



The Influence of Salinity on Growth Parameters and Total Phenol-Antioxidant Content of Some Artichoke Cultivars [*Cynara cardunculus* var. *scolymus* (L.) Fiori]

Tugce Ozsan Kilic^{1,a,*}, Timur Tongur^{2,b}, Ahmet Naci Onus^{1,c}

¹Akdeniz University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Antalya, Türkiye

²Akdeniz University, Faculty of Science, Department of Chemistry, Antalya, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 02-09-2023 Accepted : 15-09-2023</p> <p>Keywords: Abiotic stress Stress agent Growth parameters Phenol-antioxidant content NaCl</p>	<p>Since ancient times, the globe artichoke [<i>Cynara cardunculus</i> var. <i>scolymus</i> (L.) Fiori] has been greatly valued due to its culinary and medicinal qualities. Concerns have been raised both the environment and the economy as a result of the worsening effects of global climate change in recent years. Considered on a global scale, abiotic stresses, especially salinity, affect the growth and development of plants, limit crop production and meeting food demand, and pose a potential threat to food security. In the current study, artichoke seeds were first retained in three different sodium chloride (NaCl) concentrations (50, 100, and 250 mg L⁻¹) for eight hours, and then the thereby formed seedlings were exposed to the same NaCl concentrations at intervals of 15 days. Afterwards, under salinity stress, three cultivars of globe artichoke (Sakız, Bayrampaşa, and Olympus F₁) were examined for several seed germination and vegetative growth indices, such as number of leaves, root length, stem height, plant height, chlorophyll, proline, leaf-related water contents, and total phenol-antioxidant contents. When the results obtained from the study were evaluated, it was determined that different concentrations of NaCl applied to artichoke seeds and seedlings had different effects among cultivars.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 11(9): 1731-1741, 2023

Tuzluluğun Bazı Enginar [*Cynara cardunculus* var. *scolymus* (L.) Fiori] Çeşitlerinin Büyüme Parametreleri ve Toplam Fenol-Antioksidan İçeriği Üzerine Etkisi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 02-09-2023 Kabul : 15-09-2023</p> <p>Anahtar Kelimeler: Abiyotik stres Stres ajanı Büyüme parametreleri Fenol-antioksidan içeriği NaCl</p>	<p>Antik çağlardan beri enginar [<i>Cynara cardunculus</i> var. <i>scolymus</i> (L.) Fiori] mutfak ve tıbbi özellikleri nedeniyle büyük değer kazanmıştır. Son yıllarda küresel iklim değişikliğinin kötüleşen etkileri sonucunda hem çevre hem de ekonomi konusunda endişeler artmaktadır. Küresel ölçekte ele alındığında abiyotik stresler, özellikle de tuzluluk, bitkilerin büyüme ve gelişmesini etkilemekte, bitkisel üretimi ve gıda talebinin karşılanmasını sınırlamakta ve gıda güvenliği açısından potansiyel bir tehdit oluşturmaktadır. Bu çalışmada enginar tohumları öncelikle üç farklı sodyum klorür (NaCl) konsantrasyonunda (50, 100 ve 250 mg L⁻¹) sekiz saat bekletilmiş ve gelişen fideler 15 gün aralıklarla aynı NaCl konsantrasyonlarına maruz bırakılmıştır. Daha sonra tuzluluk stresi altında üç enginar çeşidi (Sakız, Bayrampaşa ve Olympus F₁) yaprak sayısı, kök uzunluğu, gövde yüksekliği, bitki boyu, klorofil, prolin, yaprakla ilgili su içerikleri ve toplam fenol-antioksidan içerikleri bakımından incelenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde enginar tohumlarına ve fidelerine uygulanan farklı konsantrasyonlarda NaCl'nin çeşitler arasında farklı etkilere sahip olduğu tespit edilmiştir.</p>

^a tugceozsan@akdeniz.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0002-3265-6886>

^c timurtongur@akdeniz.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0003-3030-8930>

^c onus@akdeniz.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0001-8615-1480>



Giriş

Asteraceae familyasının değerli bir üyesi olan enginar [*Cynara carunculus* var. *scolymus* (L.) Fiori] dünyanın her yerinde, özellikle Akdeniz bölgesinde, antik çağlardan beri hem gıda hem de alternatif tıp amacıyla yetiştirilmektedir. Enginarın yenilebilir kısımlarının yanı sıra yenmeyen kısımları da farmasötik hammadde olarak değerlendirilmekte ve hepatoprotektif, antikarsinojenik, antioksidatif, antibakteriyel ve antikolesterol gibi sağlığı iyileştirici özellikleri nedeniyle özellikle karaciğer fonksiyonlarını iyileştirmede birçok sağlık tedavi edici özellik sergilemektedir (Schütz ve ark., 2004; Ciancolini ve ark., 2013; Salata ve ark., 2023).

Küresel ısınmanın tetiklediği bazı abiyotik stres faktörlerinin verimli ve kaliteli bitkisel üretimi tehdit ettiği bir gerçektir. Günümüz dünyasında küresel iklim değişikliğinin çevresel ve ekonomik boyutlarda etkilerinin yıllar geçtikçe artması bazı kaygıların oluşmasına neden olmuştur (Davatgar ve ark., 2009). İklim değişikliğiyle yüzyıllardır karşılaşılsa da son yüzyılda yaşanan değişimler çok daha hızlı gelişmiş ve etkilerinin daha şiddetli hissedilmesine neden olmuştur. Bunun sonucunda olumsuz çevre koşullarında artışa ve toprakta bazı abiyotik stres faktörlerinin yoğunlaşmasına tanık olunmuştur. Bitkisel üretimde bitkilerin normal şekilde gelişebilmesi için, bitkilerin yetiştirildiği ortam koşullarının uygun ve optimum düzeyde olması çok önemlidir. Çevre koşulları her zaman uygun olmayabilir, bitkide stres oluşturabilecek koşullar oluşabilir ve bitkiler bu koşullar altında gelişimlerini sürdürmeye çalışırlar.

Tuzluluk, dünyadaki bitkilerin coğrafi dağılımını etkileyen, bitkisel üretimi sınırlayan ve gıda güvenliğini tehdit eden en önemli faktörlerden biridir (Kuşvuran, 2010; Zhu, 2016). Dünyadaki ekili alanların %6'sından fazlası ve sulanan arazilerin yaklaşık %20'si tuzluluk sorunuyla mücadele etmektedir (Kuşvuran, 2010; Ashraf ve Foolad, 2007; Munss ve Tester, 2008). Çizilen tablonun ciddiyeti dikkate alındığında tuzlulukta artış hızına bağlı olarak sürdürülebilir tarım alanlarındaki olumsuz etkilerde de artış olacağı düşünülmektedir.

Toprakta biriken tuz, bitkilerin biyolojik döngülerini olumsuz etkiler. Etkisi bitkilerin tüm büyüme ve gelişme evrelerinde görülebilmeye rağmen, bitkilerin farklı gelişim evrelerinde karşılaştıkları tuz stresinin etkileri de farklıdır. Bitkilerin çimlenme veya fide gelişimi gibi yaşam döngülerinin başlangıcında tuz stresine daha duyarlı oldukları bildirilmektedir (Cuartero ve ark., 2006; Kurum ve ark., 2013; Jorenush ve Rajabi, 2015; Pappalardo ve ark., 2020).

Bu çalışma, üç enginar çeşidinde tuzluluk stres faktörü olarak farklı dozlarda sodyum klorürün (NaCl) tohum çimlenmesi, yaprak sayısı, kök uzunluğu, gövde ve bitki boyu, yaprak su içeriği gibi büyüme parametrelerinin yanı sıra klorofil, prolin ve toplam fenol-antioksidan içerikleri üzerindeki etkilerini ortaya koymaya odaklanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bitki Materyalleri Ve Yetiştirme Koşulları

Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'nde yürütülen bu çalışmada bitki materyali olarak iki açık tozlanan enginar çeşidi olan Sakız ve Bayrampaşa

ile bir F₁ hibrit çeşidi olan Olympus kullanılmıştır. Tohum ekiminde 35 cm çapında ve 13 cm uzunluğunda plastik saksılar kullanılmıştır.

Büyüme ortamı olarak kullanılan torf ve perlit karışımı (2:1, v/v), tohum ekiminden iki gün önce musluk suyu ile sulanmış, toprak nemini tarla kapasitesi seviyesinde tutmak için her gün sulama yapılmıştır. Her bir plastik saksıya üç farklı enginar çeşidinden beşer tohum ekilmiş ve ilk gerçek yaprak ortaya çıktığı süreçte bitki sayısı ikiye düşürülmüştür.

Tohumların Ön Uygulama İşlemi

Farklı çeşitlere ait enginar tohumları, 5 dakika boyunca %0.1 sodyum hipoklorit çözeltisi ile yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuş, ardından steril saf su ile 4 kez durulanmıştır. Sterilizasyonun ardından tohumlar, 8 saat boyunca 50 mg L⁻¹ (NaCl 50), 100 mg L⁻¹ (NaCl 100) ve 250 mg L⁻¹ (NaCl 250) sodyum klorür (NaCl) konsantrasyonlarında bekletilmiş ve plastik saksılara ekilmiştir. Tohum ekimiyle birlikte her saksıya 0,1 mM KOH ile pH 5,5'e ayarlanmış 100 mL yarı-kuvvetli Hoagland besin çözeltisi eklenmiş (Dawood ve ark., 2021) ve aynı besin çözeltisi uygulaması tohumların gelişimini takip eden 10. ve 30. günlerde tekrarlanmıştır.

Fidelere NaCl uygulamaları ve ölçümleri

Fide gelişimi süresince 3-4 gerçek yapraklı bitkilere NaCl uygulaması yapılmıştır. Her bir saksıya 200 mL 50 mg L⁻¹ (NaCl 50), 100 mg L⁻¹ (NaCl 100) ve 250 mg L⁻¹ (NaCl 250) konsantrasyonlarında hazırlanan çözeltiler, 15 gün aralıklarla (0. gün, 15. gün, 30. gün) uygulanmıştır. Kontrol grubundaki fidelere aynı miktarda sadece saf su uygulaması yapılmıştır. Fidelerin büyüme ölçümlerine ilişkin yaprak sayısı, sürgün ve kök uzunluğu, sürgün çapı, taze ve kurutulmuş yaprak ağırlıkları gibi birtakım gözlemler yapılmıştır. Tohum çimlenmesinden 3-4 gerçek yapraklı bitki oluşumuna kadar geçen sürenin sonunda yapılan gözlemler ilk ölçüm değerleri, fide gelişimini takip eden 45. günün sonunda yapılan gözlemler ise ikinci ölçüm değerleri olarak kaydedilmiştir.

Yaprak Nispi Su İçeriğinin Tayini (YNSİ)

Enginar yaprak örnekleri NaCl uygulaması yapılan ve kontrol grubundaki bitkilerden rastgele seçilmiş, tartılarak taze ağırlıkları belirlenmiştir. Yaprığın nispi su içeriğini belirlemek için yapraklar, saf suyla doldurulmuş petri kaplarına yerleştirildikten sonra düşük ışıktaki dört saat bekletilerek turgor haline gelmişlerdir. Dört saatlik sürenin sonunda turgor yaprakların ağırlıkları ölçülmüş "turgor ağırlığı" olarak kaydedilmiştir. Daha sonra turgor yaprakların "kuru ağırlıkları" g cinsinden ifade edilmeden önce 48 saat boyunca 65°C'lik bir etüvde bekletilmiştir. Aşağıdaki formül (1) kullanılarak, bu yaprak örneklerinin bağıl su içerikleri (%) hesaplanmıştır (Sanchez ve ark., 2004; Kuşvuran, 2010);

$$YNSİ (\%) = \frac{(Taze ağırlık - Kuru ağırlık)}{(Turgorlu ağırlık - Kuru ağırlık)} \times 100$$

Biyokimyasal Analizler

Klorofil, prolin, toplam fenol-antioksidan içeriklerinin belirlenmesi

Klorofil içeriğinin belirlenmesi için karanlık koşullar altında öğütülen 200 mg taze yaprak örneği %80 asetonla homojen hale getirilmiştir. Homojen yaprak örnekleri süzülükten sonra toplam hacmi 10 mL'ye çıkarmak için ekstrakta aseton eklenmiş ve yaprak örneklerinde bulunan klorofil miktarı daha sonra spektrofotometre kullanılarak 652 nm'de ölçülmüştür (Kuşvuran, 2010).

Enginar yapraklarının prolin düzeylerini belirlemek için asit-ninhidrin yöntemi ve spektrofotometrik yaklaşım uygulanmıştır (Keleş, 2019). Bunun için, 100 mg taze yaprak örneği tartılmış, sıvı nitrojende ezilmiş ve daha sonra ekstrakt eldesi için 2 mL %40'luk metanol ilave edilmiştir. Ekstrakt 100°C'de 1 saat inkübe edilmeden önce üzerine 1 mL glasiyal asetik asit, 6 M ortofosforik asit ve 25 mg ninhidrin ilave edilmiş ve soğumadan önce 5 mL toluen ilave edilerek test tüpleri iyice karıştırılmıştır. Soğutulduktan sonra iki farklı faz tipi elde edilmiş ve üst faz 528 nm dalga boyunda spektrofotometre ile incelenerek prolin seviyesi belirlenmiştir.

Enginar yapraklarının toplam fenol içeriğinin belirlenmesi için Folin-Ciocalteu reaktifini (FCR) kullanan Singleton ve ark. (1999) yaklaşımı kullanılmıştır. Absorbans okumaları, 760 nm'ye ayarlanmış bir spektrofotometre kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar, gallik asit eşdeğeri (mg GAE/g ekstrakt) olarak ifade edilmiştir.

Enginar yaprağı örneklerinin toplam antioksidan içeriğini belirlemek için yaprak örneği ekstraktlarına her bir tampon çözeltisinden (bakır (II), neocuproin ve amonyum asetat) 1 mL eklenmiş, ardından antioksidan çözeltisi ve distile saf su ilave edilerek toplam hacim 4,1 mL'ye tamamlanmıştır. İyice karıştırılıp oda sıcaklığında 30 dakika bekletildikten sonra spektrofotometre

okumasıyla 450 nm'deki absorbans değerleri belirlenmiştir (Fernández-León ve ark., 2013).

İstatistik Analizi

Mevcut çalışma, üç tekerrürlü, tamamen tesadüfi faktöriyel bir tasarım kullanılarak gerçekleştirilmiş ve verilerin JMP sürüm 5.0.1 (SAS Institute Inc., Cary, NC, ABD) kullanılarak varyans analizleri yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma**NaCl'nin Tohumlar Üzerindeki Etkileri**

Mevcut çalışmada, 50 mg L⁻¹, 100 mg L⁻¹ ve 250 mg L⁻¹ konsantrasyonlarında NaCl çözeltisinde 8 saat ön işleme tabi tutulan enginar tohumlarındaki farklılıklar kaydedilmiştir. Farklı çeşitlerin tohum çıkış süreleri önemli farklılıklar gösterirken, NaCl uygulama konsantrasyonları arasında fark görülmemiştir (Çizelge 1). Tohum çıkış zamanları değerlendirildiğinde en erken tohum çıkış zamanları Sakız ve Bayrampaşa çeşitlerinde kaydedilmiştir. Çeşit ve NaCl uygulama konsantrasyonları arasındaki ilişki dikkate alındığında, en kısa tohum çıkış süresi 50 mg L⁻¹ NaCl ön uygulaması ile Bayrampaşa çeşidinde kaydedilirken, en uzun tohum çıkış süresi ise 250 mg L⁻¹ NaCl ön uygulaması ile Olympus F₁ çeşidinde kaydedilmiştir.

Çimlenen tohum sayısına bakıldığında, çeşitlere ve NaCl ön uygulama konsantrasyonuna bağlı olarak Çizelge 2'de görüldüğü gibi değişmektedir. Tohum çıkış oranlarına (%) ilişkin olarak çeşitler arasında istatistiksel farklılıklar belirlenmiş ancak ön uygulama NaCl konsantrasyonları arasında bir fark bulunmamıştır (Çizelge 3). NaCl ön uygulaması konsantrasyonu ile çeşit arasındaki ilişki değerlendirildiğinde en yüksek tohum çıkış oranı 50 mg L⁻¹ NaCl uygulanan Bayrampaşa çeşidinde kaydedilmiştir.

Çizelge 1. Tuzluluk uygulamalarının tohum çıkış sürelerine (gün) etkileri

Table 1. Effect of salinity on seed emergence times

Uygulamalar		Sakız	Bayrampaşa	Olympus	Uygulama ort.
1	K (Kontrol)	13,00 d-g	13,00 d-g	13,66 c-f	13,22
2	NaCl 50 + D.S	13,00 d-g	11,66 fg	14,66 a-d	13,11
3	NaCl 50 + NaCl 50	13,33 c-f	11,00 g	14,33 b-e	12,88
4	NaCl 100 + D.S	12,66 d-g	12,00 fg	15,33 abc	13,33
5	NaCl 100 + NaCl 100	13,33 c-f	12,33 efg	16,00 ab	13,88
6	NaCl 250 + D.S	12,00 fg	12,33 efg	16,66 a	13,66
7	NaCl 250 + NaCl 250	12,33 efg	13,00 d-g	14,66 a-d	13,33
Çeşit ort.		12,80 B	12,19 B	15,04 A	
LSD değerleri		LSD çeşit = 0,792*; LSD uygulama = 1,211; LSD çeşit × uygulama = 2,097			

(1): Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir; (2): * P<0.05; (3): DS = distile su

Çizelge 2. Tuzluluk uygulamalarının çimlenen tohum sayısına etkileri

Table 2. Effect of salinity on the number of germinated seeds

Uygulamalar		Sakız	Bayrampaşa	Olympus	Uygulama ort.
1	K (Kontrol)	9,00 a	5,66 bcd	9,00 a	7,88 A
2	NaCl 50 + D.S	5,66 bcd	7,00 abc	5,00 cde	5,88 B
3	NaCl 50 + NaCl 50	5,33 b-e	8,66 a	5,66 bcd	6,55 AB
4	NaCl 100 + D.S	4,66 de	8,66 a	3,33 ef	5,55 B
5	NaCl 100 + NaCl 100	7,00 abc	7,00 abc	2,33 f	5,44 B
6	NaCl 250 + D.S	7,33 ab	7,00 abc	4,00 def	6,11 B
7	NaCl 250 + NaCl 250	8,00 a	8,00 a	4,33 def	6,77 AB
Çeşit ort.		6,71 A	7,42 A	4,80 B	
LSD değerleri		LSD çeşit = 0,872*; LSD uygulama = 1,333*; LSD çeşit × uygulama = 2,309*			

(1): Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir; (2): * P<0.05; (3): DS = distile su

Çizelge 3. Tuzluluk uygulamalarının tohum çıkış oranına (%) etkileri

Table 3. Effect of salinity on seed emergence rates (%)

Uygulamalar		Sakız	Bayrampaşa	Olympus	Uygulama ort.
1	K (Kontrol)	50,00abc(45,99)	36,66b-e(37,22)	16,66def(23,36)	34,44 (35,52)
2	NaCl 50 + D.S	30,00b-f(33,00)	53,33ab(47,21)	13,33ef(21,14)	32,22 (33,78)
3	NaCl 50 + NaCl 50	30,00b-f(32,21)	63,33a(52,77)	13,33ef(21,14)	35,55 (35,37)
4	NaCl 100 + D.S	33,33b-f(34,22)	53,33ab(47,29)	10,00f(18,43)	32,22 (33,31)
5	NaCl 100 + NaCl 100	26,66c-f(30,00)	46,66abc(43,07)	10,00f(18,43)	27,77 (30,50)
6	NaCl 250 + D.S	46,66abc(43,07)	43,33abc(41,07)	16,66def(23,36)	35,55 (35,83)
7	NaCl 250 + NaCl 250	46,66abc(43,07)	40,00a-d(38,85)	10,00f(18,43)	32,22 (33,45)
Çeşit ort.		37,61 B (37,37)	48,09A(43,93)	12,85C(20,61)	
LSD değerleri		LSD çeşit = 5,985*; LSD uygulama = 9,143; LSD çeşit × uygulama = 15,836			

(1): Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir; (2): * P<0,05; (3): DS = distile su; (4): Parantez içinde yüzde değerlerin transforme edilmiş hali gösterilmiştir.

Çizelge 4. Tuzluluk uygulamalarının çimlenme yüzdesine (%) etkileri

Table 4. Effect of salinity on germination percentage (%)

Uygulamalar		Sakız	Bayrampaşa	Olympus	Uygulama ort.
1	K (Kontrol)	90,00a(75,00)	56,66bcd(48,93)	90,00a(71,56)	78,88 A (65,16)
2	NaCl 50 + D.S	56,66bcd(48,84)	70,00abc(57,70)	50,00cde(45,00)	58,88 B (50,51)
3	NaCl 50 + NaCl 50	53,33b-e(46,92)	86,66a(68,85)	56,66bcd(48,93)	65,55 AB (54,90)
4	NaCl 100 + D.S	46,66de(43,07)	86,66a(68,85)	33,33ef(35,00)	55,55 B (48,98)
5	NaCl 100 + NaCl 100	70,00abc(56,99)	70,00abc(57,29)	23,33f(28,07)	54,44 B (47,45)
6	NaCl 250 + D.S	73,33ab(59,70)	70,00abc(57,29)	40,00def(38,85)	61,11 B (51,95)
7	NaCl 250 + NaCl 250	80,00a(63,93)	80,00a(64,63)	43,33def(41,15)	67,77 AB (56,57)
Çeşit ort.		67,14 A (56,35)	74,28A(60,50)	48,09B(44,08)	
LSD değerleri		LSD çeşit = 5,770*; LSD uygulama = 8,815*; LSD çeşit × uygulama = 15,268*			

(1): Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir; (2): *P<0,05; (3): DS = distile su; (4): Parantez içinde yüzde değerlerin transforme edilmiş hali gösterilmiştir.

Çizelge 5. Tuzluluk uygulamalarının ilk gerçek yaprak çıkış süresine (gün) etkileri

Table 5. Effect of salinity on first true leaf emergence times

Uygulamalar		Sakız	Bayrampaşa	Olympus	Uygulama ort.
1	K (Kontrol)	32,00 ab	30,00 b	30,00 b	30,66
2	NaCl 50 + D.S	30,66 b	30,00 b	30,00 b	30,22
3	NaCl 50 + NaCl 50	30,00 b	30,00 b	32,66 ab	30,88
4	NaCl 100 + D.S	30,00 b	30,00 b	32,66 ab	30,88
5	NaCl 100 + NaCl 100	30,00 b	30,00 b	30,00 b	30,00
6	NaCl 250 + D.S	30,00 b	30,00 b	34,00 a	31,33
7	NaCl 250 + NaCl 250	30,00 b	30,00 b	31,33 ab	30,44
Çeşit ort.		30,38 B	30,00 B	31,52 A	
LSD değerleri		LSD çeşit = 1,059*; LSD uygulama = 1,619; LSD çeşit × uygulama = 2,804			

(1): Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir; (2): *P<0,05; (3): DS = distile su

Çimlenme yüzdesine (%) ilişkin olarak çeşitler ve ön uygulamalar arasında istatistiksel farklılıklar bulunmuştur (Çizelge 4). Sakız ve Bayrampaşa çeşitlerinin tohumları Olympus F₁ çeşidine göre daha yüksek çimlenme yüzdesi sergilemiştir. Ön uygulama konsantrasyonları açısından kontrol grubundaki tohum çimlenme yüzdesi ön işlemlere göre daha yüksek bulunmuştur. Bu çalışmada kullanılan çeşitli NaCl konsantrasyonları, Iqbal ve ark. (2020)'nın bulgularının aksine, tohum çimlenme yüzdesi üzerinde olumlu etki göstermiştir.

İlk gerçek yaprak çıkış süreleri dikkate alındığında çeşitler arasında istatistiksel olarak önemli farklar ortaya çıkmıştır; ilk gerçek yapraklar Sakız ve Bayrampaşa çeşitlerinde Olympus F₁ çeşidine göre daha kısa sürede çıkmıştır. Buna göre, 250 mg L⁻¹ NaCl ön işleme tabi tutulmuş Olympus F₁, en uzun ilk gerçek yaprak çıkış süresine sahip olmuştur (Çizelge 5).

Bitkilerin olumsuz koşullara karşı uyum sağlama biçimleri çeşitlere göre farklılık gösterdiği gibi, bitkilerin

tepkileri içinde buldukları gelişim evrelerine göre de farklılık gösterebilmektedir. Bitkilerin yaşam döngülerinin ilk ve en önemli aşamalarında, özellikle çimlenme sırasında karşılaşılabilecek herhangi bir stres, bitkilerin gelişimini olumsuz yönde etkileyecektir (Keleş, 2019; Sané ve ark., 2021). Bu nedenle bitkilerin yaşam döngüsünün başlangıcı olan çimlenme süreci, bitkinin abiyotik stres koşullarına karşı geliştireceği tolerans düzeyinin belirlenmesinde önemli bir aşama olarak değerlendirilmektedir.

NaCl'nin Büyüme Parametreleri Üzerine Etkileri

Çeşitlerin yaprak sayısına ilişkin olarak, her iki ölçümde de çeşitler ve uygulamalar arasında istatistiksel farklılıklar bulunmuştur (Çizelge 6 ve 7). İkinci ölçümde 100 mg L⁻¹ NaCl ile ön uygulama yapılan ve distile su uygulanan Olympus F₁ çeşidinin, çeşitler ve uygulamalar arasında en fazla yaprak sayısına sahip olduğu belirlenmiştir.

Sürgün uzunluğu açısından, Çizelge 8 ve 9'da görüldüğü gibi her iki ölçümde de çeşitler ve uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar gözlenmiştir. Fidelerin sürgün çapları açısından ilk ölçümde çeşitler arasında fark bulunmamış ancak kontrol grubu hariç tüm ön uygulamaların etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 10). Öte yandan ikinci ölçümde (NaCl uygulanan grup) sürgün çapı açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur (Çizelge 11). Buna göre 100 mg L⁻¹ NaCl uygulanan Sakız çeşidi ile 50 mg L⁻¹ NaCl uygulanan Olympus F₁ çeşidinin en yüksek sürgün

çapına sahip olduğu belirlenmiştir. Uygulamalar arasında nispeten yüksek NaCl konsantrasyonunun bitkilerin sürgün çaplarında artışa neden olduğu belirlenmiştir. Tuz stresinin bitkilerin büyüme ve gelişme parametreleri üzerine olumsuz etkilerini bildiren birçok çalışma bulunmasına rağmen mevcut çalışmanın bulguları bu çalışmalarla uyumlu değildir. Bunun nedeni, enginar bitkilerinin veya kullanılan çeşitlerin tuz stresine karşı toleransının yüksek olması veya uygulanan stres konsantrasyonlarının enginar bitkisi üzerinde olumsuz etki yaratacak kadar yüksek olmaması olabilir.

Çizelge 6. Tuzluluk uygulamalarının yaprak sayısına etkileri (ilk gözlem)

Table 6. Effect of salinity on the number of leaves (first measurement)

Uygulamalar		Sakız	Bayrampaşa	Olympus	Uygulama ort.
1	K (Kontrol)	3,91 d	5,33 a	5,08 ab	4,77 B
2	NaCl 50 + D.S	4,58 bc	5,25 a	5,08 ab	4,97 AB
3	NaCl 50 + NaCl 50	5,08 ab	5,16 a	5,25 a	5,16 A
4	NaCl 100 + D.S	5,00 ab	5,00 ab	4,97 ab	4,99 AB
5	NaCl 100 + NaCl 100	5,16 a	4,91 ab	4,14 cd	4,74 B
6	NaCl 250 + D.S	5,16 a	5,33 a	4,58 bc	5,02 AB
7	NaCl 250 + NaCl 250	5,08 ab	5,25 a	4,16 cd	4,83 B
Çeşit ort.		4,85 B	5,17 A	4,75 B	
LSD değerleri		LSD çeşit = 0,196*; LSD uygulama = 0,299; LSD çeşit × uygulama = 0,518*			

(1): Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir; (2): *P<0,05; (3): DS = distile su

Tablo 7. Tuzluluk uygulamalarının yaprak sayısına etkileri (ikinci gözlem)

Table 7. Effect of salinity on the number of leaves (second measurement)

Uygulamalar		Sakız	Bayrampaşa	Olympus	Uygulama ort.
1	K (Kontrol)	5,33 efg	5,16 efg	6,91 bc	5,80 BC
2	NaCl 50 + D.S	5,33 efg	5,83 de	6,91 bc	6,02 AB
3	NaCl 50 + NaCl 50	4,83 g	5,50 efg	7,41 ab	5,91 ABC
4	NaCl 100 + D.S	5,33 efg	5,41 efg	7,99 a	6,24 A
5	NaCl 100 + NaCl 100	5,25 efg	5,66 def	7,13 bc	6,01 AB
6	NaCl 250 + D.S	5,58 efg	5,58 efg	7,61 ab	6,25 A
7	NaCl 250 + NaCl 250	5,00 fg	5,16 efg	6,38 cd	5,51 C
Çeşit ort.		5,23 B	5,47 B	7,19 A	
LSD değerleri		LSD çeşit = 0,285*; LSD uygulama = 0,436*; LSD çeşit × uygulama = 0,755			

(1): Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir; (2): *P<0,05; (3): DS = distile su

Tablo 8. Tuzluluk uygulamalarının sürgün uzunluğuna etkileri (ilk gözlem)

Table 8. Effect of salinity on shoot lengths (first measurement)

Uygulamalar		Sakız	Bayrampaşa	Olympus	Uygulama ort.
1	K (Kontrol)	3,75 ab	2,90 b-e	2,14 efg	2,93 A
2	NaCl 50 + D.S	3,44 abc	3,07 bcd	1,17 h	2,56 AB
3	NaCl 50 + NaCl 50	4,01 a	3,47 abc	1,22 h	2,90 A
4	NaCl 100 + D.S	2,91 b-e	2,93 b-e	1,65 fgh	2,50 AB
5	NaCl 100 + NaCl 100	2,62 cde	2,30 def	1,46 fgh	2,12 B
6	NaCl 250 + D.S	3,27 abc	2,85 cde	1,30 gh	2,47 AB
7	NaCl 250 + NaCl 250	2,91 b-e	3,35 abc	1,20 h	2,48 AB
Çeşit ort.		3,27 A	2,98 A	1,45 B	
LSD değerleri		LSD çeşit = 0,328*; LSD uygulama = 0,501*; LSD çeşit × uygulama = 0,868			

(1): Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir; (2): *P<0,05; (3): DS = distile su

Tablo 9. Tuzluluk uygulamalarının sürgün uzunluğuna etkileri (ikinci gözlem)

Table 9. Effect of salinity on shoot lengths (second measurement)

Uygulamalar		Sakız	Bayrampaşa	Olympus	Uygulama ort.
1	K (Kontrol)	2,09 cd	2,59 abc	1,73 de	2,13 A
2	NaCl 50 + D.S	2,93 a	2,94 a	1,02 f	2,30 A
3	NaCl 50 + NaCl 50	2,92 a	2,82 a	0,96 f	2,23 A
4	NaCl 100 + D.S	2,72 ab	3,14 a	1,21 ef	2,36 A
5	NaCl 100 + NaCl 100	2,12 bcd	2,07 cd	0,89 f	1,69 B
6	NaCl 250 + D.S	2,82 a	2,71 ab	0,81 f	2,11 A
7	NaCl 250 + NaCl 250	2,59 abc	2,98 a	1,01 f	2,19 A
Çeşit ort.		2,60 A	2,75 A	1,09 B	
LSD değerleri		LSD çeşit = 0,227*; LSD uygulama = 0,348*; LSD çeşit × uygulama = 0,603*			

(1): Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir; (2): *P<0,05; (3): DS = distile su

Tablo 10. Tuzluluk uygulamalarının sürgün çapına etkileri (ilk gözlem)

Table 10. Effect of salinity on shoot diameters (first measurement)

Uygulamalar		Sakız	Bayrampaşa	Olympus	Uygulama ort.
1	K (Kontrol)	2,80 fg	2,45 g	2,80 fg	2,68 B
2	NaCl 50 + D.S	3,02 def	3,22 b-f	3,02 def	3,09 A
3	NaCl 50 + NaCl 50	3,18 b-f	3,16 b-f	3,72 a	3,35 A
4	NaCl 100 + D.S	3,29 a-e	3,47 a-d	3,18 b-f	3,31 A
5	NaCl 100 + NaCl 100	3,59 ab	3,15 b-f	2,98 ef	3,24 A
6	NaCl 250 + D.S	3,52 abc	3,50 abc	3,06 c-f	3,36 A
7	NaCl 250 + NaCl 250	3,35 a-e	3,26 a-f	3,17 b-f	3,26 A
Çeşit ort.		3,25	3,17	3,13	
LSD değerleri		LSD çeşit = 0,179; LSD uygulama = 0,274*; LSD çeşit × uygulama = 0,475			

(1): Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir; (2): *P<0,05; (3): DS = distile su

Tablo 11. Tuzluluk uygulamalarının sürgün çapına etkileri (ikinci gözlem)

Table 11. Effect of salinity on shoot diameters (second measurement)

Uygulamalar		Sakız	Bayrampaşa	Olympus	Uygulama ort.
1	K (Kontrol)	3,21 g	3,67 d-g	4,02 b-e	3,63 C
2	NaCl 50 + D.S	3,20 g	4,09 bcd	3,76 c-g	3,68 BC
3	NaCl 50 + NaCl 50	3,45 efg	3,83 c-f	4,75 a	4,01 AB
4	NaCl 100 + D.S	4,51 ab	4,08 bcd	3,59 d-g	4,06 A
5	NaCl 100 + NaCl 100	4,76 a	3,36 fg	3,78 c-g	3,97 ABC
6	NaCl 250 + D.S	4,52 ab	3,89 c-f	4,31 abc	4,24 A
7	NaCl 250 + NaCl 250	4,06 bcd	3,69 d-g	4,05 b-e	3,93 ABC
Çeşit ort.		3,96 AB	3,80 B	4,04 A	
LSD değerleri		LSD çeşit = 0,228; LSD uygulama = 0,349*; LSD çeşit × uygulama = 0,605*			

(1): Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir; (2): *P<0,05; (3): DS = distile su

Tablo 12. Tuzluluk uygulamalarının kök uzunluğuna etkileri (ilk gözlem)

Table 12. Effect of salinity on root lengths (first measurement)

Uygulamalar		Sakız	Bayrampaşa	Olympus	Uygulama ort.
1	K (Kontrol)	6,92 d	8,61 bcd	9,49 a-d	8,34 AB
2	NaCl 50 + D.S	7,21 d	8,80 bcd	6,42 d	7,48 B
3	NaCl 50 + NaCl 50	11,60 abc	9,32 a-d	8,13 cd	9,68 A
4	NaCl 100 + D.S	9,38 a-d	8,16 cd	7,34 d	8,29 AB
5	NaCl 100 + NaCl 100	11,95 ab	8,60 bcd	7,48 d	9,34 AB
6	NaCl 250 + D.S	12,85 a	9,69 a-d	6,85 d	9,79 A
7	NaCl 250 + NaCl 250	11,64 abc	11,30 abc	6,51 d	9,81 A
Çeşit ort.		10,22 A	9,21 A	7,46 B	
LSD değerleri		LSD çeşit = 1,363*; LSD uygulama = 2,082; LSD çeşit × uygulama = 3,606			

(1): Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir; (2): *P<0,05; (3): DS = distile su

Tablo 13. Tuzluluk uygulamalarının kök uzunluğuna etkileri (ikinci gözlem)

Table 13. Effect of salinity on root lengths (second measurement)

Uygulamalar		Sakız	Bayrampaşa	Olympus	Uygulama ort.
1	K (Kontrol)	9,08 g	19,51 a	11,02 d-g	13,20
2	NaCl 50 + D.S	12,66 cde	12,70 cde	12,33 def	12,56
3	NaCl 50 + NaCl 50	9,32 fg	15,44 bc	12,01 d-g	12,26
4	NaCl 100 + D.S	14,07 bcd	13,01 cde	11,54 d-g	12,87
5	NaCl 100 + NaCl 100	10,52 efg	13,14 cde	11,20 d-g	11,62
6	NaCl 250 + D.S	11,99 d-g	12,88 cde	10,78 efg	11,88
7	NaCl 250 + NaCl 250	11,69 d-g	10,76 efg	16,48 ab	12,97
Çeşit ort.		11,33 B	13,92 A	12,19 B	
LSD değerleri		LSD çeşit = 1,164*; LSD uygulama = 1,778; LSD çeşit × uygulama = 3,079*			

(1): Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir; (2): *P<0,05; (3): DS = distile su

Kök uzunluğu dikkate alındığında NaCl konsantrasyonlarına farklı tepkiler tespit edilmiştir (Çizelge 12 ve 13). Köklerin toprakla yakın etkileşim yoluyla suyu emmesi ve daha sonra sürgünlerin bitkinin tüm kısımlarında su transferini artırması nedeniyle, sürgün ve kök uzunlukları tuz stresi koşullarından kolayca etkilenen önemli büyüme özellikleridir (Iqbal ve ark., 2020). Çeşitli bitkiler üzerinde yapılan önceki araştırmaların bulgularına göre (Delgado ve Sanchez-

Raya, 2007; Kurum ve ark., 2013), bu çalışmada uygulanan NaCl konsantrasyonlarından sürgün gelişmeleri olumsuz etkilenmezken kök gelişmeleri genel olarak olumsuz etkilenmiştir. Bunun nedeninin tohumların aynı konsantrasyonlarda NaCl ile ön işleme tabi tutulması veya fidelerde kullanılan NaCl konsantrasyonlarının kök uzunluğu üzerinde zararlı etki yaratacak kadar yüksek olmaması olabileceği düşünülmektedir.

Bitki boyları açısından ise her iki ölçümde de çeşitler ve uygulamalar arasında istatistiksel farklılıklar olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 14 ve 15). İlk ölçümde en iyi yanıt 50 mg L⁻¹ NaCl ve 250 mg L⁻¹ NaCl uygulamalarından elde edilmiş, ikinci ölçümde ise 250 mg L⁻¹ NaCl uygulamasının etkili olduğu tablolardan görülmektedir.

Cantore ve ark. (2004)'nın yaptığı çalışmada, tuz seviyesindeki artış enginar bitkilerinin yaprak sayısını, bitki boyunu, sürgün sayısını ve sürgün kalınlığını azalttığı bildirilmiştir. Diğer bir çalışmada Bianchimano ve ark. (2003), tuzlu su uygulamasıyla enginar yapraklarında azalma olduğunu rapor etmişlerdir. Bununla birlikte Graifemberg ve ark. (1993) ise tuzlu su uygulamasından

sonra bitki gelişiminde önemli bir farklılık tespit etmediklerini bildirmişlerdir. Dolayısıyla tuzluluğa karşı çeşitlerin bitki büyüme parametreleri açısından verdikleri tepkilerde de farklılıklar görülmektedir. Mevcut çalışmaların bulguları değerlendirildiğinde, önceki çalışmalarla benzer şekilde çeşitlerin tuzluluğa tolerans/hassaslık durumlarının farklılıklar içerdiği gözlemlenmiştir.

Yaprakların SPAD değerleri açısından çeşitler ve uygulamalar arasında her iki ölçümde de istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur (Çizelge 16 ve 17). Buna göre Olympus F₁ çeşidi en yüksek SPAD değerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Tablo 14. Tuzluluk uygulamalarının bitki uzunluğuna etkileri (ilk gözlem)

Table 14. Effect of salinity on plant heights (first measurement)

Uygulamalar		Sakız	Bayrampaşa	Olympus	Uygulama ort.
1	K (Kontrol)	18,37 h	22,52 d-g	20,34 fgh	20,41 AB
2	NaCl 50 + D.S	18,93 gh	23,97 b-f	12,01 i	18,30 B
3	NaCl 50 + NaCl 50	25,58 a-d	24,51 b-e	14,37 i	21,48 A
4	NaCl 100 + D.S	22,65 d-g	23,46 c-f	13,56 i	19,89 AB
5	NaCl 100 + NaCl 100	27,56 ab	20,63 e-h	12,90 i	20,36 AB
6	NaCl 250 + D.S	28,68 a	23,27 c-f	12,86 i	21,60 A
7	NaCl 250 + NaCl 250	26,95 abc	24,20 b-f	11,71 i	20,95 A
Çeşit ort.		24,10 A	23,22 A	13,96 B	
LSD değerleri		LSD çeşit = 1,500*; LSD uygulama = 2,291; LSD çeşit × uygulama = 3,969*			

(1): Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir; (2): *P<0,05; (3): DS = distile su

Tablo 15. Tuzluluk uygulamalarının bitki uzunluğuna etkileri (ikinci gözlem)

Table 15. Effect of salinity on plant heights (second measurement)

Uygulamalar		Sakız	Bayrampaşa	Olympus	Uygulama ort.
1	K (Kontrol)	30,44 ij	48,79 a	41,20 c-f	40,15 AB
2	NaCl 50 + D.S	39,08 efg	44,57 abc	25,91 k	36,52 C
3	NaCl 50 + NaCl 50	35,79 gh	47,96 ab	32,27 hi	38,67 ABC
4	NaCl 100 + D.S	42,67 c-f	39,77 d-g	27,37 jk	36,60 C
5	NaCl 100 + NaCl 100	40,90 c-f	40,34 c-f	27,65 jk	36,29 C
6	NaCl 250 + D.S	42,83 cde	42,87 cde	28,50 ijk	38,07 BC
7	NaCl 250 + NaCl 250	43,72 bcd	40,40 c-f	38,36 fg	40,82 A
Çeşit ort.		39,35 B	43,53 A	31,61 C	
LSD değerleri		LSD çeşit = 1,636*; LSD uygulama = 2,499*; LSD çeşit × uygulama = 4,329*			

(1): Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir; (2): *P<0,05; (3): DS = distile su

Tablo 16. Tuzluluk uygulamalarının SPAD değerlerine etkileri (ilk gözlem)

Table 16. Effect of salinity on SPAD values (first measurement)

Uygulamalar		Sakız	Bayrampaşa	Olympus	Uygulama ort.
1	K (Kontrol)	37,21 c	32,62 c-f	43,99 b	37,94 AB
2	NaCl 50 + D.S	28,21 f	36,01 c	46,54 ab	36,92 B
3	NaCl 50 + NaCl 50	30,25 def	34,68 cd	51,02 a	38,65 AB
4	NaCl 100 + D.S	29,56 ef	35,11 cd	48,03 ab	37,56 AB
5	NaCl 100 + NaCl 100	34,32 cde	34,48 cde	51,31 a	40,04 A
6	NaCl 250 + D.S	30,67 def	32,59 c-f	49,86 a	37,70 AB
7	NaCl 250 + NaCl 250	32,48 c-f	34,69 cd	50,63 a	39,27 AB
Çeşit ort.		31,81 C	34,31 B	48,77 A	
LSD değerleri		LSD çeşit = 1,927*; LSD uygulama = 2,944; LSD çeşit × uygulama = 5,100*			

(1): Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir; (2): *P<0,05; (3): DS = distile su

Tablo 17. Tuzluluk uygulamalarının SPAD değerlerine etkileri (ikinci gözlem)

Table 17. Effect of salinity on SPAD values (second measurement)

Uygulamalar		Sakız	Bayrampaşa	Olympus	Uygulama ort.
1	K (Kontrol)	30,40 fg	32,33 d-g	36,39 bcd	33,04 B
2	NaCl 50 + D.S	29,07 g	31,70 d-g	42,61 a	34,46 AB
3	NaCl 50 + NaCl 50	35,53 b-e	32,53 d-g	39,75 ab	35,93 A
4	NaCl 100 + D.S	31,31 efg	34,92 c-f	39,15 abc	35,13 AB
5	NaCl 100 + NaCl 100	33,93 def	34,39 def	41,81 a	36,71 A
6	NaCl 250 + D.S	33,31 d-g	32,75 d-g	42,92 a	36,32 A
7	NaCl 250 + NaCl 250	31,93 d-g	32,38 d-g	34,61 c-f	32,97 B
Çeşit ort.		32,21 B	33,00 B	39,60 A	
LSD değerleri		LSD çeşit = 1,782*; LSD uygulama = 2,723*; LSD çeşit × uygulama = 4,716			

(1): Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir; (2): *P<0,05; (3): DS = distile su

Tablo 18. Tuzluluk uygulamalarının klorofil *a* değeri ($\mu\text{g} / \text{mL}$) üzerine etkileriTable 18. Effect of salinity on chlorophyll *a* value ($\mu\text{g} / \text{mL}$)

Uygulamalar		Sakız	Bayrampaşa	Olympus	Uygulama ort.
1	K (Kontrol)	3645,86 d	2673,49	3425,32 f	3248,23 C
2	NaCl 50 + D.S	2606,91 r	2982,45 n	3126,09 l	2905,15 E
3	NaCl 50 + NaCl 50	3288,30 h	3228,74 i	1194,51 t	2570,52 G
4	NaCl 100 + D.S	2926,58 p	3211,48 j	3049,75 m	3062,61 D
5	NaCl 100 + NaCl 100	3227,50 i	3322,78 g	1471,42 s	2673,90 F
6	NaCl 250 + D.S	2957,00 o	3141,07 k	3719,93 c	3272,67 B
7	NaCl 250 + NaCl 250	3742,76 b	3808,20 a	3546,49 e	3699,15 A
Çeşit ort.		3199,27 A	3195,46 B	2790,50 C	
LSD değerleri		LSD çeşit = 2,148*; LSD uygulama = 3,282*; LSD çeşit \times uygulama = 5,685*			

(1): Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir; (2): * $P < 0,05$; (3): DS = distile suTablo 19. Tuzluluk uygulamalarının klorofil *b* değeri ($\mu\text{g} / \text{mL}$) üzerine etkileriTable 19. Effect of salinity on chlorophyll *b* value ($\mu\text{g} / \text{mL}$)

Uygulamalar		Sakız	Bayrampaşa	Olympus	Uygulama ort.
1	K (Kontrol)	1177,12 h	945,41 p	1513,52 b	1212,02 C
2	NaCl 50 + D.S	939,78 q	1130,50 j	1184,24 g	1084,84 D
3	NaCl 50 + NaCl 50	1095,85 l	1117,71 k	343,66 s	852,40 G
4	NaCl 100 + D.S	971,95 o	1035,96 n	1165,46 i	1057,79 E
5	NaCl 100 + NaCl 100	1056,41 m	1214,17 e	424,85 r	898,47 F
6	NaCl 250 + D.S	1032,76 n	1118,55 k	1840,24 a	1330,52 A
7	NaCl 250 + NaCl 250	1194,23 f	1333,64 d	1422,97 c	1316,95 B
Çeşit ort.		1066,87 B	1127,99 A	1127,85 A	
LSD değerleri		LSD çeşit = 1,943*; LSD uygulama = 2,968*; LSD çeşit \times uygulama = 5,142*			

(1): Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir; (2): * $P < 0,05$; (3): DS = distile su

Tablo 20. Tuzluluk uygulamalarının prolin değeri (mg prolin/g KA) üzerine etkileri

Table 20. Effect of salinity on proline amount (mg proline/g DW)

Uygulamalar		Sakız	Bayrampaşa	Olympus	Uygulama ort.
1	K (Kontrol)	3,66 c	1,47 p	3,65 c	2,93 A
2	NaCl 50 + D.S	1,60 n	1,92 k	4,37 b	2,63 B
3	NaCl 50 + NaCl 50	1,53 o	2,63 g	0,58 s	1,58 F
4	NaCl 100 + D.S	1,32 q	2,39 h	3,27 d	2,33 D
5	NaCl 100 + NaCl 100	2,18 j	3,64 c	2,94 f	2,92 A
6	NaCl 250 + D.S	1,79 m	1,89 l	3,02 e	2,23 E
7	NaCl 250 + NaCl 250	2,21 i	4,40 a	0,84 r	2,48 C
Çeşit ort.		2,04 C	2,62 B	2,67 A	
LSD değerleri		LSD çeşit = 0,0096*; LSD uygulama = 0,0146*; LSD çeşit \times uygulama = 0,0254*			

(1): Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir; (2): * $P < 0,05$; (3): DS = distile su; KA = kuru ağırlık; DW = dry weight

Yaprak Nispi Su İçeriği (YNSİ)

Turgorlu taze ve kuru yapraklardaki ağırlık değişimleri kaydedilmiş ve Şekil 1'de sunulmuştur. Şekil 2'de ise çeşitler bazında yaprakların "yaprak nispi su içeriğini (%)" gösterilmektedir. Su stresi altındaki bitki dokularının su durumunu gösteren nispi su içeriği bir başka stres seviyesi göstergesidir. Uygulanan çeşitli NaCl konsantrasyonlarının enginar yapraklarının nispi su içeriği üzerinde etkisi olmuştur. Su kıtlığı veya yüksek stres durumlarında bağıl su içeriğinin azaldığı bilinmesine rağmen, mevcut çalışma bu kaybın çeşitlere özgü olduğunu göstermiştir. Alınan su ile terleme yoluyla kaybedilen su arasındaki denge, hücre hacmiyle ilişkili olan nispi su içeriği ile temsil edilir (Hassanzadeh ve ark., 2009). Osmotik kontrol yoluyla bir bitkinin metabolik süreçlerinin koşullarını iyileştiren ana unsur, yüksek bağıl su içeriğinin sürdürülmesi ile strese karşı direnç arasındaki ilişkidir (Nouraei ve ark., 2018).

Biyokimyasal Analizler

Ölçümlerin ardından taze ve kuru yaprak ağırlıkları kaydedilmiştir (Şekil 3). Çeşitlere ait yaprak örneklerinin taze ve kuru ağırlıkları tartıldıktan sonra, fidelere uygulanan çeşitli NaCl konsantrasyonlarının etkilerini ortaya koymak amacıyla biyokimyasal incelemeler yapılmıştır.

Yaprak örneklerinin klorofil *a* ve *b* içerikleri açısından çeşitler ve NaCl uygulamaları arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar tespit edilmiştir (Çizelge 18 ve 19). NaCl'nin yüksek konsantrasyonlu işlemlerinin genel olarak hem klorofil *a* hem de *b* içeriklerinde artışa yol açtığı açıkça ortaya koyulmuştur.

Prolin içeriği dikkate alındığında çeşitler ve uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar belirlenmiştir (Çizelge 20). 250 mg L⁻¹ NaCl uygulamasında en yüksek prolin miktarı Bayrampaşa çeşidinde kaydedilmiştir.

Tablo 21. Tuzluluk uygulamalarının toplam fenol değeri (mg GAE/g KA) üzerine etkileri

Table 21. Effect of salinity on total phenol content (mg GAE/g DW)

Uygulamalar	Sakız	Bayrampaşa	Olympus	Uygulama ort.
1 K (Kontrol)	3,70 f	0,39 p	4,43 c	2,84 C
2 NaCl 50 + D.S	1,96 j	1,42 l	2,96 h	2,11 F
3 NaCl 50 + NaCl 50	4,26 d	1,26 m	0,66 o	2,06 F
4 NaCl 100 + D.S	2,49 i	1,93 j	3,00 h	2,47 D
5 NaCl 100 + NaCl 100	4,29 d	1,71 k	0,87 n	2,29 E
6 NaCl 250 + D.S	4,04 e	4,23 d	3,58 f	3,95 B
7 NaCl 250 + NaCl 250	5,61 b	3,37 g	6,83 a	5,27 A
Çeşit ort.	3,76 A	2,04 C	3,19 B	
LSD değerleri	LSD çeşit = 0,0491*; LSD uygulama = 0,0751*; LSD çeşit × uygulama = 0,1301*			

(1): Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir; (2): *P<0,05; (3): DS = distile su; KA = kuru ağırlık; DW = dry weight

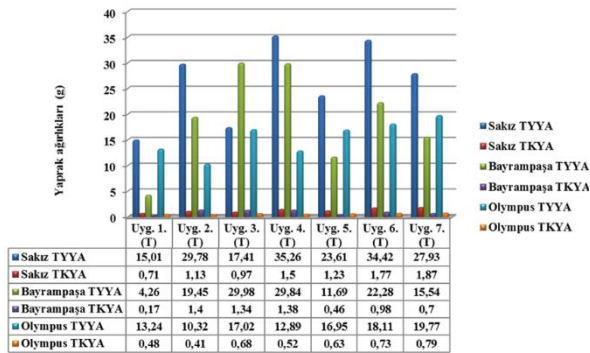
Tablo 22. Tuzluluk uygulamalarının toplam antioksidan değeri üzerine etkileri

Table 22. Effect of salinity on total antioxidant content

Uygulamalar	Sakız	Bayrampaşa	Olympus	Uygulama ort.
1 K (Kontrol)	8657,85 b	7470,64 e	6407,16 j	7511,88 B
2 NaCl 50 + D.S	8372,49 c	7363,47 f	7194,61 g	7643,52 A
3 NaCl 50 + NaCl 50	6334,68 j	7057,86 h	7885,60 d	7092,71 C
4 NaCl 100 + D.S	6525,73 i	4624,31 l	5068,60 k	5406,21 E
5 NaCl 100 + NaCl 100	3027,58 q	4548,55 l	9056,38 a	5544,17 D
6 NaCl 250 + D.S	3144,15 p	4347,87 m	3809,75 o	3767,26 F
7 NaCl 250 + NaCl 250	1981,63 r	4147,58 n	1319,55 s	2482,92 G
Çeşit ort.	5434,87 C	5651,47 B	5820,24 A	
LSD değerleri	LSD çeşit = 39,741*; LSD uygulama = 60,705*; LSD çeşit × uygulama = 105,145*			

(1): Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir; (2): *P<0,05; (3): DS = distile su

Çeşitlere Ait Turgorlu Yaş ve Kuru Yaprak Ağırlıklarının Tuzluluk Uygulamaları Bazında Değişimi

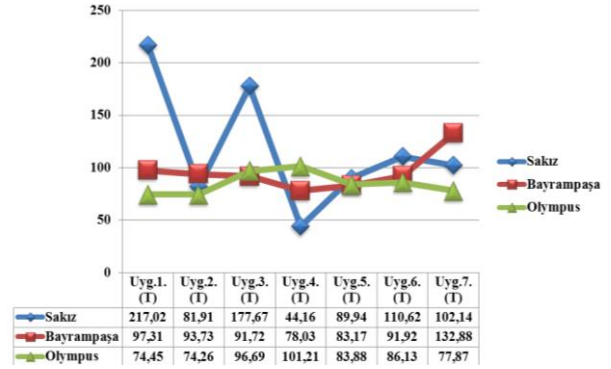


Şekil 1. Tuzluluk uygulamalarının (T) turgorlu yaş ve kuru yaprak ağırlıklarına etkisi

Figure 1. Effect of salinity on turgid fresh and dry leaf weights

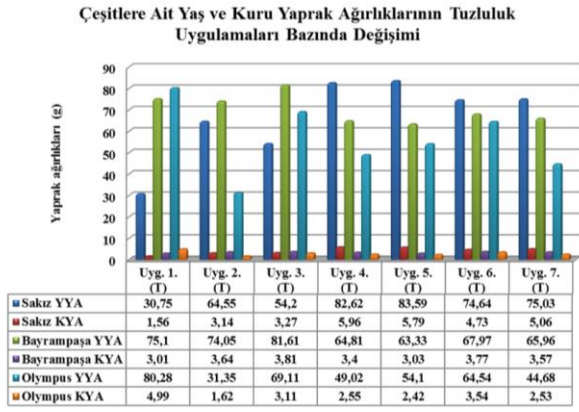
Her ne kadar çeşitli bitkiler stres altındayken savunma tepkilerini optimize etmek için özel yaklaşımlar kullansa da, prolin birikmesi ve stres toleransı sıklıkla güçlü bir ilişkiye sahiptir. Bitkiler sıklıkla hücrel turgoru koruyarak stresi yönetmek için uygun çözünen maddelerin (prolin, rafinoz ve glisin betain gibi) birikimini kullanır (Munns ve Tester, 2008). Uygun çözünen maddelerin proteinlerin ve hücrel yapıların stabilizasyonunu ve ayrıca oksidatif stresin tersine çevrilmesini arttırabileceği de iyi bilinmektedir (Docimo ve ark., 2020). Yüksek NaCl stresi altında Bayrampaşa ve Olympus F₁ çeşitlerinde artan yaprak prolin miktarı, muhtemelen klorofil içeriğinin de gösterdiği gibi, tuz stresi sırasında fotosentetik sistemin ve membranların bütünlüğünün korunmasına yardımcı olmuştur.

Yaprak Oransal Su İçeriği (%) - Tuzluluk Uygulamaları



Şekil 2. Tuzluluk uygulamalarının (T) yaprak nispi su içeriklerine (%) etkisi

Farklı dozlarda NaCl uygulamaları sonucunda enginar yapraklarında biriken toplam fenol ve toplam antioksidan içerikleri açısından çeşitler ve uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar tespit edilmiştir (Çizelge 21 ve 22). En yüksek toplam fenol içeriği Olympus F₁ çeşidinde 250 mg L⁻¹ NaCl uygulamasıyla elde edilirken, en yüksek toplam antioksidan içeriği de Olympus F₁ çeşidinde 100 mg L⁻¹ NaCl uygulamasıyla elde edilmiştir. Daha yüksek NaCl konsantrasyonunun yapraklarda daha yüksek düzeyde fenol birikimi anlamına geldiği açıkça ortaya çıkmıştır. Nispeten düşük NaCl konsantrasyonu enginar yapraklarındaki toplam antioksidan birikiminin artmasına katkıda bulunduğundan, toplam antioksidan birikiminde durum tamamen tersi olmuştur. Abiyotik stres faktörlerinin neden olduğu oksidatif hasarla mücadele etmek için bitkilerin daha fazla ikincil metabolit üretmesi sonucunda toplam fenol içeriğinde artış görülmektedir.



Şekil 3. Tuzluluk uygulamalarının (T) çeşitlere ait yaş ve kuru yaprak ağırlıklarına etkisi

Figure 3. Effect of salinity on artichoke fresh leaf weight and dry leaf weight

Sonuçlar

Bu çalışmanın sonuçları, tohum ve fide büyüme parametreleri, klorofil, prolin, toplam fenol ve toplam antioksidan içeriği ile ilgili NaCl uygulamalarına verilen yanıtın çeşit farklılıklarına göre değiştiğini açıkça göstermiştir. Çalışmanın sonuçları, değerlendirilen çeşitler arasında Bayrampaşa çeşidinin diğer iki çeşide kıyasla tuzluluğa daha toleranslı olduğunu, bunu Sakız çeşidinin takip ettiğini göstermiştir. Fide uygulamalarından elde edilen ikinci ölçüm sonuçlarına bakıldığında sonuçların ön uygulamalardan etkilenmiş olabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle gelecek çalışmalarda farklı NaCl konsantrasyonları ve tuza dayanıklı çeşitler kullanılmalıdır.

Teşekkür

İstatistiksel analize katkılarından dolayı Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'nden Doç. Dr. Mehmet Ali SARIDAŞ'a teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

- Ashraf M, Foolad MR. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environ. and Experim. Bot.*, 59: 206-216.
- Bianchimano V, Cantore V, Bianco VV, Boari F. 2003. Response of artichoke to salinity. Presented at the Fifth International Congress on Artichoke, May 5-8, 2003, Tudela, Spain.
- Ciancolini A, Alignan M, Pagnotta MA, Miquel J, Vilarem G, Crinò P. 2013. Morphological characterization, biomass and pharmaceutical compounds in Italian globe artichoke genotypes. *Indust. Crops and Prod.*, 49: 326-333.
- Cantore V, Boari F, Bianchimano V, Bianco VV. 2004. Effect of Soil Salinity on Artichoke (*Cynara cardunculus* [L.] subsp. *scolymus* Hayek). *Proc. of Vth IC of Artichoke*. Ed. F.J. Sanz Villar, Acta Hort. 660, ISHS 2004.
- Cuartero J, Bolarín MC, Asíns MJ, Moreno V. 2006. Increasing salt tolerance in the tomato. *J. Exp. Bot.*, 57: 1045-1058. doi: 10.1093/jxb/erj102.
- Davatgar N, Neishabouri MR, Sepaskhah AR, Soltan A. 2009. Physiological and morphological responses of rice (*Oryza sativa* L.) to varying water stress management strategies. *Int. J. Plant Prod.*, 3: 19-32.

- Dawood MFA, Al Mamun Sohag A, Tahjib-Ul-Arif M, Abdel Latef AAH. 2021. Hydrogen sulfide priming can enhance the tolerance of artichoke seedlings to individual and combined saline-alkaline and aniline stresses. *Plant Phys. and Biochem.*, 159: 347-362.
- Delgado IC, Sanchez-Raya AJ. 2007. Effects of sodium chloride and mineral nutrients on initial stages of development of sunflower life. *Soil Sci Plant*, 38: 2013-2027.
- Docimo T, De Stefano R, Cappetta E, Piccinelli AL, Celano R, De Palma M, Tucci M. 2020. Physiological, biochemical, and metabolic responses to short and prolonged saline stress in two cultivated cardoon genotypes. *Plants*, 9: 554. doi:10.3390/plants9050554.
- Fernández-León MF, Fernández-León AM, Lozano M, Ayuso MC, Amodio ML, Colelli G, González-Gómez D. 2013. Retention of quality and functional values of broccoli 'Parthenon' stored in modified atmosphere packaging. *Food Control*, 31: 302-313.
- Graifenberg A, Lipucci di Paola M, Giustiniani L, Temperini O. 1993. Yield and growth of globe artichoke under saline-sodic conditions. *HortScience* 28: 791-793.
- Hassanzadeh M, Ebadi A, Panahyan-e-Kivi M, Eshghi AG, Jamaati-e-Somarin SH, Saeidi M, Zabi-hi-e-Mahmoodabad R. 2009. Evaluation of drought stress on relative water content and chlorophyll content of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes at early flowering stage. *Res. J. Environ. Sci.*, 3: 345-350. doi: 10.3923/rjes.2009.345.350.
- Iqbal S, Khan AM, Dilshad I, Moatter K, Ahmed T, Gilani SA. 2020. Influence of seed priming with CuSO₄ and ZnSO₄ on germination and seedling growth of oat under NaCl stress. *Pure Appl. Biol.*, 9: 897-912. doi: 10.19045/bspab.2020.90094.
- Jorenush MH, Rajabi M. 2015. Effect of drought and salinity tensions on germination and seedling growth of artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Int. J. Adv. Biol. Biom. Res.*, 3: 297-302.
- Keleş B. 2019. *In vitro* kültür koşulları ve tuzluluk (NaCl) stresi altında çimlendirilen aspir (*Carthamus tinctorius* L.) bitkisinde meydana gelen morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal değişimler, Yüksek Lisans Tezi, Batman Üniversitesi, Batman, 61 s.
- Kurum R, Ulukapı K, Aydınşakir K, Onus AN. 2013. The influence of salinity on seedling growth of some pumpkin varieties used as rootstock. *Not Bot Horti Agrobot.*, 41: 219-225.
- Kuşvuran Ş. 2010. Kavunlarda kuraklık ve tuzluluğa toleransın fizyolojik mekanizmaları arasındaki bağlantılar, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 356 s.
- Munns R, Tester M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu Rev Plant Biol.*, 59: 651-681.
- Nouraei S, Rahimmalek M, Saeidi G. 2018. Variation in polyphenolic composition, antioxidants and physiological characteristics of globe artichoke (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* Hayek L.) as affected by drought stress. *Scientia Hort.*, 233: 378-385.
- Pappalardo HD, Toscano V, Puglia GD, Genovese C, Raccuia SA. 2020. *Cynara cardunculus* L. as a multipurpose crop for plant secondary metabolites production in marginal stressed lands. *Front. Plant Sci.*, 11: 240.
- Salata A, Sekara A, Pandino G, Mauromicale G, Lombardo S. 2023. Living mulch as sustainable tool to improve leaf biomass and phytochemical yield of *Cynara cardunculus* var. *altilis*. *Agronomy*, 13: 1274. doi: 10.3390/agronomy13051274.
- Sanchez FJ, Andres EF, Tenorio JL, Ayerbe L. 2004. Growth of epicotyls, turgor maintenance and osmotic adjustment in pea plants (*Pisum sativum* L.) subjected to water stress. *Field Crops Res.*, 86: 81-90.
- Sané AK, Diallo B, Kane A, Sagna M, Sané D, Ourèye SyM. 2021. *In vitro* germination and early vegetative growth of five

- tomato (*Solanum lycopersicum* L.) varieties under salt stress conditions. American J. of Plant Sci., 12: 796-817.
- Schütz K, Kammerer D, Carle R, Schieber A. 2004. Identification and quantification of caffeoylquinic acids and flavonoids from artichoke (*Cynara scolymus* L.) heads, juice, and pomace by HPLC-DAD-ESI/MSn. J. Agric. Food Chem., 52: 4090-4096.
- Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos RM. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and anti-oxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Meth. in Enzym., 299: 152-178.
- Zhu JK, 2016. Abiotic stress signaling and responses in plants. Cell, 167: 313-324. doi: 10.1016/j.cell.2016.08.029.