Santa-Cruz ve ark., 2002; Munir ve ark., 2022).

Yapılan bu çalışmada, Türkiye Avrupa armudu yetiştiriciliğinde yaygın olarak kullanılan çeşit × anaç kombinasyonlarının NaCl stresi altında yapraklarındaki mineral madde değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Bitkisel materyal

Araştırma Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne (MAREM) ait soğutma kontrolü bulunan sera içerisinde birbirini takip eden iki vejetasyon döneminde (2017 ve 2018 yılları) tekrarlamalı olarak yapılmıştır. Araştırmada doku kültürü ile çoğaltılan OH×F 97, OH×F 333 ve Fox 11 armut anaçlarına ve hendek daldırma yöntemi ile elde edilen BA 29 ayva anacına ilave olarak 'Ankara' ve 'Deveci' armut çeşitleri kullanılmıştır. Araştırmanın yapıldığı bir önceki yılın Ağustos ayında bahsedilen anaçlar üzerine t-göz aşısı tekniği kullanılarak çeşitlerin aşılama işlemi yapılmıştır. Araştırmada yer alan çeşit × anaç kombinasyonları Çizelge 1'de verilmiştir. Kış dinleme periyodunda uyur gözlü olarak bulunan bitkisel materyaller sökülümüş, her birinde aynı miktarda yetiştirme ortamı (bahçe toprağı:kum:torf (2:1:1)) bulunan 18 lt hacimli saksılara dikilmiştir. Deneme tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre üç tekerrürlü ve tekerrürde 5 bitki olacak şekilde kurulmuştur.

NaCl stresinin uygulanması

Araştırmada dört farklı konsantrasyonda NaCl içeren uygulamalar yer almıştır. Bu uygulamalar: T1: kontrol (~ 3 mM); T2: hafif stres (20 mM NaCl); T3: orta stres (40 mM NaCl) ve T4: ağır stres (80 mM NaCl) şeklindedir. Uygulamalara her iki yılda da Temmuz ayının ikinci haftasında başlanmıştır. Sulamalar belirlenen saksı tarla kapasitesine göre yapılmıştır. Araştırmada sulama aralığı 4-5 gün olarak belirlenmiştir. Uygulamalara her iki yılda da yaklaşık 60 gün devam edilmiş ve çalışma yapraklarda ortaya çıkan NaCl zararı sonucu sonlandırılmıştır.

Yapraklardaki mineral madde analizlerin yapılması

Deneme sonunda her bitkinin orta kısmından, gelişmesini yeni tamamlamış yapraklar alınarak etiketlenmiş, laboratuvara getirilmiştir. Mineral madde analizleri öncesinde yaprak örnekleri sırasıyla çeşme suyunda, 0.1 N HCl'de ve son olarak saf suda yıkanarak 65°C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuşlar, daha sonra ise 0.5 mm elek çapına sahip değirmende öğütülmüşlerdir (Kaçar ve İnal, 2008). N analizi için Kjeldahl (Gerhardt Vapodest 40) yaş yakma metodu kullanılmıştır. P, K, Ca, Mg, demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn) ve bor (B) analizlerinde ise kurutulmuş yaprak örnekleri yaş yakma metodu ile HCl/HNO₃ (3:1) kullanılarak yakılmış ve analizlere hazırlanan örneklerin okumaları ICP-OES (Spekro Arcos Blue2) cihazında yapılmıştır (Kaçar ve İnal, 2008).

İstatistik analizi

Elde edilen bulgular, JMP 16 yazılım programında, varyans analiz yöntemi ile F testine göre kontrol edildikten sonra, uygulamalar arasındaki farklılıklar, LSD Çoklu Karşılaştırma Testi'ne göre belirlenmiştir.

Çizelge 1. Araştırmada yer alan çeşit×anaç kombinasyonları ve kısaltmaları

Çeşit	Anaç	Çeşit-anaç kombinasyonlarının kısaltılması
Ankara	OH × F 97	A × 97
	OH × F 333	A × 333
	Fox 11	A × 11
	BA 29	A × 29
	OH × F 97	D × 97
Deveci	OH × F 333	D × 333
	Fox 11	D × 11
	BA 29	D × 29

BULGULAR VE TARTIŞMA

NaCl stresinin yapraklardaki N miktarına etkisi

Yapılan çalışmada armut yapraklarındaki N miktarı NaCl stresi ve anaç faktöründen önemli derecede etkilenmiştir (Çizelge 2). Stres seviyesi arttıkça armut yapraklarındaki N miktarı oldukça önemli şekilde azalmıştır. Her iki yılda da yapraklardaki en yüksek N miktarı kontrol (sırasıyla; %2.55 - %2.69) uygulamasında, en düşük N miktarı ise ağır strese (sırasıyla; %2.22 - %2.42) maruz kalan bitkilerde görülmüştür. Çalışmada kullanılan anaçlar değerlendirildiğinde armut yapraklarındaki en düşük N miktarı her iki yıl için BA 29 (sırasıyla; %2.35 - %2.45) anaçı üzerine aşıli bitkilerde belirlenmiştir. Çeşitlerde ise Ankara çeşidi göreceli veya önemli düzeyde daha yüksek N içeriğine sahip olmuştur. Kombinasyonlar bakımından genelde ağır stres uygulamalarının yapraklardaki N miktarını azalttığı söylenebilir (Şekil 1). Nitekim ilk yıl uygulamalarında D×97 (%2.33), D×333 (%2.29) ve D×11 (%2.29) kombinasyonlarında ağır stres ile N miktarı önemli derecede

azalmıştır (Şekil 1a). Uygulamalarının ikinci yılında ise A×333 (%2.58) ve D×11 (%2.37) kombinasyonlarında benzer azalışlar görülmüştür (Şekil 1b). Topraktaki yüksek konsantrasyondaki Cl birikimi N noksanlığına sebep olmaktadır (Wu ve Li, 2019). Bu durum aynı değeriğe sahip olan bu iyonların rekabete girmesi ile meydana gelmektedir. Nitekim farklı türlerde yapılan çalışmalar tuz stresi ile bitkisel dokulardaki N miktarının azaldığını göstermektedir (Sogoni ve ark., 2021; Othman ve ark., 2023). Ayrıca kullanılan anaç bağlı olarak yapraklardaki N miktarının değiştiğini, tuz stresine toleranslı anaçlarda N miktarının daha yüksek olduğunu gösteren çalışmalar yer almaktadır (Aydın, 2024). Yapmış olduğumuz çalışmada armut yapraklarındaki N miktarı NaCl stresinden olumsuz etkilenmiş ve elde ettiğimiz sonuçlar bu yönü ile literatüre uygun bulunmuştur.

NaCl stresinin yapraklardaki P miktarına etkisi

Armut yapraklarının P içeriği her iki yılda NaCl stresinden, ilk yılda ise anaç faktöründen önemli derecede etkilenmiştir (Çizelge 2). Anaçlar bakımından değerlendirme yapıldığında uygulamaların ilk yılında OH×F anaçlarının P içeriği diğer anaçlara kıyasla oldukça yüksek bulunmuştur. Kombinasyonların P miktarı uygulamaların ilk yılında özellikle ağır stres altında önemli derecede azalmıştır (Şekil 2a). A×97 kombinasyonunda orta (%0.15) ve ağır stres (%0.13), A×333 kombinasyonunda hafif (%0.19), orta (%0.16) ve ağır stres (%0.14), A×11 kombinasyonunda hafif (%0.13) ve ağır stres (%0.12), A×29 kombinasyonunda ise ağır stres (%0.11) uygulamalarında P miktarı kontrol grubuna göre önemli miktarda azalmıştır. D×97 ve D×29 kombinasyonlarında ağır stres (sırasıyla; %0.13 - %0.12), D×333 ve D×11 kombinasyonlarında ise orta (sırasıyla; %0.15 - %0.13) ve ağır stres (sırasıyla; %0.13 - %0.12) uygulamalarında benzer sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmanın ikinci yılında ise NaCl stresi ile armut yapraklarındaki P miktarı arasındaki farklılık sadece D×97 kombinasyonunda belirlenmiş, orta (%0.21) ve ağır stres (%0.21) altında P miktarı diğer uygulamalara kıyasla önemli derecede azalmıştır (Şekil 2b). Sotiropoulos ve ark. (2007) ayva genotiplerinde, tuzun bitki dokularındaki P miktarında azalışa neden olduğunu bulmuşlardır. Benzer olarak tuz stresine maruz kalan narda P içeriğinin azaldığı belirlenmiştir (Khalil ve ark., 2022). Ayrıca tuz stresine toleranslı bitkilerin daha yüksek konsantrasyonlarda P içerdiği bilinmektedir (Aydın, 2024). Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular literatüre paralellik göstermiş, yapraklardaki P içeriği tuz stresinden olumsuz şekilde etkilenmiş ve toleranslı anaçlar üzerine aşıli çeşitlerde miktarın daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır.

NaCl stresinin yapraklardaki K miktarına etkisi

Çalışmanın ilk yılında armut yapraklarındaki K miktarı anaç, çeşit ve NaCl faktöründen oldukça önemli derecede etkilenmiş, ikinci yılda ise K miktarı üzerine sadece anaç faktörü etkili olmuştur (Çizelge 2). İlk yılda hafif (%2.06) ve orta stres (%2.03) ile armut yapraklarındaki K miktarı artmış,

ağır stres (%1.89) sonucunda ise bir değişim olmamıştır. Her iki yılda da armut anaçları ile BA 29 anacı arasında yapraklardaki K miktarı bakımından önemli farklar elde edilmiş, BA 29 (sırasıyla; %1.71 - %1.59) anacının daha az K içerdiği saptanmıştır. Çeşitler arasında ise farklılık ilk yıl sonucunda belirlenmiş, Deveci (%2.02) çeşidi yapraklarında daha fazla miktarda K biriktirmiştir. Kombinasyonların yapraklarındaki K miktarında yıllara göre değişken sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 3). İlk yıl uygulamaları neticesinde A×11 kombinasyonunda ağır stres (%1.83) sonucunda K miktarı önemli derecede azalmış, A×29 kombinasyonunda ise hafif ve orta stres seviyeleri ile K miktarı artmıştır (Şekil 3a). Çalışmanın ikinci yılında ise NaCl stresi ile kombinasyonların yapraklarındaki K miktarı değişmemiştir (Şekil 3b). Bitkiler için esansiyel elementlerden biri olan K, bitki gelişmesinde özellikle de meyve büyümesinde önemli rol oynamaktadır (Kaçar, 1984). Na ve K'nın fizikokimyasal yapısı birbirine benzediğinden Na'nın tuz stresi altında yüksek konsantrasyonlarda taşınması K noksanlığına neden olmaktadır (Maathuis ve Amtmann, 1999). Nitekim antepfistiğinde tuz stresi sonucunda yapraklardaki K miktarının azaldığı tespit edilmiştir (Karimi ve Nasrolahpour-Moghadam, 2016). Fu ve ark. (2019) asmada tuz stresine toleranslı olan anaçların yapraklarında K miktarının önemli miktarda arttığını, tuza toleranslı anaçlarda var olan yapraklara K taşıma kabiliyeti ile yapraklardaki tuz zararının azaldığını ifade etmişlerdir. Armutta yapılan bir çalışmada ise tuzluluğun K miktarına etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Musacchi ve ark., 2006). Bahsedilen araştırma sonuçlarından hareketle çalışmamızda yıllara göre farklı sonuçlar ortaya çıkmasına rağmen bulguların literatür ile kısmen benzer olduğu anlaşılmaktadır. Önceki çalışmalarda NaCl stresine duyarlı olarak tanımladığımız BA 29 anacı (Aydın ve ark., 2024b) üzerine aşılı çeşitlerde daha az miktarda K tespit edilmiştir. İlaveten her ne kadar yıllar arasında farklılıklar olsa da NaCl stresine daha toleranslı olduğunu bildiğimiz Deveci çeşidinin (Aydın ve ark., 2024a) yapraklarında daha yüksek konsantrasyonlarda K bulunduğu ortaya çıkmıştır. Elde ettiğimiz bulgular turuncgil (Othman ve ark., 2023) ve arpada (Abdelrady ve ark., 2024) yapılan çalışmalar ile benzerlik taşımaktadır.

NaCl stresinin yapraklardaki Ca miktarına etkisi

Çalışmada armut yapraklarının Ca miktarına her iki yılda anaç ve çeşit, ilk yılda ise NaCl faktörü etkili bulunmuştur (Çizelge 2). Buna göre NaCl stresi altında, armut yapraklarındaki Ca miktarı kontrol grubuna kıyasla artmıştır. Her iki yılda da en düşük Ca miktarı Fox 11 (sırasıyla; %2.09 - %2.07) anacı üzerine aşılı bitkilerde belirlenmiştir. Çeşitler karşılaştırıldığında ise her iki yılda da Deveci (sırasıyla; %2.40 - % 2.52) çeşidinin daha yüksek Ca içerdiği saptanmıştır. Kombinasyonlar arasında inceleme yapıldığında ise

çalışmanın ilk yılında D×97 ve A×11 kombinasyonlarında NaCl stresi ile yapraklardaki Ca miktarının arttığı belirlenmiştir (Şekil 4a). Ca'nın bitki büyümesi üzerine tuz stresinin olumsuz etkilerini hafiflettiği belirtilmiştir (Sarwat ve ark., 2013). Ayrıca Navarro ve ark. (2002) yapraklardaki Ca birikiminin tuz toleransına karşı geliştirilmiş bir faktör olduğunu öne sürmüştür. Musacchi ve ark., (2006) ise tuz stresinin armut yapraklarındaki Ca miktarına etkisi olmadığını belirtmiştir. Çalışmamızın sonuçları incelendiğinde yıllara göre farklılıklar olsa da yapraklardaki Ca miktarının NaCl stresi ile önemli veya göreceli artış gösterdiği ortaya çıkmıştır. Çalışmamızın sonuçlarına benzer olarak mısır bitkisinde artan tuz stresi ile birlikte yapraklardaki Ca miktarının arttığı belirlenmiştir (Vennam ve ark., 2024). Çalışmamızda öne çıkan diğer bir çarpıcı sonuç ise NaCl stresine daha duyarlı olarak tanımladığımız Fox 11 anacının (Aydın ve ark., 2024b) ve Ankara çeşidinin (Aydın ve ark., 2024a) yapraklarında daha az Ca miktarının belirlenmesidir. Turuncgil (Othman ve ark., 2023) ve arpa (Abdelrady ve ark., 2024) gibi farklı bitki türlerinde yapılan çalışmalar tuz stresine duyarlı olan varyete/çeşit/türlerin kök ve yaprak gibi organlarında daha az miktarda Ca biriktiğini göstermektedir.

NaCl stresinin yapraklardaki Mg miktarına etkisi

Çalışmanın ilk yılında NaCl stresinin armut yapraklarındaki Mg miktarına etkisi olmamışken, ikinci yılda orta strese maruz kalan bitkilerde Mg miktarı azalmıştır (Çizelge 2). Uygulamaların yapıldığı her iki yılda da en yüksek Mg miktarı BA29 (sırasıyla; %0.45 - %0.36), en düşük Mg miktarı ise OH×F 333 (sırasıyla; % 0.23 - % 0.159) anaçları üzerine aşılı bitkilerde belirlenmiştir. Çeşitlerde ise Deveci (%0.23) çeşidinin daha yüksek Mg miktarına sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Kombinasyonlara göre değerlendirme yapıldığında her iki yılda da NaCl stresi ile yapraklardaki Mg miktarının belirgin şekilde değişim göstermediği tespit edilmiştir (Şekil 5). Sadece uygulamaların ikinci yılında D×11 kombinasyonunda stres uygulamaları ile yapraklardaki Mg miktarı kontrol bitkilerine kıyasla önemli derecede azalmıştır (Şekil 5b). Mg klorofilin yapıtaşlarından ve Ahmad ve Anjum (2023) eksikliğinde olgun yapraklarda kloroz meydana geldiğini ifade etmişlerdir. Mg iyonunun tuz stresi koşullarında Na iyonu ile rekabete girmesi nedeniyle bitkiler tarafından alımı kısıtlanmaktadır. Ancak farklı türlerde yapılan tuz stresi sonuçlarına göre bu ifade ile ilgili olarak çelişkiler mevcuttur. Öyle ki tuz stresi altındaki armutlarda Mg miktarının değişmediği (Musacchi ve ark., 2006), turuncgillerde anaç faktöründen (Othman ve ark., 2023), aşılı domateslerde ise anaç ve çeşit faktöründen etkilendiği (Aydın, 2024), arpada ise tuz stresine duyarlı genotiplerin bitkisel dokularında daha fazla Mg biriktiği (Abdelrady ve ark., 2024) belirtilmiştir. Çalışmamızda elde ettiğimiz

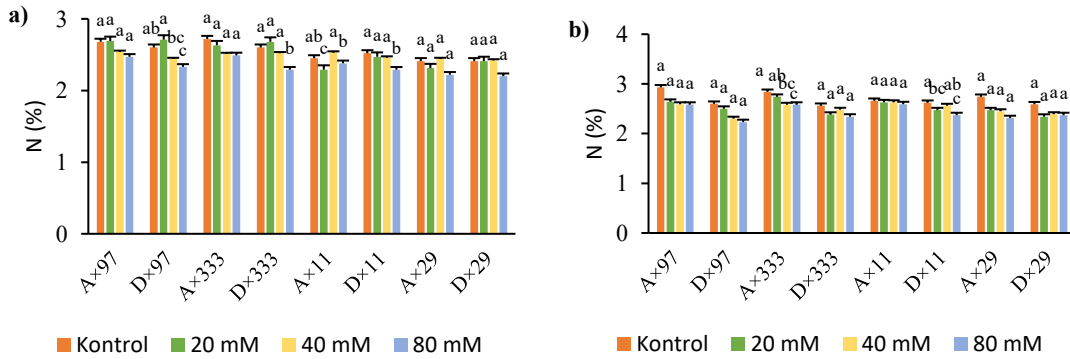
sonuçlar önceki bulgularla benzerlik göstermiş, armut yapraklarındaki Mg miktarı her iki yılda da anaç faktöründen, çalışmanın ikinci yılında ise çeşit ve NaCl faktörlerinden önemli şekilde etkilenmiştir. Buna ek olarak NaCl stresine

daha duyarlı olduğunu bildiğimiz BA 29 ve Fox 11 anaçları (Aydınli ve ark., 2024b) üzerine aşılı çeşitlerde daha yüksek miktarda Mg saptanmıştır.

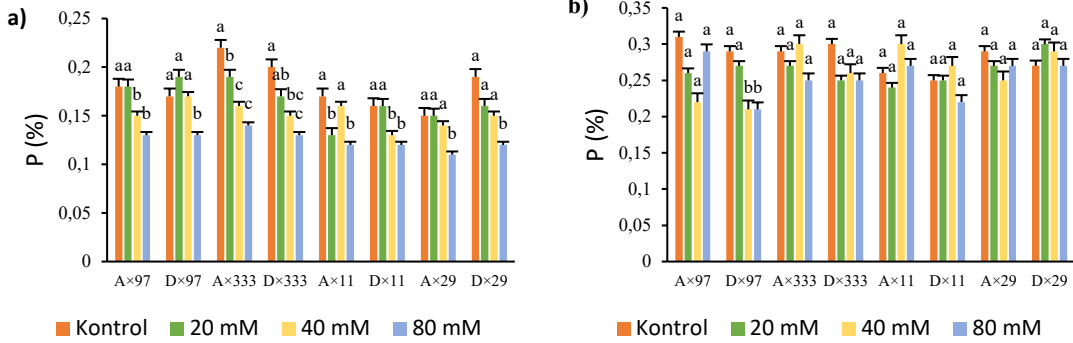
Çizelge 2. Armut yapraklarındaki makro besin miktarına anaç, çeşit ve NaCl faktörlerinin etkisi

		N (%)		P (%)		K (%)		Ca (%)		Mg (%)	
		1.yıl	2.yıl	1. yıl	2.yıl	1.yıl	2.yıl	1.yıl	2.yıl	1.yıl	2.yıl
Anaç (A)	OH×F 97	2.56 ^a	2.55 ^a	0.16 ^a	0.26 ^{öd}	2.06 ^a	1.58 ^a	2.36 ^{ab}	2.41 ^b	0.26 ^b	0.163 ^{bc}
	OH×F 333	2.55 ^a	2.56 ^a	0.17 ^a	0.27	2.00 ^a	1.82 ^a	2.44 ^a	2.67 ^a	0.23 ^c	0.159 ^c
	Fox 11	2.42 ^b	2.57 ^a	0.14 ^b	0.26	2.06 ^a	1.87 ^a	2.09 ^c	2.07 ^c	0.26 ^b	0.186 ^b
	BA 29	2.35 ^c	2.45 ^b	0.15 ^b	0.28	1.71 ^b	1.59 ^b	2.31 ^b	2.47 ^{ab}	0.45 ^a	0.36 ^a
Çeşit (Ç)	Ankara	2.48 ^{ns}	2.62 ^a	0.15 ^{öd}	0.27 ^{öd}	1.89 ^b	1.75 ^{öd}	2.20 ^b	2.28 ^b	0.31 ^{öd}	0.21 ^b
	Deveci	2.46	2.44 ^b	0.16	0.26	2.02 ^a	1.67	2.40 ^a	2.52 ^a	0.29	0.23 ^a
NaCl (T)	Kontrol	2.55 ^a	2.69 ^a	0.18 ^a	0.28 ^a	1.85 ^b	1.81 ^{öd}	2.19 ^b	2.41 ^{öd}	0.30 ^{öd}	0.24 ^a
	20 mM	2.52 ^{ab}	2.52 ^b	0.17 ^b	0.26 ^b	2.06 ^a	1.68	2.35 ^a	2.43	0.29	0.21 ^{ab}
	40 mM	2.48 ^b	2.48 ^{bc}	0.15 ^c	0.26 ^b	2.03 ^a	1.64	2.33 ^a	2.26	0.30	0.20 ^b
	80 mM	2.33 ^c	2.42 ^c	0.13 ^d	0.25 ^b	1.89 ^b	1.71	2.33 ^a	2.51	0.31	0.22 ^{ab}
	A	***	***	***	öd	***	**	***	*	***	***
	Ç	öd	*	öd	öd	***	öd	***	*	öd	*
	T	***	***	***	*	***	öd	**	öd	öd	*
	A×Ç×T	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd	**	öd

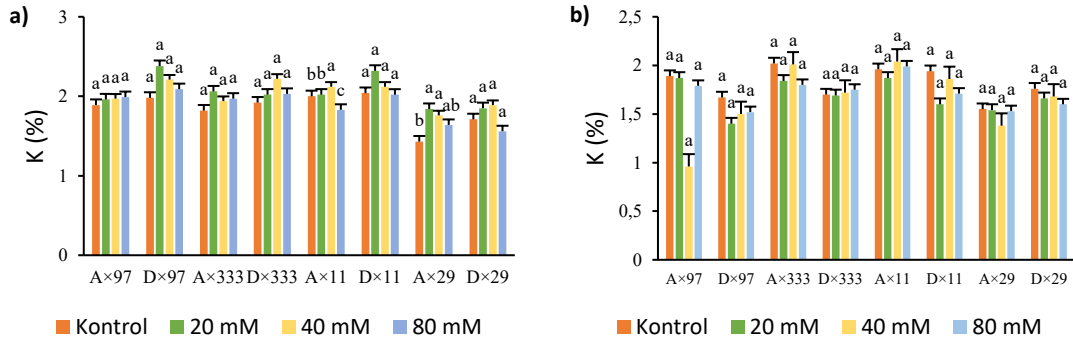
***: p ≤ 0.001, **: p ≤ 0.01, *: p ≤ 0.05, öd: önemli değil



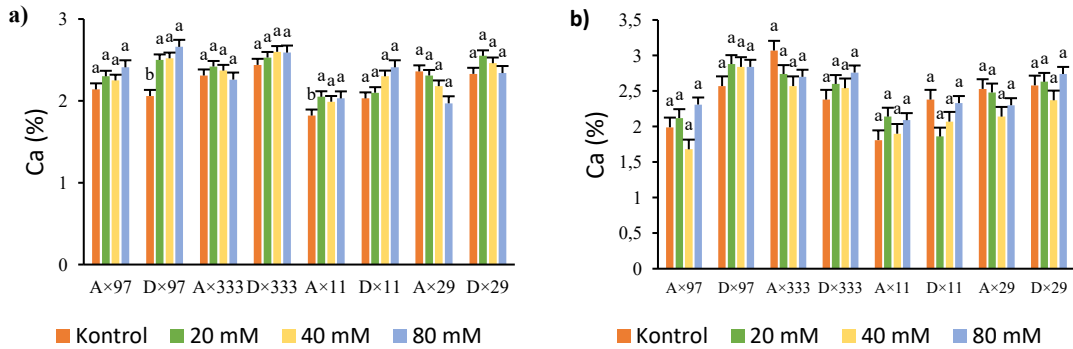
Şekil 1. NaCl stresine (kontrol, hafif, orta, ağır) maruz kalan çeşit × anaç kombinasyonlarının yapraklarındaki N içeriği. a) uygulamaların birinci, b) uygulamaların ikinci yılını göstermektedir. Her değer üç tekerrürün ortalamasını (n=3), hata çubukları ise ortalamaların standart hatalarını temsil etmektedir. Harfler, her kombinasyon üzerine NaCl uygulamalarının etkisini göstermektedir (p ≤ 0.05).



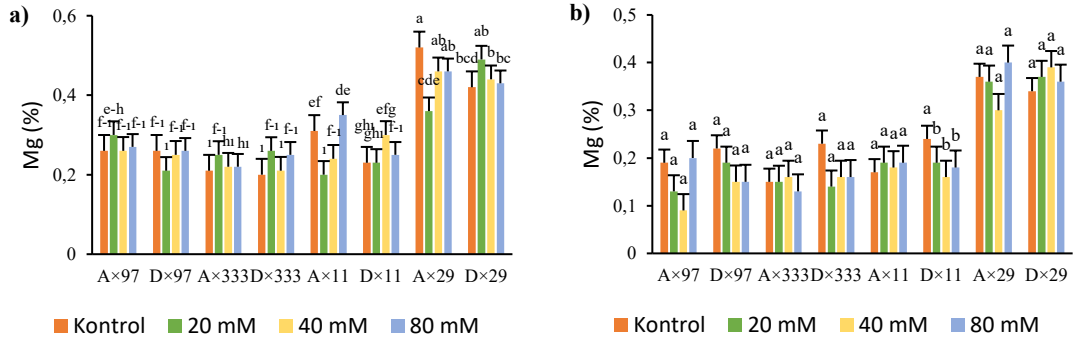
Şekil 2. NaCl stresine (kontrol, hafif, orta, ağır) maruz kalan çeşit × anaç kombinasyonlarının yapraklarındaki P içeriği. a) uygulamaların birinci, b) uygulamaların ikinci yılını göstermektedir. Her değer üç tekrürün ortalamasını (n=3), hata çubukları ise ortalamaların standart hatalarını temsil etmektedir. Harfler, her kombinasyon üzerine NaCl uygulamalarının etkisini göstermektedir (p ≤ 0.05).



Şekil 3. NaCl stresine (kontrol, hafif, orta, ağır) maruz kalan çeşit × anaç kombinasyonlarının yapraklarındaki K içeriği. a) uygulamaların birinci, b) uygulamaların ikinci yılını göstermektedir. Her değer üç tekrürün ortalamasını (n=3), hata çubukları ise ortalamaların standart hatalarını temsil etmektedir. Harfler, her kombinasyon üzerine NaCl uygulamalarının etkisini göstermektedir (p ≤ 0.05).



Şekil 4. NaCl stresine (kontrol, hafif, orta, ağır) maruz kalan çeşit × anaç kombinasyonlarının yapraklarındaki Ca içeriği. a) uygulamaların birinci, b) uygulamaların ikinci yılını göstermektedir. Her değer üç tekrürün ortalamasını (n=3), hata çubukları ise ortalamaların standart hatalarını temsil etmektedir. Harfler, her kombinasyon üzerine NaCl uygulamalarının etkisini göstermektedir (p ≤ 0.05).



Şekil 5. NaCl stresine (kontrol, hafif, orta, ağır) maruz kalan çeşit × anaç kombinasyonlarının yapraklarındaki Mg içeriği. a) uygulamaların birinci, b) uygulamaların ikinci yılını göstermektedir. Her değer üç tekrerrürün ortalamasını (n=3), hata çubukları ise ortalamaların standart hatalarını temsil etmektedir. Harfler, a) çeşit × anaç × NaCl interaksyonunu, b) her kombinasyon üzerine NaCl uygulamalarının etkisini göstermektedir ($p \leq 0.05$).

NaCl stresinin yapraklardaki B miktarına etkisi

Yapılan çalışmada armut yapraklarındaki B miktarı her iki yılda da anaç, çeşit ve uygulama faktörlerinden önemli derecede etkilenmiştir (Çizelge 3). Öyle ki NaCl stresi altındaki bitkilerin yapraklarındaki B miktarı özellikle ağır stres uygulamaları ile önemli miktarda azalmıştır. Armut yapraklarındaki en yüksek B miktarı ilk yılda OH×F 97 (28.87 mg g^{-1}), ikinci yılda ise OH×F (OH×F 333; 28.49 mg g^{-1} - OH×F 97 26.60 mg g^{-1}) anaçları üzerine aşılı bitkilerde görülmüştür. İlâveten her iki yılda da Ankara çeşidinin (sırasıyla; 26.05 mg g^{-1} - 26.37 mg g^{-1}) yapraklarındaki B miktarının Deveci çeşidine kıyasla daha yüksek olduğu saptanmıştır. Birinci yıl sonuçlarına göre D×97 kombinasyonunun ağır stres uygulamasında diğer uygulamalara kıyasla B miktarı azalmıştır (Şekil 6a). İkinci yıl uygulamalarında ise A×11 ve A×29 kombinasyonlarında farklılıklar tespit edilmiş, kontrol grupları ile stres uygulamaları arasında önemli azalışlar belirlenmiştir (Şekil 6b). Gelişmiş bitkiler için gerekli bir mikro besin olan B, hücre duvarı ve membran bütünlüğü, hücre bölünmesi ve büyümesi, karbohidrat ve protein sentezi, hormon üretimi ve sentezi gibi çeşitli süreçleri doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir (Chen ve ark., 2023; Kohli ve ark., 2023; Qu ve ark., 2024). Yapraklardaki B içeriğinin ise tuz stresinden olumsuz etkilendiği bilinmektedir (Sogoni ve ark., 2021). Nitekim çalışmamızda artan NaCl stresi ile yapraklardaki B içeriğinde önemli azalışlar meydana gelmiştir. Ayrıca çalışmamızın diğer bir önemli çıktısı NaCl stresine daha toleranslı olduğunu bildiğimiz OH×F anaçları (Aydınli ve ark., 2024b) ile oluşturulan kombinasyonlarda B miktarının daha yüksek olmasıdır. Daha önce yapmış olduğumuz çalışma, NaCl stresine daha toleranslı olan aşısız armut anaçlarının yapraklarında B miktarının daha yüksek olduğunu göstermektedir (Aydınli ve ark., 2022). Bu çalışmada da benzer durum ortaya çıkmış ve NaCl stresine daha toleranslı olan anaçlar, üzerlerine aşılana çeşidin yapraklarındaki B miktarına olumlu yönde katkı sağlamıştır.

NaCl stresinin yapraklardaki Cu miktarına etkisi

Çalışmanın ilk yılında armut yapraklarındaki Cu miktarı anaç ve NaCl faktörlerinden oldukça önemli şekilde etkilenmiştir (Çizelge 3). Öyle ki yapraklardaki en düşük Cu miktarı ağır strese (7.24 mg g^{-1}) maruz kalan bitkilerde tespit edilmiştir. Ayrıca anaçlar değerlendirildiğinde yapraklardaki en düşük Cu miktarı sırasıyla BA 29 (6.55 mg g^{-1}) ve Fox 11 (8.01 mg g^{-1}) anaçları üzerine aşılı bitkilerde ortaya çıkmıştır. Kombinasyonlara göre değerlendirme yapıldığında özellikle ağır stres sonucu yapraklardaki Cu miktarı diğer uygulamalar göre önemli düzeyde azalmıştır (Şekil 7a). Hatta D×97, A×333 ve D×11 kombinasyonlarında orta stres seviyesinde dahi yapraklardaki Cu miktarının azaldığı tespit edilmiştir. Grattan ve Grieve (1999) tuzluluğun bitki sürgünlerinde Cu alımını arttırabildiği, azaltabildiği veya hiç etkilemediğini ifade etmişlerdir. Nitekim tuz stresi ile Cu konsantrasyonunun marulda azaldığı (Borghesi ve ark., 2013), arpada ise değişmediği (Ahmed ve ark., 2013) ifade edilmiştir. Çalışmamızda yapraklardaki Cu miktarı bakımından elde ettiğimiz sonuçlar literatür ile benzer bulunmuştur. İlâveten Aydın (2024) domatesteki tuz stresi çalışmasında yapraklardaki Cu miktarının çeşit faktöründen etkilenmediğini bildirmiştir. Çalışmamız bu yönü ile de önceki araştırma sonuçlarına benzerlik göstermektedir.

NaCl stresinin yapraklardaki Fe miktarına etkisi

Armut yapraklarındaki Fe miktarına çalışmanın ilk yılında anaç ve NaCl, ikinci yılında ise anaç ve çeşit faktörleri etkili olmuştur (Çizelge 3). Özellikle orta (61.05 mg g^{-1}) ve ağır strese (59.98 mg g^{-1}) maruz kalan bitkilerin yapraklarında Fe miktarı azalmıştır. En düşük Fe miktarı her iki yılda da BA 29 (sırasıyla; 59.29 mg g^{-1} - 55.02 mg g^{-1}) anacı üzerine aşılı olan bitkilerde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Deveci (61.84 mg g^{-1}) çeşidinin yapraklarındaki Fe miktarı Ankara çeşidine kıyasla oldukça yüksek bulunmuştur. Kombinasyonlar arasında ise belirgin farklılıklar ortaya çıkmamıştır (Şekil 8). Kirazda Fe içeriğinin tuz stresinden etkilenmediği saptanmıştır

(Papadakis ve ark., 2007). Aydın (2024) ise tuz stresine maruz kalan domateste yapraklardaki Fe miktarının anaç faktöründen etkilendiğini belirtmiştir. Çalışmamızda yapraklardaki Fe miktarı bakımından yıllara göre değişken sonuçlar elde edilmiş, tuz stresi ile arasında belirgin bir ilişki saptanmamıştır. Fakat anaç faktörünün etkili olduğu bulunmuş ve her iki yılda da en az Fe miktarı BA 29 anacı ile oluşturulan kombinasyonlarda görülmüştür. Bu durum ayvanın bazı şartlar altında yetiştirme ortamında var olan Fe iyonlarını alma kapasitesinin engellenmesi ile açıklanabilir.

NaCl stresinin yapraklardaki Zn miktarına etkisi

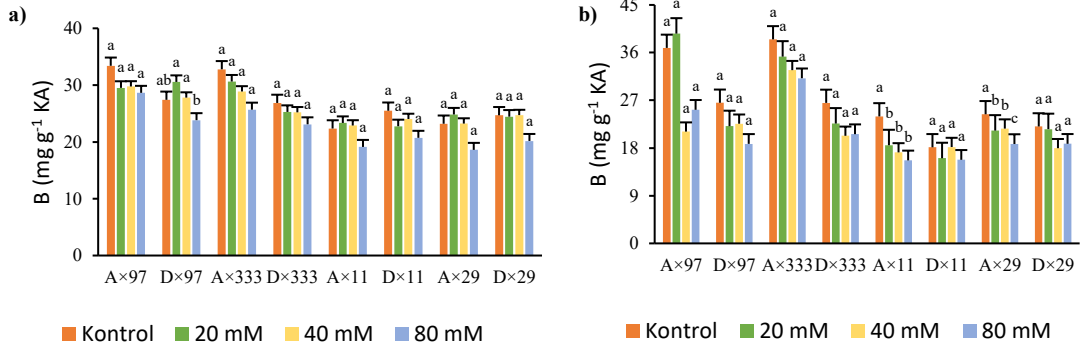
Araştırmanın yapıldığı her iki yılda armut yapraklarındaki Zn miktarına anaç ve çeşit faktörü, buna ilave olarak ilk yılda ise uygulama faktörü etkili olmuştur (Çizelge 3). Ağır stres altındaki armutlarda Zn miktarının önemli düzeyde azaldığı belirlenmiştir. Yapraklardaki en düşük Zn miktarı yıllara göre değişim göstermiş, çalışmanın ilk yılında BA 29 (17.48 mg g⁻¹) anacı, ikinci yılında ise OH×F 97 (14.53 mg g⁻¹) anacı üzerine

aşılı olan bitkilerde ortaya çıkmıştır. Çeşitlerin yapraklarındaki Zn miktarı da yıllara göre değişim göstermiştir. Kombinasyonlar incelendiğinde her iki yılda da hafif strese maruz kalan A×333 kombinasyonunda Zn miktarının arttığı söylenebilir (Şekil 9). İlaveten ilk yılda A×11 kombinasyonunda stres uygulamaları ile yapraklardaki Zn miktarı önemli ölçüde azalmıştır (Şekil 9a). Yapraklardaki Zn miktarı tuz stresine maruz kalan *Tetragonia decumbens* bitkisinde azalırken (Sogoni ve ark., 2021), mısırdaki artmış (Vennam ve ark., 2024), domateste ise çeşit × anaç kombinasyonuna göre farklılıklar (Aydın, 2024) göstermiştir. Çalışmamızda da yıllara göre değişken sonuçlar elde edilse de yapraklardaki Zn miktarının özellikle orta ve ağır stres koşullarında azaldığını söylemek kanaatimizce yanlış olmayacaktır. Ayrıca kombinasyonlara göre yapraklardaki Zn miktarı değişkenlik göstermiş ve elde ettiğimiz bulgular bu yönüyle literatüre uyumlu bulunmuştur.

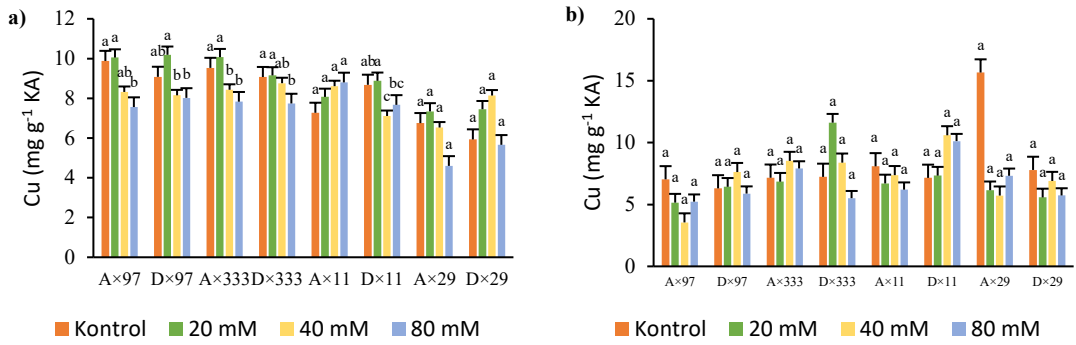
Çizelge 3. Armut yapraklarındaki mikro besin miktarına anaç, çeşit ve NaCl faktörlerinin etkisi

		B (mg g ⁻¹)		Cu (mg g ⁻¹)		Fe (mg g ⁻¹)		Zn (mg g ⁻¹)	
		1.yıl	2.yıl	1.yıl	2.yıl	1.yıl	2.yıl	1.yıl	2.yıl
Anaç (A)	OH×F 97	28.87 ^a	26.60 ^a	8.91 ^a	7.90 ^{öd}	64.71 ^a	59.86 ^{ab}	18.31 ^{ab}	14.53 ^b
	OH×F 333	27.30 ^b	28.49 ^a	8.82 ^a	7.89	60.97 ^{ab}	59.55 ^{ab}	18.00 ^b	18.69 ^a
	Fox 11	22.44 ^c	17.93 ^c	8.01 ^b	7.94	65.24 ^a	64.65 ^a	19.11 ^a	15.80 ^b
	BA 29	22.99 ^c	20.80 ^b	6.55 ^c	7.61	59.29 ^b	55.02 ^b	17.48 ^b	17.39 ^a
Çeşit (Ç)	Ankara	26.05 ^a	26.37 ^a	8.10 ^{öd}	7.16 ^{öd}	61.49 ^{öd}	57.70 ^b	18.90 ^a	14.83 ^b
	Deveci	24.74 ^b	20.53 ^b	8.11	7.51	63.62	61.84 ^a	17.55 ^b	18.37 ^a
NaCl (T)	Control	26.87 ^a	27.12 ^a	8.27 ^b	8.30 ^{öd}	63.50 ^{ab}	60.59 ^{öd}	19.22 ^a	17.70 ^{öd}
	20 mM	26.42 ^a	24.62 ^a	8.90 ^a	6.97	66.68 ^a	60.94	18.98 ^a	16.92
	40 mM	25.82 ^a	21.49 ^b	8.01 ^b	7.33	61.05 ^b	59.75	17.28 ^b	15.99
	80 mM	22.48 ^b	20.59 ^b	7.24 ^c	6.74	59.98 ^b	57.80	17.41 ^b	15.79
	A	***	***	***	öd	*	*	*	***
	Ç	**	***	öd	öd	öd	*	***	***
	S	***	***	***	öd	**	öd	**	öd
	A×Ç×T	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd

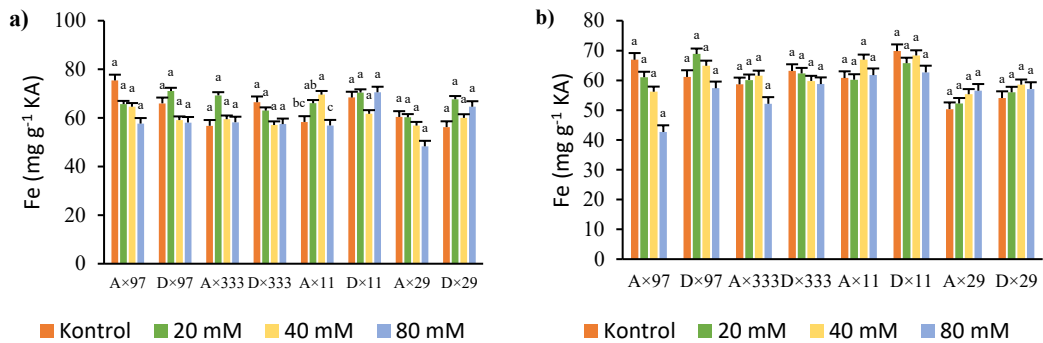
***: p ≤ 0.001, **: p ≤ 0.01, *: p ≤ 0.05, öd: önemli değil



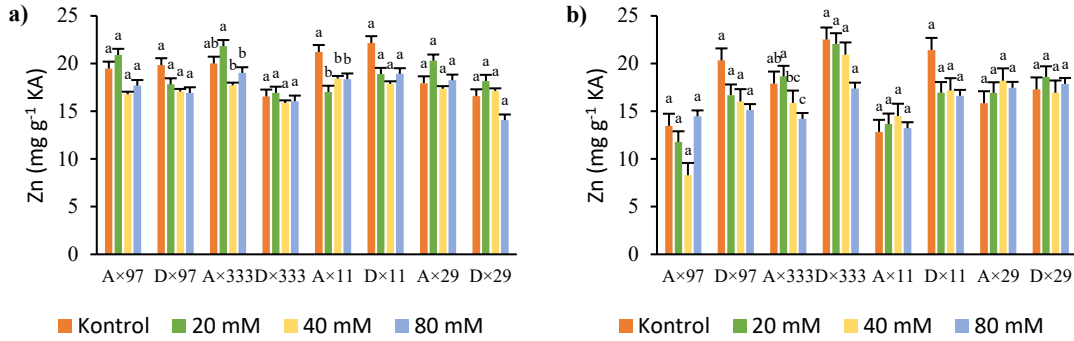
Şekil 6. NaCl stresine (kontrol, hafif, orta, ağır) maruz kalan çeşit × anaç kombinasyonlarının yapraklarındaki B içeriği. a) uygulamaların birinci, b) uygulamaların ikinci yılını göstermektedir. Her değer üç tekerrürün ortalamasını (n=3), hata çubukları ise ortalamaların standart hatalarını temsil etmektedir. Harfler her kombinasyon üzerine NaCl uygulamalarının etkisini göstermektedir (p ≤ 0.05).



Şekil 7. NaCl stresine (kontrol, hafif, orta, ağır) maruz kalan çeşit × anaç kombinasyonlarının yapraklarındaki Cu içeriği. a) uygulamaların birinci, b) uygulamaların ikinci yılını göstermektedir. Her değer üç tekerrürün ortalamasını (n=3), hata çubukları ise ortalamaların standart hatalarını temsil etmektedir. Harfler her kombinasyon üzerine NaCl uygulamalarının etkisini göstermektedir (p ≤ 0.05).



Şekil 8 . NaCl stresine (kontrol, hafif, orta, ağır) maruz kalan çeşit × anaç kombinasyonlarının yapraklarındaki Fe içeriği. a) uygulamaların birinci, b) uygulamaların ikinci yılını göstermektedir. Her değer üç tekerrürün ortalamasını (n=3), hata çubukları ise ortalamaların standart hatalarını temsil etmektedir. Harfler her kombinasyon üzerine NaCl uygulamalarının etkisini göstermektedir (p ≤ 0.05).



Şekil 9. NaCl stresine (kontrol, hafif, orta, ağır) maruz kalan çeşit × anaç kombinasyonlarının yapraklarındaki Zn içeriği. a) uygulamaların birinci, b) uygulamaların ikinci yılını göstermektedir. Her değer üç tekrerrün ortalamasını (n=3), hata çubukları ise ortalamaların standart hatalarını temsil etmektedir. Harfler her kombinasyon üzerine NaCl uygulamalarının etkisini göstermektedir ($p \leq 0.05$).

SONUÇ

Dünya genelinde en önemli abiyotik stres faktörlerinden olan tuzluluk, bitkilerin iyon dengesini bozarak yaşamsal fonksiyonları üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır. İki yıl tekrarlamalı olarak yürütülen bu çalışmada NaCl stresine maruz kalan çeşit × anaç kombinasyonlarının yapraklarındaki bazı mineral maddelerin değişimi incelenmiştir. N, P ve B alımının NaCl faktöründen, N, K, Ca, Mg, B, Fe ve Zn alımının ise anaç faktöründen etkilendiği belirlenmiştir. Ayrıca Ca ve B alımı üzerine çeşit faktörünün etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Genel olarak OH×F anaçları ile oluşturulan kombinasyonların yapraklarında daha yüksek, BA 29 anacı ile oluşturulan kombinasyonların yapraklarında ise daha düşük mineral madde içeriği saptanmıştır. Böylelikle NaCl stresine daha toleranslı olan OH×F anaçları üzerine çeşit aşılandığında yapraklara mineral madde translokasyonunun devam ettiği düşünülebilir. Ancak kesin yargıya varmak için çalışmaların daha uzun süreli, farklı tuz kaynakları kullanılarak ve arazi koşullarında yapılması gerekmektedir.

Teşekkür

Çalışmanın gerçekleşmesi adına 1160721 numaralı proje ile destek sağlayan Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK) teşekkürlerimizi sunarız. Ayrıca araştırmanın yürütülmesi için fiziki altyapısını kullanıma sunan Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne (MAREM) teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Abdelrady WA, Ma Z, Elshawy EE, Wang L, Askri SMH, Ibrahim Z, Dennis E, Kanwal F, Zeng F, Shamsi IH (2024) Physiological and Biochemical Mechanisms of Salt

Tolerance in Barley under Salinity Stress. *Plant Stress* 11:100403.

- AbuQamar SF, El-Saadony MT, Saad AM, Desoky SM, Elrys AS, El-Mageed TAA, Semida WM, Abdelkhalik A, Mosa WFA, Kafaas SSA, Naser S, Ibrahim EH, Alshamsi FMK, Mathew BT, El-Tarabily KA (2004) Halotolerant Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Improve Soil Fertility and Plant Salinity Tolerance for Sustainable Agriculture—A Review. *Plant Stress* 12:100482.
- Ahmad R, Anjum MA (2023) Physiological and Molecular Basis of Salinity Tolerance in Fruit Crops. In: Srivastava AK, Hu C (eds.), *Fruit Crops* Amsterdam, Elsevier, 445–464.
- Ahmed IM, Dai H, Zheng W, Cao F, Zhang G, Sun D, Wu F (2013) Genotypic Differences in Physiological Characteristics in the Tolerance to Drought and Salinity Combined Stress Between Tibetan Wild and Cultivated Barley. *Plant Physiology and Biochemistry* 63:49–60.
- Ashraf M, Shahzad S, Imtiaz M, Rizwan M (2018) Salinity Effects on Nitrogen Metabolism In Plants – Focusing on the Activities of Nitrogen Metabolizing Enzymes: A Review. *Journal of Plant Nutrition* 41(8):1065–1081.
- Aydınlı M, Kaçal E, Gür İ, Yıldırım F, Önder S, Altındal M, Karakurt Y (2024a) Physiological and Enzymatic Antioxidant Responses of Several Local *Pyrus communis* L. cv on Different Rootstocks under NaCl Stress. *Russian Journal of Plant Physiology* 71(4):118.
- Aydınlı M, Yıldırım F, Kaçal E, Altındal M, Yıldız H (2024b) Morphological and Physiological Changes under NaCl Stress in Some *Pyrus* and Quince Rootstocks. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences* 34(2):299-313.

- Aydınli M, Yıldırım F (2023). Armut Islahında Güncel Gelişmeler. ANADOLU Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi 33(2):296–309.
- Aydınli M, Yıldırım F, Türkeli B (2022) NaCl Stresinin Bazı Armut ve Ayva Anaçlarının Yaprak Bakır, Bor, Çinko, Demir ve Mangan İçeriklerine Etkisi. Ziraat Fakültesi Dergisi 17(1):1–9.
- Aydin A (2024) Effects of Grafting with Wild Tomato (*Solanum pimpinellifolium* and *Solanum habrochaites*) Rootstocks on Growth and Leaf Mineral Accumulation in Salt Stress. Horticulture, Environment, and Biotechnology, 65(5):785–801.
- Barea JM (2015) Future Challenges and Perspectives for Applying Microbial Biotechnology In Sustainable Agriculture Based on a Better Understanding of Plant-microbiome Interactions. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 15:261–282.
- Barker AV, Bryson GM (2007) Nitrogen. In: Barker AV, Pilbeam DJ (eds.), Handbook of Plant Nutrition. CRC Press, Florida, 21–50.
- Bell RL, Quamme HA, Layne REC, Skirvin RM (1996) Pears. In: Janick J, Moore JN (eds.), Fruit Breeding Tree and Tropical Fruits, Wiley, West Lafayette, 441–514.
- Borghesi E, Carmassi G, Ugucioni MC, Vernieri P, Malorgio F (2013) Effects of Calcium and Salinity Stress on Quality of Lettuce in Soilless Culture. Journal of plant nutrition, 36(5):677–690.
- Chen X, Smith SM, Shabala S, Yu M (2023) Phytohormones in Plant Responses to Boron Deficiency and Toxicity. Journal of Experimental Botany 74(3):743–754.
- Fu Q, Tan Y, Zhai H, Du Y (2019) Evaluation of Salt Resistance Mechanisms of Grapevine Hybrid Rootstocks. Scientia Horticulturae 243:148–158.
- Ghorbani S, Etmnan A, Rashidi V, Pour-Aboughadareh A, Shooshtari L (2023). Delineation of Physiological and Transcriptional Responses of Different Barley Genotypes to Salt Stress. Cereal Research Communications 51(2):367–377.
- Grattan SR, Grieve CM (1992) Mineral Element Acquisition and Growth Response of Plants Grown In Saline Environments. Agriculture, Ecosystems and Environment 38(4):275–300.
- Grattan SR, Grieve CM (1999) Salinity-Nutrient Relations in Horticultural Crops. Scientia Horticulturae 78(1–4):127–157.
- Kaçar B (1984) Plant Nutrition Practice Guide. Ankara University, Agricultural Faculty Publications. Ankara.
- Kaçar B, İnal A (2008) Bitki Analizleri. Ankara, Nobel Yayın.
- Karimi HR, Nasrolahpour-Moghadam S (2016) Male Pistachio Seedlings Exhibit More Efficient Protective Mechanisms than Females under Salinity Stress. Scientia Horticulturae 211:118–125.
- Khalil HA, El-Ansary DO, Ahmed ZF (2022) Mitigation of Salinity Stress on Pomegranate (*Punica granatum* L. Cv. Wonderful) Plant using Salicylic Acid Foliar Spray. Horticulturae 8(5):375.
- Kohli SK, Kaur H, Khanna K, Handa N, Bhardwaj R, Rinklebe J, Ahmad P (2023) Boron in Plants: Uptake, Deficiency and Biological Potential. Plant Growth Regulation 100(2):267–282.
- Lombardi L, Sebastiani L, Vitagliano C (2003) Physiological, Biochemical, and Molecular Effects of In Vitro Induced Iron Deficiency In Peach Rootstock. Journal of Plant Nutrition 26:2149–2163.
- Maathuis FJM, Amtmann A (1999) K⁺ Nutrition and Na⁺ Toxicity: The Basis of Cellular K⁺/Na⁺ Ratios. Annals of Botany 84(2):123–133.
- Munir N, Hasnain M, Roessner U, Abideen Z (2022) Strategies in Improving Plant Salinity Resistance and use of Salinity Resistant Plants for Economic Sustainability. Critical Reviews in Environmental Science and Technology 52(12):2150–2196.
- Musacchi S, Quartieri M, Tagliavini M (2006) Pear (*Pyrus communis*) and Quince (*Cydonia oblonga*) Roots Exhibit Different Ability to Prevent Sodium and Chloride Uptake when Irrigated with Saline Water. European Journal of Agronomy 24(3) 268–275.
- Myers BA, West DW (1989) Effects of Saline Irrigation on Mature Pear Trees. Acta Horticulturae 240:279–282.
- Navarro JM, Garrido C, Carvajal M, Martinez V (2002) Yield and Fruit Quality of Pepper Plants under Sulphate and Chloride Salinity. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology 77(1):52–57.
- Okubo M, Furukawa Y, Sakuratani T (2000) Growth, Flowering and Leaf Properties of Pear Cultivars Grafted on Two Asian Pear Rootstock Seedlings under NaCl Irrigation. Scientia Horticulturae 85(1–2):91–101.
- Othman YA, Hani MB, Ayad JY, St Hilaire R (2023) Salinity Level Influenced Morpho-Physiology and Nutrient Uptake of Young Citrus Rootstocks. Heliyon 9(2):e13336.
- Papadakis IE, Veneti G, Chatzissavidis C, Sotiropoulos TE, Dimassi KN, Therios IN (2007) Growth, Mineral Composition, Leaf Chlorophyll and Water Relationships of Two Cherry Varieties under NaCl-Induced Salinity Stress. Soil Science and Plant Nutrition 53(3):252–258.
- Qu M, Huang X, García-Caparrós P, Shabala L, Fuglsang AT, Yu M, Shabala S (2024) Understanding the Role of Boron in Plant Adaptation to Soil Salinity. Physiologia Plantarum 176(3):e14358.
- Rivero RM, Mestre TC, Mittler R, Rubio F, Garcia-Sanchez F, Martinez V (2014) The Combined Effect of Salinity and Heat Reveals a Specific Physiological, Biochemical and

- Molecular Response in Tomato Plants. *Plant, Cell and Environment* 37(5):1059–1073.
- Robin AHK, Matthew C, Uddin MJ, Bayazid KN (2016) Salinity Induced Reduction in Root Surface Area and Changes in Major Root and Shoot Traits at the Phytomer Level In Wheat. *Journal of Experimental and Botany* 67(12):3719–3729.
- Santa-Cruz A, Martinez-Rodriguez MM, Perez-Alfocea F, Romero-Aranda R, Bolarin MC (2002) The Rootstock Effect on the Tomato Salinity Response Depends on the Shoot Genotype. *Plant Science* 162(5):825–831.
- Sarwat M, Ahmad P, Nabi G, Hu X (2013) Ca²⁺ Signals: The Versatile Decoders of Environmental Cues. *Critical Reviews in Biotechnology* 33(1):97–109.
- Shahzad S, Ali S, Ahmad R, Ercisli S, Anjum MA (2021) Foliar Application of Silicon Enhances Growth, Flower Yield, Quality and Postharvest Life of Tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) under Saline Conditions by Improving Antioxidant Defense Mechanism. *Silicon* 14:1511–1518.
- Sogoni A, Jimoh MO, Kambizi L, Laubscher CP (2021) The Impact of Salt Stress on Plant Growth, Mineral Composition, and Antioxidant Activity in *Tetragonia decumbens* Mill.: an Underutilized Edible Halophyte in South Africa. *Horticulturae* 7(6):140.
- Sotiropoulos TE, Therios I., Tsirakoglou V, Dimassi KN (2007) Response of The Quince Genotypes BA 29 and EMA Used as Pear Rootstocks to Boron and Salinity. *International Journal of Fruit Science* 6(4):93–101.
- Ünlükara A, Kuruç A, Kesmez GD, Yurtseven E, Suarez DL (2010) Effects of salinity on eggplant (*Solanum melongena* L.) growth and evapotranspiration. *Journal of Irrigation and Drainage* 59:203-214.
- Van Zelm E, Zhang Y, Testerink C, (2020) Salt tolerance mechanisms of plants. *Annual Review of Plant Biology* 71:403–433.
- Vennam RR, Bheemanahalli R, Reddy KR, Dhillon J, Zhang X, Adeli A (2024) Early-Season Maize Responses to Salt Stress: Morpho-Physiological, Leaf Reflectance, and Mineral Composition. *Journal of Agriculture and Food Research* 15:100994.
- Wu H, Li Z (2019) The Importance of Cl⁻ Exclusion and Vacuolar Cl⁻ Sequestration: Revisiting the Role of Cl⁻ Transport in Plant Salt Tolerance. *Frontier Plant Science* 10:482468.
- Xie W, Wu L, Wang J, Zhang Y, Ouyang Z (2017) Effect of Salinity on the Transformation of Wheat Straw and Microbial Communities in a Saline Soil.
- Yildirim E, Karlidag H, Turan M (2009) Mitigation of Salt Stress in Strawberry by Foliar K, Ca and Mg Nutrient Supply. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 48(12):1455–1461.