



Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (4):665-678
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1284786>

Alim AYDIN^{1*}

Hakan BAŞAK²

¹ Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Pilot Tarım ve Jeotermal Koordinatörlüğü, 40100, Merkez, Kırşehir, Türkiye

² Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 40100, Merkez, Kırşehir, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author):
alim.aydin@ahievran.edu.tr

Farklı melez kombinasyonları ile elde edilmiş su kabağı (*Lagenaria siceraria*) melezlerinin su kültürü koşullarında tuz stresine morfolojik ve fizyolojik olarak tolerans düzeylerinin belirlenmesi*

Determination of morphological and physiological tolerance levels of bottle gourd (*Lagenaria siceraria*) hybrids obtained by hybrid combinations salt stress in hydroponic conditions

Received (Alınış): 18.04.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 23.11.2023

ÖZ

Amaç: Bu çalışma, tuza toleranslı oldukları önceki çalışmalarda belirlenen, ileri kademelerdeki hatların kullanılması ile elde edilen su kabağı melezlerinin su kültürü koşullarında tuz stresine tolerans seviyelerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

Materyal ve Yöntem: Çalışmada 4 adet ana ebeveyn hat (S7 kademesinde), 6 adet baba ebeveyn hat (S3 kademesinde), 9 adet melez kombinasyonu ve 1 adet ticari su kabağı anacı materyal olarak kullanılmıştır. Çalışma materyallerinin tuza tolerans seviyelerini belirlemek üzere, temel bileşen analizi ve kümeleme analizleri uygulanmıştır.

Araştırma Bulguları: Tuza tolerant olan kümenin üyeleri; 8xA13, 9xA11, 6xA12 ve 6xA10 nolu melez kombinasyonları olurken, orta düzeyde tuz toleransına sahip olanlar ise 9xA1, 1xA13, 8xA16 ve A1 nolu bitkiler olmuştur.

Sonuç: 6xA11 ve 9xA16 melezleri hariç diğer tüm melez kombinasyonları, ana ve baba hatlar ile ticari su kabağı çeşidinden tuz stresine daha fazla tolerans göstermiştir.

ABSTRACT

Objective: This study was carried out to determine the salt stress tolerance levels of gourd hybrids obtained using advanced lines, which were determined in previous studies to be salt tolerant under hydroponic conditions.

Material and Methods: In the study, 4 female parent lines (S7 level), 6 male parent lines (S3 level), 9 hybrid combinations, and 1 commercial bottle gourd rootstock were used as material. Principal component analysis and clustering analyses were applied to determine the salt tolerance levels of the study materials.

Results: Members of the cluster that are salt tolerant; While hybrid combinations numbered 8xA13, 9xA11, 6xA12, and 6xA10, those with moderate salt tolerance were plants numbered 9xA1, 1xA13, 8xA16 and A1.

Conclusion: Except for hybrids 6xA11 and 9xA16, all other hybrid combinations showed greater tolerance to salt stress than the parental lines and the commercial bottle gourd variety.

Anahtar sözcükler: Anaç, karpuz, melez kombinasyonları, su kültürü, tuz stresi

Keywords: Rootstock, watermelon, hybrid combinations, hydroponic culture, salt stress

GİRİŞ

Cucurbitaceae familyasına ait olan su kabağı (*Lagenaria siceraria*), beyaz taç yapraklarına sahip olması nedeniyle genel olarak "beyaz çiçekli kabak" olarak kabul edilir. Tek yıllık, tek evcikli ve güçlü tırmanma yeteneğine sahip olan *L. siceraria*, en eski kültüre alınmış bitki türlerinden biridir (Decker-Walters et al., 2004). Su kabağı dünya üzerinde geniş bir dağılıma sahiptir ve okyanus akıntılarının *L. siceraria*'nın Afrika'dan Amerika'ya göçüne aracılık ettiğine inanılmaktadır (Kistler et al., 2014). Su kabağının kökeninin Afrika mı yoksa Asya mı olduğu, Türkiye dahil tüm dünyada araştırmalara konu olmaktadır. Gürcan et al. (2015) Türkiye'de yetiştiriciliği yapılan su kabaklarının Afrika ve Asya su kabaklarının karışımı olduğunu ileri sürmektedir. Su kabaklarının olgun kurutulmuş meyveleri dünya çapında insanlar tarafından kap, mutfak eşyaları, müzik aletleri, sanatsal amaçlarla veya bazı kıyı bölgelerinde balık ağı tutucuları olarak kullanılmaktadır (Decker-Walters et al., 2004). Su kabağının genç yaprakları, sürgünleri, tohumları ve taze filizleri insan beslenmesinde veya bazı tedavi edici amaçlar için kullanılmaktadır (Loukou et al., 2007). Ayrıca *L. siceraria*, Fusarium solgunluğu (Yetisir et al., 2003), tuz stresi ve su basması (Yetisir & Uygur 2009) gibi farklı biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı toleranslı olması nedeniyle karpuz anaç olarak kullanılmaya potansiyeline sahiptir.

Karpuz (*Citrullus lanatus*), kabakgiller familyasının (Cucurbitaceae) bir üyesi olup, Türkiye ve Dünya'nın birçok ülkesinde ticari değeri yüksek bir sebzedir. Dünya toplam karpuz üretimi 2022 yılında yaklaşık 101 milyon ton düzeyindedir. Çin, dünya toplam karpuz üretiminin %60.03'ünü gerçekleştirerek açık ara birinci sırada yer alırken, onu sırasıyla Türkiye (%3.41), Hindistan (%3.20) ve Brezilya (%2.10) takip etmektedir (FAO, 2022). Son yıllarda tüm dünyada artan tüketici talebiyle üretim miktarı da yükselen karpuz yetiştiriciliğinde, üretimi kısıtlayan çeşitli sorunlar da ortaya çıkmaktadır. Karpuz, biyotik (virüs, bakteri, fungus, böcek vb.) ve abiyotik (tuzluluk, kuraklık vb.) stres faktörlerine karşı hassastır (Rivero et al., 2003; Yetişir et al., 2007; Rouphael et al., 2008; Uygur & Yetisir, 2009; Colla et al., 2010; Huang et al., 2013; Nawaz et al., 2018). Karpuz yetiştiriciliğini sınırlandıran en önemli abiyotik stres faktörü toprak tuzluluğudur. Dünyadaki tarım alanlarının yaklaşık %7'si ve sulanan tarım alanlarının %20'si toprak tuzluluğundan etkilenmektedir (Yamaguchi & Blumwald, 2005).

Tuzluluğun tarımsal üretim üzerindeki etkisini azaltmak ve toprak tuzluluğunun giderilmesi ile ilgili son yıllarda çeşitli stratejiler geliştirilmiş ve bunlar uygulanmaktadır. Tuzlu toprağın ıslahı ve toprak tuzluluğunun giderilmesi tarımda temel stratejidir; ancak kullanılan bu yöntemler kısa süreli etkili olmakta ve uygulama maliyetleri de çok yüksektir (Dasgan et al., 2002). Bitkilerin tuza toleransını artırmak amacıyla hümitik asit (Ouni & Lakhdar, 2014), brassinolide (Yuan et al., 2015), poliamin (Gong et al., 2014) ve melatonin (Liu et al., 2015) gibi bazı bitki büyüme düzenleyiciler ve organik bileşikler kullanılmaktadır. Ancak, bu maddeler tuza toleransda uzun süreli etkili olamamaktadır. Tuza tolerans genotiplerinin geliştirilmesi stratejisi, bahçe bitkilerinde toprak tuzluluğu ile mücadelede etkinliği en yüksek yöntemlerinden birisidir (Yamaguchi & Blumwald, 2005; Ashraf & Foolad, 2007; Zhu et al., 2008; Rasel et al., 2021). Özellikle de tuza toleransı yüksek genotiplerin anaç olarak kullanılması, tuz stresi karşısında mücadelede diğer yöntemlere kıyasla uygulanabilirliği yüksek ve etkili bir yöntem olarak kabul edilmektedir (Albacete et al., 2009; Thies et al., 2016; Ulas et al., 2019). Sebzelelerde aşılama tekniğinin kullanılması, ürün rotasyonunun artık bir seçenek olmadığı ve mevcut arazinin yoğun kullanım altında olduğu Avrupa ve Asya ülkelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Aşılama, toprak kaynaklı patojenlerden kaynaklanan hasarı azaltmak ve bitki büyüme ve gelişmesini sınırlandıran biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı toleransını artırmak için kullanılan alternatif bir yöntemdir (Uygur & Yetisir, 2009; Soteriou & Kyriacou, 2015; Ulas et al., 2020; Aydın & Yetişir, 2022, 2023a). Son çalışmalar açık alan ve örtüaltı sebze yetiştiriciliğinde aşılı bitkilerin kullanımının; hıyar (Aydın & Yetişir, 2023a), domates (Schwarz et al., 2013), biber (Rubaye et al., 2020) ve kavun (Ulas et al., 2020) dahil olmak üzere birçok sebze türünde tuz toleransını iyileştirmek için geçerli bir strateji olduğunu göstermiştir. Tuz stresinden kaynaklanan verim kayıplarını azaltmak için, karpuz kalemleri tuz stresi toleransı yüksek olan anaçlara aşılanmaktadır. Günümüzde karpuz anaç olarak, *C. maxima* × *C. moschata* ve *Lagenaria siceraria* türleri başta olmak üzere, *C. moschata*, *Citrullus lanatus* var. *citroides*, *C. ficifolia* ve *C. maxima* türlerine

ait olan anaçlar kullanılmaktadır (King et al., 2010). Karpuzda aşılama ilk olarak, Kore ve Japonya'da 1920 yılında, karpuzda (*C. lanatus*) *Fusarium* solgunluğu hastalığına karşı direncini artırmak amacıyla su kabağı (*L. siceraria*) anacı üzerine aşılama başlanmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Nisini et al., 2002). Karpuz bitkisinde anaç olarak tuza tolerans *Lagenaria* spp. ve *Cucurbita* spp. kabak anaçlarının kullanılması, karpuzun tuzluluğa toleransını arttırabilir (Uygur & Yetisir, 2009). Karpuz anaç olarak *Lagenaria siceraria* kullanıldığında tuza toleransının ve meyve kalitesinin, *C. moschata* anacı üzerine aşıllı veya aşılsız bitkilere göre daha iyi olduğunu bilinmektedir (Yan et al., 2018). Bu çalışmanın amacı farklı melez kombinasyonları ile elde edilen su kabağı melezlerinin, su kültürü koşullarında tuz stresine karşı tolerans düzeylerinin morfolojik ve fizyolojik olarak belirlenmesidir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmanın bitkisel materyali

Melez bireylerin elde edilmesinde kullanılan S7 kademesindeki ana hatların (4 adet) tuz stresine tolerant olduğu daha önceki çalışmalarda belirlenmiştir (Yetisir et al., 2016). S3 kademesindeki 6 adet baba hat ise ticari su kabağının açılmasıyla elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan melez genotipler ana ve baba ebeveyn hatların farklı kombinasyonlarda melezlenmesiyle elde edilmiştir (Çizelge 1). Su kültürü çalışmasında kullanılmak üzere her genotipten 20'şer adet tohum ekilmiş ve fideler serada kontrollü koşullarda büyütülmüştür.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan bitkisel materyal listesi

Table 1. The list of plant materials used in the study

Melez Kombinasyonları (<i>Lagenaria siceraria</i> × <i>Lagenaria siceraria</i>)			Ana Hat Kodu (<i>Lagenaria siceraria</i>)	Baba Hat Kodu (<i>Lagenaria siceraria</i>)
Ana Hat Kodu	Baba Hat Kodu	Melez Kodu		
1	A13	1×A13	1	A1
6	A11	6×A11	6	A10
8	A16	8×A16	8	A11
8	A13	8×A13	9	A12
6	A12	6×A12		A13
9	A1	9×A1		A16
9	A11	9×A11		
6	A10	6×A10		
9	A16	9×A16	Kontrol	Ticari Anaç (<i>Lagenaria siceraria</i>)

Su kültürü sisteminin kurulması ve tuz testlemesi

Fide dönemi tuz testlemeleri Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi'nde tam otomasyonlu venlo tip cam AR-GE serasında yürütülmüştür. Denemede 9 adet melez genotip, bunların ana ve baba hatları olan genotipler ve kontrol amaçlı kullanılacak olan ticari anaçın 2-3 gerçek yapraklı aşamadaki fideleri su kültürü ortamına (üst yüzeyleri delikli kompozit levha ile kapatılmış 130 L'lik ve zaman ayarlı havalandırma yapılan saksılara) tesadüf parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 3'er bitki olacak şekilde dikilmiştir (Her bir konu için 9=kontrol, 9=tuz uygulaması). Su kültürü çözeltisinin bileşimi; 1500 µM Ca (NO₃)₂, 750 µM K₂SO₄, 650 µM MgSO₄, 500 µM KH₂PO₄, 10 µM H₃BO₃, 0,5 µM MnSO₄, 0,5 µM ZnSO₄, 0,4 µM CuSO₄, 0,4 µM MoNa₂O₄ ve 80 µM Fe EDDHA içerecek şekilde hazırlanmış ve pH 6.5'a ayarlanmıştır. Dikimden 2 gün sonra tuz uygulamasına kademeli olarak başlanmış ve 6. günde 10.00 dS/m'e ulaşılmıştır. Tuz uygulaması çözelti içerisine NaCl eklemesi şeklinde yapılmıştır. Tuzlu koşulların yanı sıra, aynı genotipler tuzsuz (1.8 dS/m) koşullarda da yetiştirilmiştir. Tam NaCl dozu olan 10 dS/m'e ulaşıldıktan sonra bitkiler 21 gün su kültüründe yetiştirilmiştir ve deneme sonlandırılmıştır.

Tuz testlemesinde bitkilerde ölçülen parametreler

Bitkisel gelişimin görsel değerlendirilmesi için 0-5 skalası kullanılmıştır. Tuz stresi uygulaması yapılmayan bitkiler (Kontrol), 0 kabul edilmiş ve bitkilerin tuzdan etkilenme derecesine göre; 1: Yapraklarda

kıvrılma ve lokal sararma, 2: Yapraklarda 1/4 nekrotik leke ve sararma, 3: Yapraklarda dökülme başlaması ve 2/4 nekrotik leke, 4: Ölümlerin başlaması ve yapraklarda 3/4 oranında nekrotik leke, 5: Bitkilerin tamamen ölmesi ve/veya yapraklarda %4/5 oranında şiddetli nekrotik leke görülmesi şeklinde değerlendirilmiştir. SPAD indeksi, (SPAD-502, Minolta corporation, Ltd., Osaka, Japan). cihazı ile belirlenmiştir. Bitki ana gövde çapı, kotiledon yaprakların altından dijital kumpas yardımı ile mm olarak ölçülmüştür. Bitki ana gövde uzunluğu, metre yardımı ile cm olarak ölçülmüştür. Yaprak sayısı (adet/bitki), deneme sonunda bitkiye ait tüm yapraklar sayılmıştır. İyon sızıntısı Premchandra et al. (1990) ile Sairam & Saxena (2000)'in yöntemlerine göre belirlenmiştir. Yaprak-gövde ve kök taze ağırlığı, deneme sonunda bitkiler kök ve diğer organlarına ayrıldıktan sonra tartılarak belirlenmiştir (g). Yaprak-gövde ve kök kuru ağırlığı ise, taze ağırlığı belirlenen örneklerin 65°C'de 48 saat etüvde kurutulması ile tespit edilmiştir (g). Kök uzunluğu (cm), çapı (mm) ve hacmini (cm³) belirlemek için, her çalışma konusundan 5 g kök taze alt örneği alınmış ve alt örneklerin kök uzunluğu, hacmi ve çapı kök görüntüleme programı kullanılmıştır (WinRhizoRegular LA2400, Regent Instruments). Beş gram kök için belirlenen değerler, toplam taze ağırlıkları ile orantılanarak bitkilerin kök uzunluğu ve kök hacimleri hesaplanmıştır. Su kültürü çalışmasından elde edilen veriler, %5 önem düzeyinde (IBM, Chicago, IL, ABD) SPSS 18.0 istatistik programı kullanılarak veriler tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile analiz edilmiş ve ortalamalar arasındaki fark Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir. XLSTAT Software (XLSTAT, ABD) istatistik programı kullanılarak temel bileşen analizi (TBA) yapılmıştır. Kümeleme analizi PAST istatistik programı (versiyon 4.03, ABD) kullanılmıştır.

ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Çalışmamızda tuz stresine tolerant ve duyarlı bitkilerin belirlenmesinde önemli bir kriter olan 0-5 skala değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Tuz stresinden 0-5 skala değerlendirmesine göre en az etkilenenler 2 skala değeriyle; 1xA13, 8xA16, 8xA13, 6xA12, 9xA1, 9xA11 ve 6xA10 nolu melez kombinasyonları ve A1 ve A12 nolu baba hatları olmuştur. Skala değeri 3 olanlar ise; ana hatların hepsi, baba hatlardan A10, A11, A13 ve A14 nolu olanlar ve 6xA11, 9xA16 nolu melez kombinasyonları olmuştur. Görsel skala derecelendirmesi her ne kadar gözlemsel bir değerlendirme yöntemi olsa da birçok araştırmacı tarafından genotiplerin tuz stresine dayanımlarını sınıflandırmada yaygın olarak kullanılmaktadır (Emirzeoğlu & Başak, 2020). Görsel skala değerlendirmesinde 6xA11 ve 9xA16 melez kombinasyonları hariç diğer tüm melezlerin, ana ve baba hatlar ile ticari su kabağı çeşidinden tuz stresinden daha az etkilenerek daha düşük skala değeri (2) almış olması, bu melez kombinasyonlarında değişen düzeylerde de olsa ana ve baba hatlardan tuza daha yüksek tolerans gösterdiği belirlenmiştir.

Çizelge 2. Tuzlu (10 dS/m) koşullarında yetiştirilen bitkilerde 0-5 görsel skala değerleri

Table 2. Visual scale values of 0-5 in plants grown in saline (10 dS/m) conditions

Genotipler	Skala Değeri	Genotipler	Skala Değeri
1xA13	2	6	3
6xA11	3	8	3
8xA16	2	9	3
8xA13	2	A1	2
6xA12	2	A10	3
9xA1	2	A11	3
9xA11	2	A12	2
6xA10	2	A13	3
9xA16	3	A16	3
1	3	Ticari Anaç (<i>Lagenaria siceraria</i>)	3

0: Hiç etkilenme yok (kontrol bitkileri) 1: Büyümede yavaşlama (kontrol bitkilerine göre) 2: Alt yapraklarda solgunluk başlangıcı 3: Üst yapraklarda kıvrılma (kapanma) ve solgunluk 4: Yapraklarda şiddetli solgunluk ve sararma, yaprak kenarlarında kuruma başlangıcı. 5: Bitkilerde solma ve alt yapraklarda kuruma.

Kontrol ve tuzlu koşullarda yetiştirilen melez kombinasyonları, ana ve baba hatlar ile kontrol olarak kullanılan ticari anacın gövde taze ve kuru ağırlıkları ile kontrole göre % değişimleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Kontrol (1.8 dS/m) ve tuzlu (10 dS/m) koşullarında yetiştirilen bitkilerin gövde (gövde+yaprak) taze ve kuru ağırlıkları
Table 3. Stem (stem+leaf) fresh and dry weights of plants grown in control (1.8 dS/m) and saline (10 dS/m) conditions

Genotipler	Gövde Taze Ağırlık (g/bitki)			Gövde Kuru Ağırlık (g/bitki)			
	Kontrol	Tuz	%D	Kontrol	Tuz	%D	
Melez Kombinasyonları	1xA13	86.33e-g	24.52cd	72	8.71ef	2.59cd	70
	6xA11	117.92c-f	16.13ef	86	11.94c-e	1.73e-g	86
	8xA16	152.53bc	28.07bc	82	15.46bc	2.91bc	81
	8xA13	166.16ab	31.37ab	81	17.05ab	3.27ab	81
	6xA12	208.11a	33.56ab	84	20.89a	3.49ab	83
	9xA1	142.39b-d	30.53a-c	79	14.38b-d	3.16a-c	78
	9xA11	154.33bc	35.55a	77	15.64bc	3.69a	76
	6xA10	128.22b-e	34.77a	73	13.26b-d	3.58ab	73
	9xA16	150.23bc	10.92fg	93	15.17bc	1.23f-h	92
	Ortalama	145.14	27.27	80	14.72	2.85	80
Ana Hatlar	1	102.43d-g	11.78fg	89	10.36d-f	1.32f-h	87
	6	85.85e-g	9.14g	89	8.92ef	1.02h	89
	8	83.74fg	9.47g	89	8.48ef	1.08gh	87
	9	138.25b-d	8.52g	94	13.95b-d	0.99h	93
	Ortalama	102.57	9.73	90	10.43	1.10	89
Baba Hatlar	A1	79.37f-h	16.71ef	79	8.15e-g	1.80ef	78
	A10	30.21i	11.76fg	61	3.45h	1.31f-h	62
	A11	38.90hi	10.64fg	73	3.97gh	1.17f-h	70
	A12	67.98g-i	20.48de	70	6.94f-h	2.18de	69
	A13	39.92hi	7.96g	80	4.20gh	0.96h	77
	A16	31.21i	6.95g	78	3.49h	0.80h	77
	Ortalama	47.93	12.42	73	5.03	1.37	72
Kontrol	Ticari Anaç	104.65d-g	11.56fg	89	10.77d-f	1.29f-h	88
Genotip			***			***	
Tuz			***			***	

*%5; ** 0.01. ***0.001 seviyesinde önemli. Ö.D: Önemli Değil. %D: yüzde değişim.

Tuzlu koşullarda yetiştirilen melez kombinasyonlarının gövde taze ağırlık ortalaması 27.27 g, ana hatların 9.73 g, baba hatların 12.42 g olarak tespit edilirken, kontrol olarak kullanılan ticari anacın gövde taze ağırlığı ise 11.56 g olarak belirlenmiştir. Tuzlu koşullarda en yüksek gövde taze ağırlığına sahip olan melez kombinasyonları sırasıyla 9xA11 (35.55 g) ve 6xA10 (34.77 g) nolu kombinasyonlar olurken, en düşük gövde taze ağırlığı baba hat olan A16 (6.95 g) ve A13 (7.96 g) nolu bitkilerde ölçülmüştür. Gövde kuru ağırlıkları, gövde taze ağırlık verileri ile paralellik gösterirken, benzer şekilde tuzlu koşullarda da en yüksek gövde kuru ağırlığı ortalaması 2.85 g ile melez kombinasyonlarında belirlenirken, ana hatlar 1.10 g, baba hatlar 1.37 g ve kontrol olarak kullanılan ticari anacın gövde kuru ağırlığı ise 1.29 g olarak belirlenmiştir. Tuzlu koşullarda en yüksek gövde kuru ağırlığına sahip olan melez kombinasyonları, gövde yaş ağırlığında olduğu gibi, sırasıyla 9xA11 (3.69 g) ve 6xA10 (3.58 g) nolu melez kombinasyonları olarak tespit edilmiştir. Tuz stresi uygulaması ile kontrol koşullarına göre gövde kuru ağırlığı en fazla azalan bitkiler ana hatlar (%89) ve ticari anaç (%88) olmuştur. Baba hatlarda (%72) ve melez kombinasyonlarında (%80) daha düşük oranda azalma saptanmıştır. Kontrol ve tuzlu koşullarda yetiştirilen 160 adet su kabağının tümü, tuz uygulamasından olumsuz etkilenmiş ve bitki büyüme parametreleri farklı düzeylerde azalmıştır. Sürgün taze ağırlığındaki azalmalar kontrole kıyasla %6 ile %93 arasında değişmiştir (Yetişir et al., 2016). Aydın & Yetişir (2023a) hıyar bitkisinde anaç kullanımının tuz stresi etkisini azalttığı ve tüm aşı kombinasyonlarında, aşılı bitkilerin kontrol bitkilerinden daha yüksek kök taze ağırlığına sahip olduğunu bildirmişlerdir. Bulgularımızla uyumlu olarak Munns & Tester (2008) tuzlu koşullarda yeşil aksamdaki gelişme engellenmesinin köklere oranla daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

Tuz stresi koşullarında yetiştirilen bitkilerde en yüksek kök taze ve kuru ağırlığı ortalamaları, gövde taze ve kuru ağırlıkların da olduğu gibi melez kombinasyonlarında elde edilmiştir (Çizelge 4). Tuzlu

koşullarda en yüksek kök taze ağırlığı melez kombinasyonları arasında yer alan 6xA10 (24.85 g), 6xA12 (22.49 g) ve 9xA1 (22.19 g) nolu bitkilerinde ölçülürken, en düşük kök taze ağırlıkları ise sırasıyla baba hatlar arasında bulunan A13 (4.21 g), A16 (4.61 g) ve ana hatlar arasında bulunan 6 (4.84 g) ve 9 (4.88 g) nolu bitkilerde ölçülmüştür (Şekil 1). Tuz stresi uygulanmış bitkilerde, 9xA16 melezi hariç, tüm melez kombinasyonlarının kök taze ve kuru ağırlıkları ticari anaçtan önemli düzeyde yüksek belirlenmiştir.



Şekil 1. Tuz stresi koşullarında yetiştirilen 6xA12 ve 9xA1 melez kombinasyonları ve ana, baba hatları.

Figure 1. 6xA12 and 9xA1 hybrid combinations and parents grown under salt stress conditions.

Çizelge 4. Kontrol (1.8 dS/m) ve tuzlu (10 dS/m) koşullarında yetiştirilen bitkilerin kök taze ve kuru ağırlıkları

Table 4. Root fresh and dry weights of plants grown in control (1.8 dS/m) and saline (10 dS/m) conditions

Genotipler	Kök Taze Ağırlık (g/bitki)			Kök Kuru Ağırlık (g/bitki)			
	Kontrol	Tuz	%D	Kontrol	Tuz	%D	
Melez Kombinasyonları	1xA13	23.29e-h	17.83b	23	2.41d-h	1.89bc	21
	6xA11	34.41c-e	9.59cd	72	3.58cd	1.09de	70
	8xA16	45.36b-d	17.09b	62	4.75bc	1.84c	61
	8xA13	65.03a	16.99b	74	6.94a	1.80c	74
	6xA12	49.93b	22.49a	55	5.07b	2.39a	53
	9xA1	28.87e-g	22.19a	23	3.03d-f	2.32ab	23
	9xA11	64.96a	17.42b	73	6.71a	1.88c	72
	6xA10	46.01bc	24.85a	46	5.03b	2.59a	49
	9xA16	48.54b	5.59de	88	5.00b	0.70e-g	86
	Ortalama	45.16	17.12	57	4.72	1.83	56
Ana Hatlar	1	20.42f-i	9.18cd	55	2.16e-h	1.06d-f	51
	6	24.94e-h	4.84e	81	2.83d-g	0.59g	79
	8	16.95g-i	6.67de	61	1.81f-h	0.80e-g	56
	9	45.13b-d	4.88e	89	4.63bc	0.62fg	87
	Ortalama	26.86	6.39	71	2.86	0.77	68
Baba Hatlar	A1	23.80e-h	12.02c	50	2.59d-h	1.34d	48
	A10	16.91g-i	9.18cd	46	2.12e-h	1.05d-f	50
	A11	14.23hi	6.24de	56	1.50gh	0.73e-g	51
	A12	32.72d-f	5.97de	82	3.42c-e	0.73e-g	79
	A13	14.18hi	4.21e	70	1.63gh	0.59g	64
	A16	9.69i	4.62e	52	1.34h	0.56g	58
	Ortalama	18.59	7.04	59	2.10	0.83	58
Kontrol	Ticari Anaç	13.61hi	7.32de	46	1.66gh	0.87e-g	48
Genotip			***			***	
	Tuz		***			***	

*%5; ** 0.01. ***0.001 seviyesinde önemli. Ö.D: Önemli Değil. %D: yüzde değişim.

Kontrol ve tuzlu koşullarda yetiştirilen bitkilerin taze ve kuru ağırlıkları arasında paralellik tespit edilirken, tuzlu koşullarda yetiştirilen bitkilerde kontrol koşullarına göre kök kuru ağırlıklarında en fazla azalış ana hatlarda (%68) belirlenirken, en düşük azalış ise kontrol bitkisinde (%48) ve sonrasında melez kombinasyonlarında (%56) belirlenmiştir. Tuz stresi altında kök taze ağırlığında olduğu gibi kök kuru ağırlığında da en yüksek değerler 6xA10 (2.59 g), 6xA12 (2.39 g) ve 9xA1 (2.32 g) nolu melez kombinasyonlarında ölçülmüştür. Gövde ve kök yaş-kuru ağırlıklarının tuz stresinden etkilenme düzeyleri karşılaştırıldığında, kontrol bitkilerine kıyasla, gövde yaş ve kuru ağırlıklarında daha yüksek oranlarda azalma tespit edilmiştir. Tuzlu stresi koşullarında, farklı anaçlar üzerine aşılana karpuzların, biomaslarında aşısızlara göre daha az azalmanın olduğu farklı araştırmacılar tarafından bildirilmektedir (Colla et al., 2006; Uygur & Yetisir, 2009). Alzahrani et al. (2018) tuzluluk gibi abiotik stres faktörlerinin kök anatomisi üzerinde belirgin etkiler yaratabildiğini, kök gelişimini olumsuz etkileyebileceğini ifade etmişlerdir.

Tuzlu koşullarda yetiştirilen tüm bitkilerin gövde çapında değişen oranlarda azalmalar meydana gelmiştir (Çizelge 5). En yüksek oranda azalma baba hatlarda (%34) belirlenirken, en düşük oranda azalma ise kontrol bitkisinde (%6) tespit edilmiştir. Tuz stresi altındaki tüm melez kombinasyonlarının gövde çapları, ticari anaçtan önemli düzeyde daha yüksek belirlenmiştir. Tuzlu koşullarda yetiştirilen bitkilerde en yüksek gövde uzunluğu ortalaması melez kombinasyonlarında 40.74 cm, olarak ölçülürken, en düşük gövde uzunluğu ortalaması ise baba hatlarda 11.89 cm olarak ölçülmüştür.

Çizelge 5. Kontrol (1.8 dS/m) ve tuzlu (10 dS/m) koşullarında yetiştirilen bitkilerin gövde çapı, gövde uzunluğu, yaprak sayısı

Table 5. Stem diameter, stem length, number of leaves of plants grown in control (1.8 dS/m) and saline (10 dS/m) conditions

Genotipler	Gövde Çapı (mm/bitki)			Gövde Uzunluğu (cm/bitki)			Yaprak sayısı (adet/bitki)			
	Kontrol	Tuz	%D	Kontrol	Tuz	%D	Kontrol	Tuz	%D	
Melez Kombinasyonları	1xA13	6.95a-c	4.72ab	32	89.33hi	32.33fg	64	8.00c-e	4.67d-g	42
	6xA11	6.35bc	5.19ab	18	119.00fg	23.00gh	81	7.67d-f	5.00c-g	35
	8xA16	8.43ab	5.41ab	36	130.67c-g	30.67fg	77	7.33d-f	5.67b-f	23
	8xA13	7.04a-c	5.55ab	21	157.00a-c	47.33cd	70	9.33a-d	6.67a-d	29
	6xA12	7.82ab	5.46ab	30	149.67a-e	65.67a	56	11.67a	7.67ab	34
	9xA1	6.37bc	5.47ab	14	124.00e-g	44.00c-e	65	7.67d-f	6.00a-e	22
	9xA11	5.94b-d	5.42ab	9	166.00ab	57.67ab	65	9.67a-d	8.00a	17
	6xA10	6.14b-d	5.76a	6	129.00d-g	50.33bc	61	8.33b-e	7.00a-c	16
	9xA16	6.98a-c	4.87a	30	154.00a-d	15.67hi	90	9.67a-d	3.33g	66
	Ortalama	6.89	5.32	21	135.41	40.74	69	8.81	6.00	31
Ana Hatlar	1	5.39cd	4.51ab	16	145.00b-f	32.00fg	78	11.33ab	4.00e-g	65
	6	4.50cd	4.20ab	7	114.50gh	31.00fg	73	8.33b-e	3.67fg	56
	8	4.45cd	3.99b	10	117.00g	35.33ef	70	7.67d-f	4.33e-g	43
	9	6.23b-d	4.67ab	25	172.33a	37.33d-f	78	11.00a-c	4.00e-g	64
	Ortalama	5.14	4.34	14	137.21	33.92	74	9.58	4.00	56
Baba Hatlar	A1	6.82a-c	5.40ab	21	70.33i	14.67hi	79	6.67d-f	4.67d-g	30
	A10	8.13ab	5.01ab	38	12.33j	11.67i	5	4.67fg	4.00e-g	14
	A11	8.17ab	4.41ab	46	15.00j	13.67hi	9	5.33e-g	3.00g	44
	A12	9.48a	5.15ab	46	33.33j	10.67i	68	5.33e-g	3.67fg	31
	A13	6.90a-c	4.60ab	33	12.67j	10.33i	18	3.33g	3.00g	10
	A16	6.00b-d	4.57ab	24	12.00j	10.33i	14	3.33g	3.00g	10
	Ortalama	7.58	4.86	34	25.94	11.89	32.29	4.78	3.56	23
Kontrol	Ticari Anaç	3.50d	3.30b	6	114.50gh	39.00d-f	66	8.33b-e	4.00e-g	52
Genotip		***			***		***		***	
Tuz		***			***		***		***	

*%5; ** 0.01. ***0.001 seviyesinde önemli. Ö.D: Önemli Değil. %D: yüzde değişim.

Tuz stresi altındaki bitkilerde en uzun gövde boyu 6xA12 (65.67 cm) nolu melez kombinasyonunda belirlenirken, en kısa gövde boyu baba hatlar arasında bulunan A13 ve A16 nolu hatlarda saptanmıştır. Tuz stresi uygulanan bitkilerin yaprak sayısında kontrol koşullarında yetiştirilen bitkilere kıyasla azalma tespit edilse de yaprak sayısında en yüksek azalma oranı %56 ile ana hatlarda ve %52 ile ticari anaçta tespit edilmiştir. Yaprak sayısında en düşük oranda azalma ise %23 ile baba hatlarda ve %31 ile melez kombinasyonlarında belirlenmiştir (Çizelge 4). Gövde ve kök taze-kuru ağırlıklarında olduğu gibi, tuz stresi altında, 9XA16 melezi hariç, tüm melez kombinasyonlarının yaprak sayısı ticari anaçtan daha yüksek belirlenmiştir. Naseer et al. (2022) "Nuefield" ve "Crystal long" su kabağı çeşitlerinde tuz stresi altında en yüksek yaprak sayısı, sürgün uzunluğu ve kök uzunluğu, bitki taze ağırlığı ve bitki kuru ağırlığı elde etmişlerdir. Tuz stresi altındaki bitkilerin köklerinin su alma potansiyelinin önemli düzeyde azaldığını, kök gelişimi ve gövde uzamasında gerilemenin olduğunu, gövde çapları ve bitki boylarının ve yaprak alanının kontrole kıyasla azaldığını bildirilmiştir (Aydın & Yetişir, 2023a). Bulgularımızda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Tuz stresinin, bitki bünyesinde morfolojik ve fizyolojik olarak pek çok değişime neden olduğu birçok araştırmacı tarafından bildirilmektedir (Morton et al., 2019; Pailles et al., 2020).

Tuzlu koşullarda yetiştirilen bitkilerin kök görüntüleme ve analiz sistemi ile belirlenen kök uzunluklarında, kontrol koşullarında yetiştirilen bitkilerin kök uzunluklarına göre %17 ile %93 oranları arasında azalmalar meydana gelmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Kontrol (1.8 dS/m) ve tuzlu (10 dS/m) koşullarında yetiştirilen bitkilerin kök uzunluğu, kök hacmi, kök çapı

Table 6. Root length, root volume, root diameter of plants grown in control (1.8 dS/m) and saline (10 dS/m) conditions

Genotipler	Kök uzunluğu (cm)			Kök hacmi (cm ³)			Kök çapı (mm)			
	Kontrol	Tuz	%D	Kontrol	Tuz	%D	Kontrol	Tuz	%D	
Melez Kombinasyonları	1xA13	4940.52fg	4095.67d-f	17	12170.00e-h	9600.00cd	21	0.48a	0.57a	-20
	6xA11	10161.11d-f	2728.67f-i	73	17562.27c-e	4993.19ef	72	0.48a	0.46e	4
	8xA16	21299.60c	3808.62e-g	82	23377.24b-d	9374.88cd	60	0.37b-d	0.56a	-54
	8xA13	43908.17a	5262.37b-d	88	40771.72a	12181.83b	70	0.36b-d	0.56a	-57
	6xA12	24269.35c	6291.20b	74	25179.68b	15428.14a	39	0.35cd	0.56a	-61
	9xA1	5981.12fg	4898.81c-e	18	12964.13e-g	8492.65d	34	0.34de	0.48c-e	-43
	9xA11	33031.69b	5106.78b-e	85	37743.70a	12887.46b	66	0.39bc	0.55ab	-43
	6xA10	22934.45c	13270.73a	42	24431.31bc	11033.40bc	55	0.38b-d	0.34g	9
	9xA16	23373.62c	1611.41i	93	21261.98b-d	2440.97g	89	0.34de	0.42f	-26
	Ortalama	20608.95	5230.47	63	23940.22	9603.61	56	0.39	0.50	-32
Ana Hatlar	1	10679.96d-f	2884.84f-i	73	10194.72f-i	6160.60e	40	0.36b-d	0.51cd	-42
	6	13149.20de	1799.24hi	86	13492.54e-g	2829.45fg	79	0.36b-d	0.47e	-29
	8	8788.04d-f	3159.11f-h	64	11036.62e-i	3973.33e-g	64	0.46a	0.41f	11
	9	20949.30c	2046.61hi	90	16561.49d-f	2791.64fg	83	0.31e	0.41f	-32
	Ortalama	13391.63	2472.45	78	12821.34	3938.76	66	0.37	0.45	-23
Baba Hatlar	A1	10253.83d-f	5912.20bc	42	7274.67g-j	5731.95e	21	0.30e	0.36g	-20
	A10	7408.27e-g	3917.61d-g	47	5264.33h-j	3939.65e-g	25	0.30e	0.36g	-19
	A11	4343.00fg	2657.16ghi	39	4221.33ij	2786.61fg	34	0.36b-d	0.36g	0
	A12	14039.06d	2401.13hi	83	5887.00h-j	2495.46g	58	0.30e	0.36g	-20
	A13	5981.12fg	1556.89i	74	5270.23h-j	2500.16g	53	0.34de	0.47de	-40
	A16	4572.43fg	1758.25i	62	3228.89j	2402.59g	26	0.30e	0.42f	-39
	Ortalama	7766.29	3033.87	57	5191.08	3309.40	36	0.32	0.39	-22
Kontrol	Ticari Anaç	5915.27fg	2225.00hi	62	7370.28g-j	4399.76e-g	40	0.40b	0.51bc	-29
Genotip		***		***		***		***		***
Tuz		***		***		***		***		***

*%5; ** 0.01. ***0.001 seviyesinde önemli. Ö.D: Önemli Değişim. %D: yüzde değişim.

En yüksek oranda azalma incelenen diğer parametrelerde de melez kombinasyonları içerisinde en kötü performansı gösteren 9xA16 (%93) melezinde elde edilirken, en düşük oranda azalma ise 1xA13 (%17) kodlu melez kombinasyonunda belirlenmiştir. Tuzlu koşullarda en fazla kök uzunluğu 6xA10 (13270.73 cm) melezinde ölçülürken, en düşük kök uzunluğu ise baba hatlardan A13 (1556.89 cm) kodlu bitkide ölçülmüştür. Tuz stresi kök uzunluğunda olduğu gibi tüm genotiplerin kök hacmini de önemli düzeyde azaltmıştır. Kök hacminde en yüksek oranda azalma ana hatlar arasında yer alan 9 (%83) kodlu bitkide tespit edilirken, en düşük azalma oranı ise %21 ile 1xA13 melez ve A1 nolu baba hatta tespit edilmiştir. Tuz stresi altında bir genotipin kök çapı değişmezken, on altı genotipin kök çapı artmış ve üç genotipin ise azalmıştır. Tuz stresi koşullarında en yüksek kök çapı 0.56 mm ile 8xA16, 8xA13 ve 6xA12 nolu melez kombinasyonlarında ölçülürken, en düşük ise 0.34 mm ile 6xA10 nolu melez kombinasyonunda ölçülmüştür. Aydın & Yetişir (2023a) genel olarak aşılı hıyar bitkilerinin hem kontrol hem de tuz stresi altında daha uzun köklere sahip olduğunu ve tuzluluk gibi abiyotik stres faktörlerinin kök anatomisi üzerinde belirgin etkiler yaratabildiğini, kök gelişimini olumsuz etkileyebileceğini ifade etmişlerdir.

Tuz stresi bitkilerin yaprak iyon sızıntısını %12 ile %73 oranları arasında artırırken, kök iyon sızıntısını ise %43 ile %91 oranları arasında artırmıştır (Çizelge 7).

Çizelge 7. Kontrol (1.8 dS/m) ve tuzlu (10 dS/m) koşullarında yetiştirilen bitkilerin yaprak, kök iyon sızıntısı, SPAD indeksi

Table 7. Leaf, root ion leaching, SPAD index of plants grown in control (1.8 dS/m) and saline (10 dS/m) conditions

Genotipler	Yaprak iyon sızıntısı (%)			Kök iyon sızıntısı (%)			SPAD İndeksi			
	Kontrol	Tuz	%D	Kontrol	Tuz	%D	Kontrol	Tuz	%D	
Melez Kombinasyonları	1xA13	56.31bc	74.57c-f	-32	51.60b-e	73.94e	-43	39.87c-g	53.20cd	-33
	6xA11	54.64bc	72.81c-g	-33	52.89a-e	80.15c-e	-52	36.60g	50.03c-f	-37
	8xA16	54.69bc	69.36e-g	-27	57.64ab	89.59a-d	-55	39.47c-g	55.87a-d	-42
	8xA13	54.56bc	70.23e-g	-29	53.66a-d	88.34a-d	-65	41.97a-f	54.67cd	-30
	6xA12	59.20ab	70.93d-g	-20	52.52b-e	88.12a-d	-68	42.97a-f	53.97cd	-26
	9xA1	55.75bc	62.66g	-12	51.11b-e	91.52a-d	-79	43.10a-f	55.43a-d	-29
	9xA11	54.39bc	66.11fg	-22	52.15b-e	88.16a-d	-69	38.40e-g	55.13b-d	-44
	6xA10	57.08a-c	68.64e-g	-20	47.21de	90.18a-d	-91	41.80a-f	50.30c-e	-20
	9xA16	56.11bc	69.03e-g	-23	56.47a-c	90.26a-d	-60	44.03a-c	48.77d-g	-11
	Ortalama	55.86	69.37	-24	52.81	86.70	-64	40.91	53.04	-30
Ana Hatlar	1	54.02bc	89.47a	-66	54.67a-c	89.50a-d	-64	42.47a-f	41.23fg	3
	6	52.89bc	91.34a	-73	56.63a-c	92.31a-c	-63	38.33fg	40.63g	-6
	8	55.95bc	82.61a-d	-48	59.69a	94.33ab	-58	39.03d-g	44.07e-g	-13
	9	64.73a	84.59a-c	-31	53.12a-e	96.47a	-82	43.37a-d	48.60d-g	-12
	Ortalama	56.90	87.00	-54	56.03	93.15	-66	40.80	43.63	-7
Baba Hatlar	A1	58.16a-c	80.20a-e	-38	51.28b-e	87.94a-d	-72	45.63a	63.77ab	-40
	A10	51.05c	82.40a-d	-61	46.31e	84.07b-e	-82	46.37a	58.33a-c	-26
	A11	54.18bc	75.37b-f	-39	50.90b-e	80.49c-e	-58	43.27a-e	52.20c-e	-21
	A12	51.85bc	87.09ab	-68	51.04b-e	79.20de	-55	44.83ab	52.30c-e	-17
	A13	56.53bc	76.24b-f	-35	52.63a-e	86.10a-e	-64	45.77a	64.20a	-40
	A16	55.20bc	86.89ab	-57	49.57c-e	83.87b-e	-69	46.13a	48.67d-g	-5
	Ortalama	54.49	81.37	-49	50.29	83.61	-66	45.33	56.58	-24
Kontrol	Ticari Anaç	55.48bc	80.18a-e	-45	53.75a-d	93.06ab	-73	40.10b-g	48.83d-g	-22
Genotip		***			***		***			
Tuz		***			***		***			

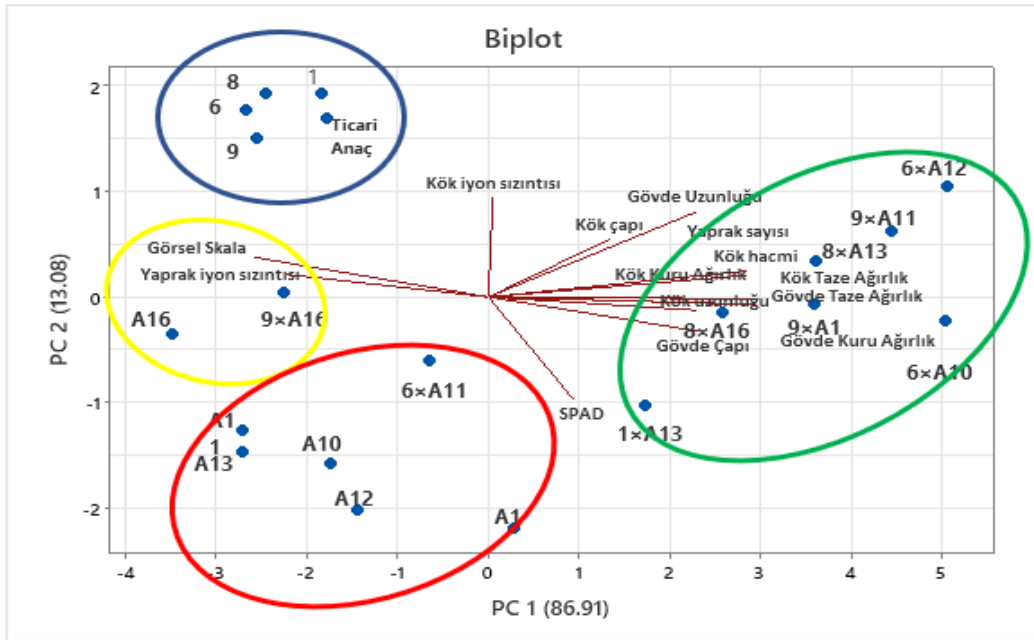
***0.001 seviyesinde önemli. Ö.D: Önemli Değil. %D: yüzde değişim.

Tuzlu koşullarda melez kombinasyonların yaprak iyon sızıntısı ortalaması %69.37, ana hatların %87.17, baba hataların %81.37 ve kontrol bitkisi olan ticari anacın ise %80.18 olmuştur. Melez bitkilerin

diğer bitkilerden daha düşük yaprak iyon sızıntısı düzeyine sahip olması, incelenen diğer parametrelerde elde edilen verilerle de desteklenerek tuz stresine daha fazla tolerans gösterdiklerini kanıtlanması bakımından önemli bulunmuştur. Tuzlu koşullarda en yüksek kök iyon sızıntısı ana hatlardan birisi olan 9 nolu hatta %96.47 olarak ölçülürken, en düşük ise %73.94 ile 1×A13 melez bitkisinde elde edilmiştir. Tuzlu koşullarda melez bitkilerin kök iyon sızıntısı ortalaması %86.70 iken, ticari hibrit su kabağı anacının ise %93.06 olmuştur. Tuz stresi altında ana hat olan 1 nolu bitki hariç diğer genotiplerin SPAD indeksi farklı oranlarda artış göstermiştir. Tuz uygulaması ile SPAD indeksinde en yüksek artış %44 ile 9×A11 melez bitkisinde elde edilmiştir. Tuzlu koşullarda melez kombinasyonların SPAD indeksi ortalaması 53.04, ana hatların 43.63, baba hataların 56.58 ve kontrol bitkilerinin ise 48.83 olmuştur. Bitkilerde hücre zarının bütünlüğünün ve stabilitesinin bir göstergesi olan yaprak ve kök iyon sızıntısı, bitkilerin strese tolerans düzeyini belirlemede önemli bir parametre olarak kullanılmaktadır (Kocheva et al., 2004). Stres sonucu oluşan iyon sızıntısının miktarının belirlenmesi, dokularda oluşabilecek zararlanmalarının düzeyinin belirlenmesine imkân sağlamaktadır. Bu değişim süreci içerisinde tuz stresine en hassas olan bitki organları ise yapraklardır. Bulgularımızda belirlenen tuzlu koşullarda yaprak SPAD indeks değerlerinde ortaya çıkan artışın tuzun kök bölgesinin osmotik basıncını yükseltmesi sonucu oluşan su alımındaki azalmadan kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Aydın & Yetişir, 2023a).

Tuz stresi altındaki bitkilerin morfolojik ve fizyolojik parametrelerine dayalı temel bileşen analizi

Tuz stresi koşullarında yetiştirilen su kabağı görsel skala, gövde taze ağırlık, gövde kuru ağırlık, kök taze ağırlık, kök kuru ağırlık, gövde çapı, gövde uzunluğu, yaprak sayısı, kök uzunluğu, kök hacmi, kök çapı, yaprak ve kök iyon sızıntısı ve SPAD indeksine dayalı olarak yapılan temel bileşen analizi (TBA) Şekil 2 'de verilmiştir.



Şekil 2. Su kabağı genotiplerinin tuzlu koşullarda morfolojik ve fizyolojik özelliklerinin TBA'sı.

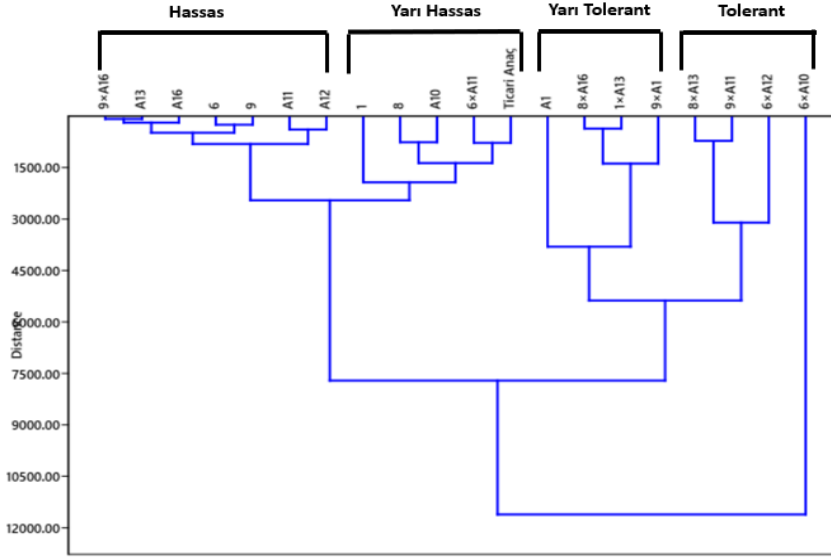
Figure 2. PCA of morphological and physiological characteristics of gourd genotypes in saline conditions.

TBA çizelgesine göre, toplam varyasyonun % 99.99'unu iki temel bileşen (PC1'e göre %86.91 ve PC2'ye göre %13.08) açıklamıştır. TBA çizelgesi incelendiğinde, ölçülen özelliklere göre melez kombinasyonlarının içinde bulunduğu yeşil daire, grafiğin sağ tarafında bulunan parametreler bakımından en iyi sonuç veren bitkilerdir. Sarı daire içinde bulunan A16 ve 9×A16 nolu bitkiler görsel skalası ve yaprak

iyon sızıntısı en yüksek olan bitkilerdir. En yüksek kök iyon sızıntısı ticari anaç ve ana hatların içinde bulunduğu mavi daire içerisinde yer alan bitkilerde belirlenmiştir. Kırmızı daire içinde yer alan genotipler ise, grafiğin ikinci ve dördüncü bölgesinde yer alan parametreler bakımından en kötü sonuç veren bitkilerden oluşmaktadır. Tuza dayanıklı hatları belirlemek için *Brassica napus* L. (Shuvo, 2021), *Zea mays* L. (Andrade et al., 2020), *Glycine max* (Azam et al., 2020), *Triticum aestivum* (Uzair et al., 2022) ve *Oryza sativa* (Das et al., 2019) gibi farklı tarımsal ürünlerde, temel bileşen analizi (TBA) kullanılmışlardır.

Tuz stresi altındaki bitkilerin morfolojik ve fizyolojik parametrelere göre kümeleme analizi

Tuz stresi uygulanan bitkilerde görsel skala, gövde taze ağırlık, gövde kuru ağırlık, kök taze ağırlık, kök kuru ağırlık, gövde çapı, gövde uzunluğu, yaprak sayısı, kök uzunluğu, kök hacmi, kök çapı, yaprak ve kök iyon sızıntısı ve SPAD indeksi parametrelerine göre hiyerarşik kümeleme analizi yapılmıştır (Şekil 3). 20 genotip tuz stresinden etkilenme derecesine göre hassas, yarı hassas, yarı tolerant ve tolerant olmak üzere dört ana gruba ayrılmışlardır. Noorka & Khaliq (2007) çeşitli özelliklere dayalı olarak farklı buğday genotiplerini gruplandırmak için kümeleme analizini kullanmış ve bir grup içindeki buğday genotiplerinin benzer özelliklere sahip olduğunu bildirmiştir. 6xA10, 6xA12, 9xA11 ve 8xA13 nolu melez kombinasyonları tolerant grubunda yer alırken, 9xA1, 1xA13, 8xA16 ve A1 nolu genotipler yarı tolerant grubunda yer almıştır. Hassas grubunda yer alan genotipler ise 9xA16, A13, A16, 6, 9, A11 ve 12 nolu bitkilerdir. Ticari anaç ise 1, 8, A10 ve 6xA11 nolu genotipler ile yarı hassas grubunda yer almıştır. Literatürler, bitki germplazmını stres toleransı açısından küme analizinin kullanımına vurgu yapmaktadır (Vahdati et al., 2009; Farshadfar & Elyasi, 2012; Noorifarjam et al., 2013; Aydın & Yetişir, 2023b). Seçilen bitkiler, ileride yapılacak tuza tolerans çeşit ve anaçların ıslah çalışmalarında kullanılabilirlerdir.



Şekil 3. Tuz stresi koşullarındaki performanslarına göre bitkilerin gruplandırılması. Dört ana grup (hassas, orta yarı hassas, yarı tolerant ve tolerant) oluşturuldu.

Figure 3. Grouping of plants according to their performance under salt stress conditions. Four main groups (sensitive, moderate, semi-sensitive, semi-tolerant and tolerant) were formed.

SONUÇ

Bu çalışma, tuz toleransı açısından su kabağı genotiplerinin taramasında incelenen morfolojik ve fizyolojik parametrelerin başarılı bir şekilde kullanılabileceğini açıkça göstermiştir. Farklı büyüme ve gelişme parametreleri kullanılarak oluşturulan temel bileşen ve kümeleme analizi sonuçları taranan su kabağı melezleri içerisinde tuza toleranslı olanları belirlemede yeterli olmuştur. Tuza tolerant olan

kümenin üyeleri; 8xA13, 9xA11, 6xA12 ve 6xA10 nolu melez kombinasyonları olurken, orta düzeyde tuz toleransına sahip olanlar ise 9xA1, 1xA13, 8xA16 ve A1 nolu bitkiler olmuştur. 6xA11 ve 9xA16 melezleri hariç diğer tüm melez kombinasyonları, ana ve baba hatlar ile ticari su kabağı çeşidinden tuz stresine daha fazla tolerans göstermiştir. Tuza toleranslı bitkiler, tuzdan etkilenmiş topraklarda karpuz anaç olarak doğrudan tavsiye edilebileceği gibi, yüksek verimli ve tuza toleranslı anaç geliştirmek amacıyla yürütülecek çalışmalarda da kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Albacete, A., C. Martinez-Andujar, M.E. Ghanem, M. Acosta, J. Sanchez-Bravo, M.J. Asins, J. Cuartero, S. Lutts, I.C. Dodd & F. Perez-Alfocea, 2009. Rootstock-mediated changes in xylem ionic and hormonal status are correlated with delayed leaf senescence, and increased leaf area and crop productivity in salinized tomato. *Plant, Cell & Environment*, 32 (7): 928-938. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2009.01973.x>
- Alzahrani, Y., A. Kuşvuran, H.F. Alharby, S. Kuşvuran & M. Rady, 2018. The defensive role of silicon in wheat against stress conditions induced by drought, salinity or cadmium. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 154: 187-196. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.02.057>
- Andrade, G.C., C.M. Medeiros Coelho & V.G. Uarrota, 2020. Modelling the vigour of maize seeds submitted to artificial accelerated ageing based on ATR-FTIR data and chemometric tools (PCA, HCA and PLS-DA). *Heliyon*, 6 (2): e03477. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03477>
- Ashraf, M. & M.R. Foolad, 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59 (2): 206-216. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2005.12.006>
- Aydın, A. & H. Yetişir, 2022. The Effect of Rootstock (*C. maxima* × *C. moschata*) Use on Leaf Hairiness in Melon. *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2 (2): 214-223.
- Aydın, A. & H. Yetişir, 2023a. Rootstock effect of auto- and allotetraploid citron (*Citrullus lanatus* var. *citroides*) on hydroponically grown cucumber under salt stress. *Gesunde Pflanzen*, 75: 1193-1206. <https://doi.org/10.1007/s10343-022-00782-4>
- Aydın, A. & H. Yetişir, 2023b. A comparative study of morphological characteristics in diploid and tetraploid (auto and allotetraploids) *Citrullus* genotypes. *Folia Horticulturae*, 35 (1): 33-48. <https://doi.org/10.2478/fhort-2023-0003>
- Azam, M., S. Zhang, A.M. Abdelghany, A.S. Shaibu, Y. Feng, Y. Li, Y. Tian, H. Hong, B. Li & J. Sun, 2020. Seed isoflavone profiling of 1168 soybean accessions from major growing ecoregions in China. *Food Research International*, 130: 108957. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108957>
- Colla, G., Y. Roupahel, C. Leonardi & Z. Bie, 2010. Role of grafting in vegetable crops grown under saline conditions. *Scientia Horticulturae*, 127 (2): 147-155. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.08.004>
- Colla, G., Y. Roupahel, M. Cardarelli & E. Rea, 2006. Effect of salinity on yield, fruit quality, leaf gas exchange, and mineral composition of grafted watermelon plants. *HortScience*, 41 (3): 622-627. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.41.3.622>
- Das, B., Manohara, G.R. Mahajan & R.N. Sahoo, 2019. Spectroscopy based novel spectral indices, PCA- and PLSR-coupled machine learning models for salinity stress phenotyping of rice. *Spectrochimica Acta. Part A, Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 229: 117983-117983. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2019.117983>
- Dasgan, H.Y., H. Aktas, K. Abak & I. Cakmak, 2002. Determination of screening techniques to salinity tolerance in tomatoes and investigation of genotype responses. *Plant Science*, 163 (4): 695-703. [http://dx.doi.org/10.1016/S0168-9452\(02\)00091-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00091-2)
- Decker-Walters, D.S., M. Wilkins-Ellert, S. M. Chung & J. E. Staub, 2004. Discovery and genetic assessment of wild bottle gourd [*Lagenaria siceraria* (Mol.) Standley; *Cucurbitaceae*] from Zimbabwe. *Economic Botany*, 58 (4): 501-508. [https://doi.org/10.1663/0013-0001\(2004\)058\[0501:DAGAOW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0013-0001(2004)058[0501:DAGAOW]2.0.CO;2)
- Emirzeoğlu, C. & H. Başak, 2020. Orta anadolu biber genotiplerinin farklı tuz konsantrasyonlarına tolerans düzeylerinin belirlenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6 (2): 129-140. <https://doi.org/10.24180/ijaws.689347>
- FAO, 2022. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>) (Erişim Tarihi: 20:05:2023).
- Farshadfar, E. & P. Elyasi, 2012. Screening quantitative indicators of drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) landraces. *European Journal of Experimental Biology*, 2 (3): 577-584

- Gong, B., X. Li, S. Bloszies, D. Wen, S. Sun, M. Wei, Y. Li, F. Yang, Q. Shi & X. Wang, 2014. Sodic alkaline stress mitigation by interaction of nitric oxide and polyamines involves antioxidants and physiological strategies in *Solanum lycopersicum*. *Free Radical Biology and Medicine*, 71: 36-48. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2014.02.018>
- Gürcan, K., A. Say, H. Yetişir & N. Denli, 2015. A study of genetic diversity in bottle gourd [*Lagenaria siceraria* (Molina) Standl.] population, and implication for the historical origins on bottle gourds in Turkey. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 62: 321-333. <https://doi.org/10.1007/s10722-015-0224-8>
- Huang, Y., J. Li, B. Hua, Z. Liu, M. Fan & Z. Bie, 2013. Grafting onto different rootstocks as a means to improve watermelon tolerance to low potassium stress. *Scientia Horticulturae*, 149: 80-85. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.02.009>
- King, S.R., A.R. Davis, X. Zhang & K. Crosby, 2010. Genetics, breeding and selection of rootstocks for Solanaceae and Cucurbitaceae. *Scientia Horticulturae*, 127: 106-111. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.08.001>
- Kistler, L., Á. Montenegro, B.D. Smith, J. A. Gifford, R. E. Green, L. A. Newsom & B. Shapiro, 2014. Transoceanic drift and the domestication of African bottle gourds in the Americas. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111 (8): 2937-2941. <https://doi.org/10.1073/pnas.1318678111>
- Kocheva, K., P. Lambrev, G. Georgiev, V. Goltsev & M. Karabaliev, 2004. Evaluation of chlorophyll fluorescence and membrane injury in the leaves of barley cultivars under osmotic stress. *Bioelectrochemistry*, 63 (1-2): 121-124. <https://doi.org/10.1016/j.bioelechem.2003.09.020>
- Liu, N., Z. Jin, S. Wang, B. Gong, D. Wen, X. Wang, M. Wei & Q. Shi, 2015. Sodic alkaline stress mitigation with exogenous melatonin involves reactive oxygen metabolism and ion homeostasis in tomato. *Scientia Horticulturae*, 181: 18-25. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.07.012>
- Loukou, A.L., D. Gnagri, Y. Djé, A.V. Kippré, M.J.P.B. Malice, J.P. Baudoin & I.A. Bi, 2007. Macronutrient composition of three cucurbit species cultivated for seed consumption in Côte d'Ivoire. *African Journal of Biotechnology*, 6 (5): 529-533.
- Morton, M.J.L., M. Awlia, N. Al-Tamimi, S. Saade, Y. Pailles, S. Negrão & M. Tester, 2019. Salt stress under the scalpel - dissecting the genetics of salt tolerance. *The Plant Journal*, 97 (1): 148-163. <https://doi.org/10.1111/tpj.14189>
- Munns, R. & M. Tester, 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59: 651-681. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>
- Naseer, M.N., F.U. Rahman, Z. Hussain, I.A. Khan, M.M. Aslam, A. Aslam & S. Iqbal, 2022. Effect of salinity stress on germination, seedling growth, mineral uptake and chlorophyll contents of three cucurbitaceae species. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 65: 1-10. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2022210213>
- Nawaz, M.A., X. Han, C. Chen, Z. Zheng, F. Shireen, Z. Bie & Y. Huang, 2018. Nitrogen use efficiency of watermelon grafted onto 10 wild watermelon rootstocks under low nitrogen conditions. *Agronomy*, 8 (11): 259. <https://doi.org/10.3390/agronomy8110259>
- Nisini, P.T., G. Colla, E. Granati, O. Temperini, P. Crino & F. Saccardo, 2002. Rootstock resistance to fusarium wilt and effect on fruit yield and quality of two muskmelon cultivars. *Scientia Horticulturae*, 93 (3-4): 281-288. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(01\)00335-1](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(01)00335-1)
- Noorifarjam, S., E. Farshadfar & M. Saeidi, 2013. Evaluation of drought tolerant genotypes in bread wheat using yield based screening techniques. *Pelagia Research Library European Journal of Experimental Biology*, 3 (1): 138-143.
- Noorka, I.R. & I. Khaliq, 2007. An efficient technique for screening wheat (*Triticum aestivum* L.) germplasm for drought tolerance. *Pakistan Journal of Botany*, 39 (5): 1539-1546.
- Ouni, Y., T. Ghnaya, F. Montemurro, C. Abdely & A. Lakhdar, 2014. The role of humic substances in mitigating the harmful effects of soil salinity and improve plant productivity. *International Journal of Plant Production*, 8 (3): 353-374. <https://doi.org/10.22069/IJPP.2014.1614>
- Pailles, Y., M. Awlia, M. Julkowska, L. Passone, K. Zemmouri, S. Negrão, S.M. Schmöckel & M. Tester, 2020. Diverse Traits Contribute to Salinity Tolerance of Wild Tomato Seedlings from the Galapagos Islands. *Plant Physiology*, 182 (1): 534-546. <https://doi.org/10.1104/pp.19.00700>
- Premachandra, G.S., H. Saneoka & S. Ogata, 1990. Cell membrane stability, an indicator of drought tolerance, as affected by applied nitrogen in soya bean. *The Journal of Agricultural Science*, 115 (1): 63-66. <https://doi.org/10.1017/S0021859600073925>
- Rasel, M., M. Tahjib-Ul-Arif, M.A. Hossain, L. Hassan, S. Farzana & M. Brestic, 2021. Screening of salt-tolerant rice landraces by seedling stage phenotyping and dissecting biochemical determinants of tolerance mechanism. *Journal of Plant Growth Regulation*, 40 (5): 1853-1868. <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10235-9>

- Rivero, R.M., J.M. Ruiz & L. Romero, 2003. Role of grafting in horticultural plants under stress conditions. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 1: 70-74.
- Rouphael, Y., M. Cardarelli, E. Rea & G. Colla, 2008. Grafting of cucumber as a means to minimize copper toxicity. *Environmental and Experimental Botany*, 63 (1-3): 49-58. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2007.10.015>
- Rubaye Al, O.M., H. Yetisir, F.Ulas & A. Ulas, 2020. Growth of pepper inbred lines as affected by rootstocks with vigorous root system under salt stress conditions. *Acta Horticulturae*, 1273: 479-485. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1273.60>
- Sairam, R.K. & D.C. Saxena, 2000. Oxidative stress and antioxidants in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 184 (1): 55-61. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037x.2000.00358.x>
- Schwarz, D., G.B. Öztekin, Y. Tüzel, B. Brückner & A. Krumbein, 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>
- Shuvo, I.I., 2021. A holistic decision-making approach for identifying influential parameters affecting sustainable production process of canola bast fibers and predicting end-use textile choice using principal component analysis (PCA). *Heliy*, 7 (2): e06235. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06235>
- Soteriou, G.A. & M.C. Kyriacou, 2015. Rootstock-Mediated effects on watermelon field performance and fruit quality characteristics. *21 (4): 344-362*. <https://doi.org/10.1080/19315260.2014.881454>
- Thies, J.A., J.J. Ariss, C.S. Kousik, R.L. Hassell & A. Levi, 2016. Resistance to southern Root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in Wild watermelon (*Citrullus lanatus* var. *citroides*). *Journal of Nematology*, 48 (1): 14-19. <https://doi.org/10.21307/jofnem-2017-004>
- Ulas, A., A. Aydın, F. Ulas, H. Yetisir & T.F. Miano, 2020. Cucurbita rootstocks improve salt tolerance of melon scions by inducing physiological, biochemical and nutritional responses. *Horticulturae*, 6 (4): 1-13. <https://doi.org/10.3390/horticulturae6040066>
- Ulas, F., H. Yetisir & A. Ulas, 2021. Root-growth characteristics contributing to nitrogen efficiency of reciprocally grafted potatoes (*Solanum tuberosum* L.) under hydroponic conditions. *Gesunde Pflanzen*, 73 (4): 417-425. <https://doi.org/10.1007/s10343-021-00560-8>
- Uygur, V. & H. Yetisir, 2009. Effects of rootstocks on some growth parameters, phosphorous and nitrogen uptake watermelon under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, 32 (4): 629-643. <https://doi.org/10.1080/01904160802715448>
- Uzair, M., S.B. Patil, H. Zhang, A. Kumar, H. Mkumbwa, S.A. Zafar, Y. Chun, J. Fang, J. Zhao, M.R. Khan, S. Yuan & X. Li, 2022. Screening direct seeding-related traits by using an improved mesocotyl elongation assay and association between seedling and maturity traits in rice. *Agronomy*, 12 (4): 975. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040975>
- Vahdati, K., N. Lotfi, B. Kholdebarin, D. Hassani, R. Amiri, M.R. Mozaffari & C. Leslie, 2009. Screening for drought-tolerant genotypes of Persian walnuts (*Juglans regia* L.) during seed germination. *HortScience*, 44 (7): 1815-1819. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.44.7.1815>
- Yamaguchi, T. & E. Blumwald, 2005. Developing salt-tolerant crop plants: challenges and opportunities. *Trends in Plant Science*, 10 (12): 615-620. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2005.10.002>
- Yan, Y., S. Wang, M. Wei, B. Gong & Q. Shi, 2018. Effect of different rootstocks on the salt stress tolerance in watermelon seedlings. *Horticultural Plant Journal*, 4 (6): 239-249. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2018.08.003>
- Yetişir, H., N. Denli, A. Ata, A. Ulaş, H. Pınar, H. Kırmak & Yamaç, M, 2016. "Determination of salt tolerance potential of Turkish bottle gourd (*Lagenaria siceraria*) germplasm, 278-282". In *Cucurbitaceae 2016, XIth Eucarpia Meeting on Cucurbit Genetics & Breeding, Proceedings (July 24-28, 2016, Warsaw, Poland)*, 353 pp.
- Yetişir, H., N. Sari & S. Yücel, 2003. Rootstock resistance to *Fusarium* wilt and effect on watermelon fruit yield and quality. *Phytoparasitica*, 31: 163-169. <https://doi.org/10.1007/BF02980786>
- Yetişir, H., Ş. Kurt, N. Sari & F.M. Tok, 2007. Rootstock potential of Turkish *Lagenaria siceraria* germplasm for watermelon: plant growth, graft compatibility, and resistance to *Fusarium*. *Turkish Journal of Agriculture & Forestry*, 31: 381-388.
- Yuan, L., S. Zhu, S. Shu, J. Sun & S. Guo, 2015. Regulation of 2,4-epibrassinolide on mineral nutrient uptake and ion distribution in Ca (NO₃)₂ stressed cucumber plants. *Journal of Plant Physiology*, 188: 29-36. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.06.010>
- Zhu, J., Z. Bie & Y. Li, 2008. Physiological and growth responses of two different salt-sensitive cucumber cultivars to NaCl stress. *Soil Science & Plant Nutrition*, 54 (3): 400-407. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2008.00245.x>