



Araştırma Makalesi

Orta Anadolu Biber Genotiplerinin Farklı Tuz Konsantrasyonlarına Tolerans Düzeylerinin Belirlenmesi**

Cem Emirzeoğlu¹, Hakan Başak^{2*}

¹Boztepe İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Kırşehir

²Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Kırşehir

Geliş tarihi (Received): 14.02.2020

Kabul tarihi (Accepted): 17.06.2020

Anahtar Kelimeler:

Biber, genotip, tuz stresi, tolerant

Özet. Islah çalışmalarına tuza tolerans düzeyleri bilinen genotipler ile başlanması önemli avantajlar sağlamaktadır. Çalışmada, Kırşehir ilinden surveyler sonucu toplanıp morfolojik ve moleküler karakterizasyonu yapılmış biber genotipleri içerisinde seçilen 30 adet ümitvar biber genotipinin uygulanan farklı tuz konsantrasyonlarına (0, 50, 100, 150 mM NaCl) tolerans düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Biber genotiplerinin farklı tuz düzeylerine olan tepkilerinin belirlenmesi amacıyla; 0-5 skalasına göre genotiplerde semptomatik zararlanmanın puanlandırılması, %50 çiçeklenme zamanı, bitki boyu, gövde çapı, yaprak sayısı, gövde ve kök yaşı-kuru ağırlıkları, yaprak oransal su içeriği, nispi büyüme oranı, yaprak hücrelerinde membran zararlanması, klorofil ve karotenoid miktarı belirlenmiştir. Ayrıca incelenen parametreler genel olarak değerlendirilerek genotipler tuz stresinden etkilenme derecelerine göre; tolerant, orta tolerant ve hassas olarak sınıflandırılmıştır. Deneme sonunda biber genotiplerinin büyüme ve gelişmesinin artan tuz dozları ile engellendiği, ancak tuz stresine karşı oluşan tepkilerin parametrelerde geniş bir varyasyon gösterdiği belirlenmiştir. Uygulanan tuz dozlarının tüm parametreler üzerindeki etkisi genel olarak değerlendirildiğinde; K86, D47, 2015-10, K80, D20, S67 ve S65 genotiplerinin diğerlerine kıyasla tuz stresine karşı daha tolerant oldukları belirlenmiştir. Bu genotipler, tuzlu toprak koşullarında biber üretimi ve ileriki biber ıslah çalışmaları için önerilebilir.

*Sorumlu yazar

hbasak@ahievran.edu.tr

Determination of Tolerance Levels of Central Anatolian Pepper Genotypes to Different Salt Concentrations

Keywords:

Pepper, genotype, salt stress, tolerant

Abstract. Starting breeding studies with genotypes known salt tolerance levels provides important advantages. In the study, it was aimed to determine the tolerance levels (0, 50, 100, 150 mM NaCl) of 30 promising pepper genotypes selected from the pepper genotypes selected, which were collected from Kırşehir province as a result of surveys. In order to determine the responses of pepper genotypes to different salt levels; plants were graded according to 0-5 scale evaluation for the symptomatic appearance of the genotypes, 50% flowering time, plant height, stem diameter, number of leaves, stem and root fresh-dry weights, leaf relative water content, relative growth rate, the leaf membrane damage, chlorophyll and carotenoid contents. In addition, the analyzed parameters were evaluated in general and according to the degree of genotypes affected by salt stress; then, it was classified as tolerant, medium tolerant and sensitive. At the end of the experiment, it was determined that the growth and development of pepper genotypes were prevented by the increased salt doses, but the reactions to salt stress showed a wide variation in parameters. When the effects of applied salt doses on all parameters is evaluated in general; genotypes K86, D47, 2015-10, K80, D20, S67 and S65 were more tolerant to salt stress than others. These genotypes can be suggested for pepper growing and further pepper breeding studies in salty soil conditions.

**Bu çalışma Cem EMİRZEOĞLU'nun Yüksek Lisans tezinden hazırlanmıştır.

ORCID ID (Yazar sırasına göre/By author order)

0000-0001-9361-7517 0000-0002-1128-4059

GİRİŐ

Yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan biber, tuza orta derecede hassas bir bitkidir. Biberde 1.0-1.5 dS m⁻¹ tuzluluk düzeyi verimde azalmanın görüldüğü sınır değer olup, EC'nin 3.4 dS m⁻¹ düzeyine ulaştığında ise verimde %50'ye ulaşan azalma oluşabilmektedir (Ayers, 1989). Tuz stresinin bitki gelişimi üzerinde oluşturduğu olumsuz etkisinin ortadan kaldırılabilmesi amacıyla uygulanan farklı yöntemler vardır. Bu yöntemlerden bazıları; drenaj sistemi ve temiz sulama suyu kullanılarak kök bölgesinden tuzun yıkanarak uzaklaştırılması, tuzun biriktiği üst toprak katmanının değiştirilmesi, sulama sularının tuz içeriklerinin düşürülmesi, aşırı kimyasal gübre kullanımından kaçınılması, toprağın organik madde içeriğinin arttırılması ve topraksız tarım tekniklerinin kullanılmasıdır. Ancak bu yöntemlerin masraflı ve geniş alanlarda uygulanabilirliğinin düşük olmasından dolayı, alternatif yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yöntemlerin başında tuz stresine karşı ıslah çalışmaları yaparak, toleransı yüksek bitki çeşitlerinin geliştirilmesi gelmektedir.

Tuzluluk gibi abiyotik stres koşullarıyla mücadelede toleransı yüksek çeşit ıslahı iyi bir strateji olsa da, ıslah çalışmaları uzun zaman, emek ve maliyet gerektirmektedir. ıslah çalışmalarında morfolojik ve moleküler tanımlaması yapılmış, abiyotik ve biyotik stres koşullarına karşı tolerans düzeyleri belirlenmiş materyallerle çalışmak önemli avantajlar sağlamaktadır. Yerel genotipler farklı ekolojilere adaptasyon yetenekleri, hastalık ve zararlılara yüksek toleransları ve istenilen birçok kalite kriterine sahip olmaları nedeniyle ıslah çalışmalarının en değerli kaynaklardır (Küçük, 1996). Bu zengin biyoçeşitliliğin yapılan survey çalışmalarıyla taranması, toplanması ve muhafaza altına alınıp korunması çok önemli olsa da, stres koşullarına dayanımlarının belirlenmesi bu materyallerden ıslah çalışmalarında daha etkin şekilde faydalanabilmemizi sağlamaktadır. Tuz stresine karşı tolerant çeşitlerin geliştirilmesinde kullanılmak amacıyla, farklı sebze genotiplerinin (fasulye (Kıpçak ve ark., 2019), karpuz (Çağırgan, 2015; Seymen ve ark., 2016), bezelye (Demirkol ve ark., 2019), patlıcan (Kıran ve ark., 2015)) tuza tolerans düzeylerini belirleme çalışmaları yapılmaktadır.

Araştırmada daha önce üzerinde çalışma yapılmamış, Kırşehir yerel biber genotiplerinin farklı tuz düzeylerine dayanım derecelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Uygulanan tuz düzeylerine karşı tolerant olarak belirlenen genotipler, doğrudan yetiştiricilik için önerilebileceği gibi, tuza toleranslı biber ıslahı çalışmalarında da kullanılabilecektir.

MATERYAL VE METOT

Çalışma 10.04.2016-30.06.2016 tarihleri arasında Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'nde yürütülmüştür. Çalışmada bitkisel materyal olarak kullanılan biber genotipleri, 2013-2015 yılları arasında Kırşehir İl sınırları içerisinde yer alan 89 belde ve köy noktasından surveyler sonucunda toplanıp (313 adet) morfolojik ve agronomik karakterizasyonları yapılmış (Başak, 2019), ayrıca yapılan moleküler karakterizasyon sonucunda; morfolojik özellikler bakımından diğerlerinden üstün, genetik olarak da birbirinden farklı olan biber genotipleri içerisinde seçilmiştir (Çizelge 1). Ticari çeşitlerin seçiminde bölgede yaygın olarak yetiştirilmeleri ve önceki çalışmalardan tuza tolerans düzeylerinin bilinmesi etkili olmuştur (Yıldırım ve Güvenç, 2006).

Araştırmada 24 adet biber genotipi ve 6 adet ticari çeşit olmak üzere toplam 30 adet biber materyal olarak kullanılmıştır. Çalışma tesadüf parselleri deneme deseninde, her uygulama için dört tekerrür olacak şekilde planlanmıştır. Biber tohumları torf-perlit (2:1) karışımı ile doldurulmuş 45'lik viyollere 10.04.2016 tarihinde ekilmiş ve fidelere 3-4 gerçek yapraklı aşamaya gelinceye kadar rutin bakım işlemleri yapılmıştır (Vural ve ark., 2000). Dikime uygun hale gelen fideler 14.05.2016 tarihinde drenajı engellemek için polietilen torba ile kaplanmış ve iri perlit doldurulmuş 5.5 litrelik plastik saksılara, her saksıda bir bitki olacak şekilde toplam 480 adet saksıya şaşırtılmıştır. Saksılardan drenaj yolu ile uygulanan tuz uzaklaşmayacağı için dikimden yedi gün sonra bitkilere 4 farklı tuz konsantrasyonu 250 ml su ile (0, 50, 100, 150 mM NaCl) bir defa uygulanmıştır. Uygulanan NaCl konsantrasyonları 50 mM'dan başlanarak 150 mM'a kadar kademeli olarak arttırılmıştır. Bitkiler perlit ortamında yetiştirildiği için sulamada Hoagland solüsyon reçetesinden modifiye edilen komple besin elementlerini içeren besin çözeltisi kullanılmıştır (Hoagland ve Arnon, 1950).

Biber bitkilerinde tuz stresinin etkisi ile ortaya çıkan zararlanmanın görsel olarak belirlenmesi ve sınıflandırılması amacıyla 0-5 skala değerlendirmesi (Kuşvuran, 2010), %50 çiçeklenme zamanı, bitki boyu, gövde çapı, yaprak sayısı, gövde ve kök yaş ve kuru ağırlıkları, yaprak oransal su içeriği (Sanchez ve ark., 2004), nispi büyüme oranı (Evans, 1972), yaprak hücrelerinde membran zararlanması (Fan ve Blake, 1994), toplam klorofil ve karotenoid miktarı (Arnon 1949; Lichtenthaler ve Wellburn, 1983) belirlenmiştir. Ayrıca genotipler incelenen tüm parametrelerde elde edilen sonuçlara göre Microsoft Excel programında en yüksek değerlerden en düşük

değere göre sıralanmıştır. En yüksek değerleri alıp sıralamada yukarıda yer alan genotipler tolerant, sıralamada aşağılarda yer alanlar hassas ve iki grup arasındakiler ise orta dayanıklı olarak belirlenmiştir (Süyüm, 2011).

Çizelge 1. Biber genotiplerinin kod numaraları ve temin edildiği yerler (Başak, 2019).

Table 1. Code numbers and provided locations of pepper genotypes (Başak, 2019).

Sıra No	Kodu	Temin Edildiği Yer (Kasaba, köy)	Sıra No	Kodu	Temin Edildiği Yer (Kasaba, köy)
1	S65	Çayağazı	16	C43	Aşağı Homurlu
2	S69	Karakurt	17	C32	Mucur
3	K86	Gümüş Kümbet	18	2015-1	Çayağazı
4	S67	Karakurt	19	S2	Yeşilli
5	K80	Karakurt	20	TR69728	Ege Tarımsal A.E.
6	Kandil Dolma	Ticari	21	Ilıca	Ticari
7	Çetinel	Ticari	22	Demre 8	Ticari
8	S5	Karakurt	23	S34	Savcılı
9	2015-5	Çayağazı	24	C19	Çağırkan
10	D20	Karakurt	25	Yalova 28	Ticari
11	D7	Çayağazı	26	Bağcı Çarliston	Ticari
12	D49	Yelek	27	C51	Karakurt
13	D47	Savcılı	28	Çağırkan Kapyra	Çağırkan
14	2015-10	Çayağazı	29	2015- 9	Çayağazı
15	S64	Hacı Selimli	30	D52	Kulpak

Çalışma sonucunda elde edilen verilerin analizi "SPSS 17 V" istatistik programı ile yapılmıştır. Varyans analizlerinde ortalamalar arasındaki farklılığın hangi grup ya da gruplardan kaynaklandığının belirlenmesi için skala değeri ve yaprak hücrelerinde membran zararlanması parametrelerinde çoklu karşılaştırma testlerinden Duncan testi kullanılmıştır. Ayrıca tuz stresi sonucu ortaya çıkan değerlerin kontrole göre % değişimleri hesaplanmıştır.

BULGULAR VE TARTIşMA

Uygulanan tuz dozlarının artması ile biber genotiplerinin tamamında zararlanma gözlemlenmiş, ancak zararlanmanın derecesi bakımından genotipler arasında önemli düzeyde farklılıklar belirlenmiştir. K86 genotipi tüm tuz dozlarında en düşük skala değerini alırken, 100 ve 150 mM tuz dozlarında S69 ve S67 genotipleri diğerlerine kıyasla daha düşük değerler almışlardır (Çizelge 2).

Na toksisitesinin bitkiler üzerinde oluşturduğu en belirgin etkisi büyümenin yavaşlaması ve özellikle alt yaprakların uç ve kenar kısımlarında kloroz ve sararan alanların nekrozlara dönmesi ile oluşan kurumalardır (Hasegawa ve ark., 1986). Aktaş (2002), biber bitkisinde tuza toleransın belirlenmesinde skala değeri ve bitkideki K/Na oranının en etkin seçim kriterleri olduğunu bildirmektedir. Skala derecelendirmesi her ne kadar gözlemsel bir değerlendirme yöntemi olsa da, birçok araştırmacı tarafından genotiplerin tuz stresine dayanımlarını sınıflandırmada yaygın olarak kullanılmaktadır (Kuşvuran; 2010; Süyüm, 2011). Bulgularımızda özellikle K86, D52, S69, S67, K80 ve S65 genotipleri, Yıldırım ve Güvenç (2006) tarafından tuza dayanıklı olduğu bildirilen Ilıca, Demre8, B.Çarliston ve Yalova28 ticari çeşitlerden tüm tuz dozlarında daha düşük skala değerleri almışlardır.

Çalışmada kontrol bitkilerinde en erken çiçeklenme 2015-5 genotipinde (29 gün), en geç çiçeklenme ise Yalova28 (47.5 gün) çeşidinde belirlenmiştir. 50 mM tuz dozunda kontrol bitkilerinden daha erken çiçeklenen genotipler D7, K86, S65, Çetinel, D49, S2, K.Dolma olarak belirlenirken, 100 mM tuz uygulamasında sadece K86, D20, S2, S69 genotipleri belirlenmiştir. 150 mM tuz uygulamasında ise K86, S69 genotipleri daha erken çiçeklenirken, C19, Demre8, B.Çarliston, Çağırkan genotipleri en geç çiçeklenen genotipler olmuştur (Çizelge 2).

Çiçeklenmenin özellikle 100 ve 150 mM tuz dozlarında istatistiksel olarak önemli düzeyde geciktiği belirlenmiştir. Ancak 50 mM tuz dozunda bazı genotiplerde çiçeklenme daha erken dönemde olmuştur. Bunun düşük dozdaki tuzun nispeten tuza tolerant olan bu genotiplerde oluşturduğu stresin olumlu bir etkisi olduğu düşünölmektedir. Aşırı olmamak koşuluyla tuz stresinin bitkilerin şeker, organik asit, kuru madde ve antioksidan içeriğini de arttırdığı bilinmektedir (Korkmaz ve ark., 2016).

50 mM tuz stresi uygulanmış biber genotipleri içerisinde kontrol bitkilerine göre en düşük oranda boy azalması saptanan biber genotipleri; B.Çarliston, Çağırkan, S69, S65 ve K.Dolma, 100 mM tuz dozunda; K.Dolma, Çağırkan, B.Çarliston, S34, Çetinel olarak belirlenmiştir. Çalışmadaki en yüksek tuz dozu olan 150 mM uygulamasında ise en düşük oranda boy azalması gösteren genotipler ise; K.Dolma, S69, D20, S67 ve Çetinel olarak tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Tuz stresinin biber genotiplerinin semptomatik zararlanma, çiçeklenme zaman ve bitki boylarına etkisinin kontrol bitkilerine göre % değişimleri.

Table 2. The effect of salt stress on the proportional changes in symptomatic damage, flowering time and plant height of genotypes compared to control plants.

Genotip	Skala değeri			Çiçeklenme zamanı (% değişim)			Bitki boyu (% değişim)		
	50 mM	100 mM	150 mM	50 mM	100 mM	150 mM	50 mM	100 mM	150 mM
S65	0.50 ^{ef*}	2.50 ^{cde}	3.00 ^{fghii}	-2.50	6.25	8.75	-3.60	-28.98	-50.42
S69	0.75 ^{def}	2.25 ^{def}	2.50 ^{hii}	3.11	-0.62	-0.62	-3.55	-28.55	-30.48
K86	0.25 ^f	1.50 ^f	2.00 ⁱ	-3.42	-6.85	-11.64	-8.41	-26.70	-34.47
S67	1.75 ^{abc}	2.25 ^{def}	2.75 ^{ghii}	1.39	3.47	13.19	-18.97	-27.36	-30.86
K80	1.50 ^{bcd}	2.50 ^{cde}	2.75 ^{ghii}	5.96	13.91	11.26	-20.32	-26.31	-37.89
K.Dolma	2.25 ^{ab}	2.75 ^{bcd}	3.50 ^{defg}	-0.69	4.17	4.86	-4.72	-8.92	-23.79
Çetinel	1.75 ^{abc}	2.50 ^{cde}	3.25 ^{efgh}	-2.47	4.94	3.70	-15.57	-21.38	-32.50
S5	1.75 ^{abc}	2.50 ^{cde}	3.25 ^{efgh}	1.39	1.39	15.28	-17.48	-30.71	-35.10
2015-5	0.75 ^{def}	3.25 ^{bc}	3.50 ^{defg}	8.62	10.34	10.34	-18.16	-32.04	-45.76
D20	1.75 ^{abc}	2.25 ^{def}	3.25 ^{efgh}	0.00	-5.37	2.68	-9.37	-25.58	-30.74
D7	0.75 ^{def}	2.50 ^{cde}	3.50 ^{defg}	-3.55	2.13	12.06	-18.54	-35.02	-51.82
D49	2.25 ^{ab}	3.50 ^{ab}	4.50 ^{abc}	-1.52	7.58	30.30	-14.41	-41.59	-62.06
D47	1.50 ^{bcd}	2.75 ^{bcd}	3.50 ^{defg}	2.82	12.68	7.75	-6.97	-22.37	-45.00
2015-10	0.75 ^{def}	2.50 ^{cde}	3.50 ^{defg}	6.72	5.97	5.22	-15.14	-30.52	-52.95
S64	1.00 ^{cdef}	2.50 ^{cde}	5.00 ^a	1.52	12.88	22.73	-6.94	-24.98	-70.65
C43	1.50 ^{bc}	3.50 ^{ab}	5.00 ^a	2.21	5.88	19.12	-11.93	-33.61	-60.53
C32	1.75 ^{abc}	3.25 ^{bc}	4.75 ^{ab}	2.50	3.75	12.50	-7.11	-31.49	-63.90
2015-1	2.50 ^a	3.25 ^{bc}	3.50 ^{defg}	6.06	9.09	6.06	-11.37	-31.62	-57.26
S2	1.50 ^{bc}	2.75 ^{bcd}	4.25 ^{abcd}	-1.27	-1.27	13.92	-23.80	-44.95	-51.97
TR69728	2.25 ^{ab}	2.50 ^{cde}	4.75 ^{ab}	12.95	8.63	29.50	-26.44	-28.69	-67.96
İlica	1.50 ^{bcd}	4.25 ^a	4.50 ^{abc}	2.88	17.27	28.06	-11.52	-38.99	-63.89
Demre-8	1.25 ^{cde}	4.25 ^a	4.75 ^{ab}	5.22	23.13	32.84	-15.86	-36.42	-65.40
S34	1.25 ^{cde}	2.50 ^{cde}	4.25 ^{abcd}	5.08	11.86	27.97	-5.04	-18.37	-54.31
C19	1.75 ^{abc}	2.75 ^{bcd}	4.50 ^{abc}	4.07	5.69	47.97	-11.28	-28.75	-68.24
Yalova28	1.50 ^{bcd}	2.75 ^{bcd}	4.00 ^{bcde}	4.21	5.79	11.58	-12.86	-24.50	-48.83
B.Çarliston	1.50 ^{bcd}	2.50 ^{cde}	3.50 ^{defg}	13.18	18.60	34.88	-2.25	-16.25	-38.89
C51	1.25 ^{cde}	2.25 ^{def}	4.00 ^{bcde}	1.18	4.71	10.59	-4.47	-28.38	-47.23
Çağırkan	1.25 ^{cde}	2.50 ^{cde}	3.75 ^{cdef}	18.94	28.79	31.82	-3.52	-11.94	-42.96
2015-9	1.25 ^{cde}	2.25 ^{def}	3.25 ^{efgh}	7.32	10.57	18.70	-11.23	-25.78	-53.96
D52	0.50 ^{ef}	1.75 ^{ef}	2.25 ⁱ	2.20	3.30	7.69	-16.87	-32.03	-44.28
Ortalama	1.39	2.70	3.69	3.47	7.62	15.64	-11.92	-28.09	-48.80

*Aynı sütunda farklı harf ile gösterilen değerler kendi gruplarında istatistiki olarak diğerlerinden farklıdır (P<0.01).

Tuz stresinin etkisiyle kök ve gövde dokularının hücre sayılarında, mitotik aktivitede ve hücre bölünme oranlarında azalma meydana geldiği ve bunlardan dolayı bitki boyunun azaldığı bildirilmektedir (Bursens ve ark., 2000). Tuz stresinin etkisiyle bitki boyunun; karpuz genotiplerinde %30.5 (Süyüm, 2011), fasulye genotiplerinde % 69.5 (Kaya, 2011) azaldığı bildirilmiştir. Chartzoulakis ve Klapaki (2000), iki hibrit biber çeşidinde 50, 100 ve 150 mM tuz stresi uygulamasının Sonar çeşidinde bitki boyunu kontrole kıyasla doz sırasına göre %20.3, % 30.9 ve % 43.8 azaltırken, Lamuyo çeşidinde bu azalmanın doz sırasına göre % 29.1, % 39.9 ve % 50.4 olduğunu belirlemiştir. Önceki çalışmalarla uyumlu olarak bulgularımızda da 50, 100 ve 150 mM tuz dozlarında bitki boylarının sırasıyla %11.9, % 28.1, % 48.8 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

Artan tuz dozlarının etkisiyle tüm genotiplerin gövde çaplarında azalmalar belirlenmiştir. Kontrol bitkilerinin çap ortalaması 8.65 mm iken, 50 mM tuz uygulamasında 7.77 mm, 100 mM' da 6.93 mm, 150 mM' da ise 5.31 mm olarak tespit edilmiştir. 50 mM tuz uygulanmış bitkilerde gövde çapı en düşük oranda azalan genotipler 2015-10, Çağırkan, D7, B.Çarliston, S64, S65; 100 mM tuz uygulamasında K86, K80, Çağırkan, D7, D47 ve 150 mM da ise K86, K80, S67 olarak belirlenmiştir (Çizelge 3).

Bulgularımızı destekler nitelikte; Neves ve ark. (2004), tuz stresinin etkisiyle bitkilerin gövde çaplarında azalma meydana gelebileceğini, ancak tuz stresinin etkisi ile bitki boyu ve yaprak sayısındaki azalışın çaptakinden daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Rastgeldi (2010), tuz stresi uyguladığı (50, 100 ve 150 mM NaCl) biberde, doz artışıyla beraber tüm çeşitlerde gövde çaplarının azaldığını, en yüksek gövde çapı

azalmasının ise %24.9 oranında olduğunu tespit etmiştir. Bulgularımızda da benzer şekilde 50, 100 ve 150 mM tuz dozlarında bitki gövde çaplarında sırasıyla %10, %19.9, 39.8 oranında azalma tespit edilmiştir.

Çizelge 3. Tuz stresinin biber genotiplerinin gövde çapı, yaprak sayısı, gövde yaş ağırlıklarına etkisinin kontrol bitkilerine göre % değişimleri.

Table 3. The effect of salt stress on the proportional changes in stem diameter, number of leave, stem fresh weight of genotypes compared to control plants.

Genotip	Gövde çapı (% değişim)			Yaprak sayısı (% değişim)			Gövde yaş ağırlığı (% değişim)		
	50 mM	100 mM	150 mM	50 mM	100 mM	150 mM	50 mM	100 mM	150 mM
S65	-6.21	-19.46	-37.50	-1.83	-41.46	-66.46	-4.68	-50.70	-74.09
S69	-17.94	-24.54	-33.07	-44.12	-47.06	-50.00	-29.95	-42.04	-55.68
K86	-7.02	-10.35	-18.40	-14.71	-19.22	-45.05	-11.58	-24.30	-58.28
S67	-7.20	-14.14	-19.19	-15.96	-32.45	-47.87	-14.53	-31.52	-46.42
K80	-8.10	-6.32	-16.89	-16.22	-30.41	-45.27	-18.08	-20.91	-43.23
K.Dolma	-13.61	-17.64	-32.19	-25.81	-41.94	-57.26	-32.43	-42.52	-60.82
Çetinel	-10.89	-18.21	-20.44	-22.08	-56.82	-65.58	-14.74	-46.61	-61.03
S5	-13.80	-25.44	-28.39	-25.84	-42.11	-50.72	-28.29	-35.62	-51.66
2015-5	-8.45	-14.63	-33.92	-24.89	-38.91	-64.25	-36.23	-48.12	-67.43
D20	-9.59	-13.86	-30.46	-24.31	-43.75	-60.42	-19.86	-42.89	-57.82
D7	-2.21	-13.43	-29.29	-16.18	-36.42	-63.01	-19.22	-47.04	-68.51
D49	-11.38	-21.54	-47.51	-22.45	-46.43	-73.47	-35.17	-58.78	-84.97
D47	-7.48	-13.75	-29.88	-15.06	-31.33	-62.65	-10.81	-28.82	-60.64
2015-10	1.81	-26.25	-37.62	-12.16	-34.46	-68.24	7.31	-28.32	-72.73
S64	-5.53	-15.20	-57.74	-21.77	-48.71	-90.41	-9.71	-44.97	-95.06
C43	-12.15	-27.31	-65.20	-3.11	-40.68	-90.68	-18.88	-53.06	-91.81
C32	-11.40	-28.19	-49.75	-20.61	-33.03	-90.00	-13.09	-57.48	-91.82
2015-1	-17.20	-24.27	-55.03	-34.52	-56.35	-67.46	-23.59	-52.24	-65.72
S2	-6.92	-25.06	-50.04	-28.02	-37.09	-75.82	-28.17	-49.51	-74.38
TR69728	-12.79	-23.19	-47.84	-3.59	-47.75	-83.78	-43.30	-50.01	-94.22
Ilica	-15.15	-24.06	-46.88	-15.27	-35.64	-80.00	-21.86	-54.70	-88.20
Demre-8	-23.41	-30.06	-42.57	-13.22	-30.84	-90.31	-23.96	-47.24	-93.94
S34	-14.54	-18.21	-28.26	-14.55	-33.64	-57.73	-16.40	-40.65	-71.11
C19	-10.88	-23.48	-50.82	-19.09	-24.48	-70.54	-12.10	-31.53	-84.78
Yalova28	-11.94	-21.78	-35.97	-7.41	-39.81	-66.67	-12.51	-49.38	-73.77
B.Çarlisto	-3.03	-16.21	-30.75	-12.57	-29.14	-48.57	-5.31	-27.53	-55.42
C51	-13.36	-28.26	-61.26	-7.08	-26.11	-63.27	-18.47	-55.67	-75.07
Çağırkan	-0.90	-12.57	-43.41	-25.83	-35.00	-48.33	-17.98	-39.59	-61.13
2015-9	-7.16	-15.61	-50.82	-14.62	-46.20	-66.08	-21.25	-53.47	-72.46
D52	-11.69	-24.25	-33.56	-29.41	-43.38	-56.62	-26.40	-47.39	-57.93
Ortalama	-10.00	-19.90	-39.82	-19.47	-38.35	-65.55	-19.37	-43.42	-70.33

Bitkilerde tuz stresini en belirgin semptomları yapraklarda meydana geldiğinden dolayı, yapraklar stresten en fazla etkilenen organlardır. Tuz uygulamalarının yaprak sayısı üzerine etkisi incelendiğinde, toleransı daha fazla olan genotiplerin (K86, K80, S67, Çağırkan, B.Çarliston) diğer genotiplere kıyasla stresten daha az etkilendiği belirlenmiştir. Bitkiler tuz stresine karşı kendilerini koruyabilmek amacıyla su kaybını minimuma çekmek için; stomalarını daraltma, yaprak yüzey alanını küçültme ve yaprak sayısını azaltma gibi tepkiler vermektedir (Shannon ve Grieve, 1999). Tuzluluk aynı zamanda yaprakların erken yaşlanmasına neden olarak yaprak kayıplarına sebep olmaktadır (Chen ve Kao, 1991). Kuşvuran (2010) tuz stresinin etkisiyle kavun genotiplerinin yaprak sayılarında %24 ile %67 arasında azalma olduğunu; Kaya (2011), fasulye genotiplerinin yaprak sayısının 200 mM NaCl dozunda %54 oranında azaldığını; Küçükkömürcü (2011), bamya genotiplerinin yaprak sayısının tuz stresinin etkisiyle ortalama %25.6 oranında azaldığını belirlemişlerdir. Bulgularımızda da 50, 100 ve 150 mM tuz dozlarında sırasıyla %19.5, 38.4 ve 65.6 oranlarında yaprak sayılarında azalmalar saptanmıştır.

Tuz stresinin etkisiyle bitkilerin kuru madde içeriğindeki artış, su içeriğindeki düşüş, yaş ağırlıkta azalmaya neden olabilmektedir (Smit-Spinks ve ark., 1984). Bitkilerin bu olumsuz etkiyi azaltmak amacıyla geliştirdikleri tolerans ve sakınma mekanizmaları tuz stresine karşı koyabilmelerinde belirleyici olmaktadır. İncelenen

parametrelerde diğer genotiplerden tuz stresine daha tolerant olarak belirlenen genotiplerde (K80, S67, K86, 2015-10, B. Çarliston ve D47) kök ve gövde ağırlıkları tuz stresinin etkisiyle daha düşük oranlarda azalmıştır.

Rastgeldi (2010), tuz dozlarındaki artışın etkisiyle biber çeşitlerinde gövde yaş ağırlığının azaldığını, 150 mM tuz dozunda ortalama %60.7 oranında ağırlık azalması meydana geldiğini bildirmiştir. Çalışmada da benzer şekilde 150 mM tuz dozunda kontrol bitkilerine kıyasla %70.3 azalma belirlenmiştir. Tuz stresinin etkisiyle bitkilerde fotosentez miktarındaki azalma ile büyümedeki gerileme ve bitkinin su kaybını engellemek amacıyla yaprak alanını ve sayısını düşürmesi, yeşil aksam ağırlığının azalmasında etkili olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4. Tuz stresinin biber genotiplerinin gövde kuru, kök yaş ve kuru ağırlıklarına etkisinin kontrol bitkilerine göre % değişimleri.

Table 4. The effect of salt stress on the proportional changes in stem dry weight, root fresh and dry weights of genotypes compared to control plants.

Genotip	Gövde kuru ağırlığı (% değişim)			Kök yaş ağırlığı (% değişim)			Kök kuru ağırlığı (% değişim)		
	50 mM	100 mM	150 mM	50 mM	100 mM	150 mM	50 mM	100 mM	150 mM
S65	2.39	-43.13	-70.38	-4.98	-38.63	-68.61	-3.03	-46.64	-70.93
S69	-26.99	-36.96	-50.51	-23.97	-33.76	-51.46	-38.99	-39.83	-46.17
K86	-11.13	-18.38	-46.44	-3.61	-20.53	-53.68	-5.81	-23.18	-60.79
S67	-14.35	-35.51	-44.26	-9.12	-26.98	-42.10	-14.83	-29.80	-51.56
K80	-14.12	-17.03	-46.68	-14.97	-21.38	-46.34	-11.85	-27.37	-52.06
K.Dolma	-37.87	-42.81	-60.71	-30.83	-34.94	-54.71	-27.46	-36.11	-51.33
Çetinel	-11.30	-47.66	-58.42	-31.64	-49.02	-62.73	-25.84	-44.70	-68.44
S5	-18.39	-28.84	-42.96	-26.97	-41.67	-61.45	-28.24	-49.30	-63.74
2015-5	-28.84	-42.42	-64.23	-27.12	-51.77	-61.26	-34.01	-52.97	-66.50
D20	-25.27	-45.00	-58.57	-20.34	-48.89	-59.00	-24.23	-37.15	-49.03
D7	-14.92	-45.34	-71.57	-23.96	-45.98	-66.01	-18.44	-52.41	-74.33
D49	-36.67	-57.92	-79.65	-25.36	-59.25	-83.19	-24.64	-65.00	-78.86
D47	-7.39	-31.32	-61.86	-25.87	-40.71	-57.78	-19.22	-36.50	-57.16
2015-10	8.19	-18.62	-63.39	12.33	-25.03	-63.00	7.16	-41.73	-71.74
S64	-11.72	-45.71	-87.55	-10.96	-44.84	-81.15	-8.75	-23.94	-77.48
C43	-15.32	-52.62	-85.58	-16.48	-51.03	-70.91	-2.73	-54.28	-93.43
C32	-20.31	-54.82	-84.43	-31.02	-53.57	-76.52	-24.71	-36.31	-73.98
2015-1	-24.93	-58.70	-70.13	-21.35	-50.58	-62.79	-19.91	-43.65	-58.99
S2	-32.17	-45.57	-73.27	-29.82	-47.98	-67.18	-22.58	-48.46	-66.47
TR69728	-28.81	-45.45	-82.50	-36.02	-50.23	-78.05	-28.16	-44.88	-76.89
Illica	-15.44	-50.71	-79.68	-20.02	-50.21	-76.65	-18.36	-41.60	-75.38
Demre-8	-25.38	-47.13	-82.85	-22.36	-60.22	-84.15	-17.37	-63.68	-85.67
S34	-19.62	-46.73	-73.76	-18.91	-45.31	-64.66	-20.36	-48.66	-68.36
C19	-16.53	-30.43	-85.41	-19.58	-47.45	-72.74	-20.39	-51.39	-77.25
Yalova28	-16.22	-48.65	-72.78	-11.65	-53.74	-78.37	-10.49	-51.99	-71.73
B.Çarliston	-4.47	-26.71	-61.83	-5.28	-22.46	-52.07	-3.84	-18.12	-57.82
C51	-17.19	-58.05	-74.53	-9.26	-45.71	-64.07	-16.72	-49.92	-75.13
Çağırkan	-12.55	-34.84	-59.72	-12.51	-31.59	-69.51	-12.86	-28.57	-62.86
2015-9	-23.57	-55.02	-74.13	-14.82	-45.13	-66.35	-10.74	-31.34	-65.30
D52	-27.81	-45.63	-57.44	-18.79	-35.10	-54.14	-13.56	-32.11	-55.61
Ortalama	-18.29	-41.92	-67.50	-18.50	-42.46	-65.02	-17.37	-41.72	-66.83

Tuz düzeyindeki artış bitkilerin gövde yaş ağırlığında olduğu gibi, gövde kuru ağırlıklarında da istatistiksel olarak önemli düzeyde azalmaya neden olmuştur. Kontrol bitkilerinin tümünde ortalama gövde kuru ağırlıkları 10.47 g iken, 50 mM' da 8.49 g, 100 mM' da 6.02 g, 150 mM'da ise 3.35 g olarak belirlenmiştir. Çakır (2004), tuz stresinin etkisiyle gövde kuru ağırlığında oluşan azalmanın nedenleri olarak; yaprak sayısı ve yüzey alanında azalma ile asimilasyon oranının düşmesi, bitki boyunun kısalması, K, Ca ve Mg gibi besin elementlerinin alınmamasını bildirmiştir. Charzoulakis ve Klakapi (2000) 50, 100 ve 150 mM tuz dozlarında sırasıyla iki hibrit biber çeşidinin ortalama bitki kuru ağırlıklarının doz sırasına göre %28.4, %46.1 ve %66.8 oranında azaldığını saptamışlardır. Bulgularımızda da 50 ve 100 mM NaCl dozlarında çok yakın değerlerde azalmalar tespit edilmiştir. Belirlenen yaş ve kuru ağırlıklarındaki azalmalarda bitkinin su kaybını azaltmak amacıyla özellikle toprak üstü aksamını küçültmesinin etkili olduğu tahmin edilmektedir.

Tuz dozlarındaki artış, kök yaş ağırlıklarında değişen oranlarda azalmaya neden olmuştur. Genotiplerin ortalama kök yaş ağırlıkları kontrol bitkilerinde 59.1 g, 50 mM'da 47.9 g, 100 mM'da 33.5 g, 150 mM'da ise 20.3 g olarak saptanmıştır. Sadece 2015-10 genotipi 50 mM tuz uygulamasında, gövde yaş ve kuru ağırlıklarında olduğu gibi kontrol uygulamasından daha yüksek (%12.3) kök yaş ağırlığına ulaşmıştır. 50 mM tuz dozunda kök yaş ağırlığının en düşük oranda azaldığı belirlenen genotipler 2015-10, K86, S65, B.Çarliston, S67, C51 olurken, 100 mM tuz uygulamasında K86, K80, B.Çarliston, 2015-10, S67 olarak belirlenmiştir. 150 mM tuz dozunda ise kök yaş ağırlığı en düşük oranda azalan genotipler S67, K80, S69, B.Çarliston, D52 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4). Tuz stresi bitkilerin kök gelişimini olumsuz etkilese de, bitkilerin tuz stresine karşı tolerant olup olmamalarına göre kök büyümelerinin tuzdan farklı düzeylerde etkilenmediği bilinmektedir (Stewart ve Howell, 2003). Tuz stresinin etkisiyle bulgularımızı destekler nitelikte; Tuna ve Eroğlu (2016), biberde kök gelişiminin %39.9 azaldığını; Rastgeldi (2010), biber çeşitlerinde kök yaş ağırlığının, 50 mM tuz dozunda % 13, 100 mM da % 28, 150 mM da ise % 58 oranında azaldığını bildirmiştir. Kök yaş ağırlığındaki azalmada, tuz stresinin etkisi ile kök sayısında, kök uzunluğunda ve kök dallanmasında gözlemlenen azalmanın etkili olduğu öngörülmektedir.

Kontrol bitkilerinde ortalama kök kuru ağırlıkları 6.84 g, 50, 100 ve 150 mM tuz konsantrasyonlarında ise sırasıyla 5.67 g, 3.96 g ve 2.29 g olarak belirlenmiştir. 50 mM tuz uygulamasında kök kuru ağırlığı en düşük oranda azalan genotipler 2015-10, C43, S65, B.Çarliston, K86 olurken; 100 mM tuz uygulamasında B.Çarliston, K86, S64, K80 olarak saptanmıştır. 150 mM tuz dozunda ise K80, D20, S69, K.Dolma, S67 genotiplerinde diğer genotiplere kıyasla daha düşük oranlarda azalma tespit edilmiştir (Çizelge 4). Tuz stresi kök kuru ağırlığını; biberde %86 oranında (Tuna ve Eroğlu, 2016), fasulyede %24.2 oranında (Kaya, 2011) ve karpuzda % 48.2 oranında (Süyüm, 2011) azaltmıştır. Yüksek tuz konsantrasyonu bitkilerde Na miktarının artması ozmotik regülasyonu ve besin dengesini bozarak iyon toksitesine neden olabilmektedir (Köşkeroğlu, 2006).

Nisbi büyüme oranı (NBO) kontrol bitkilerinde en yüksek ortalamaya Demre8 (1.02 g gün⁻¹), en düşük ortalamaya ise S69 (0.38 g gün⁻¹) genotipinde ulaşmıştır. Kontrol bitkilerinde NBO ortalaması 0.69 g gün⁻¹ iken, 50 mM'da 0.56 g gün⁻¹, 100 mM' da 0.39 g gün⁻¹, 150 mM' da ise 0.22 g gün⁻¹ olmuştur.

NBO, bitkilerdeki fotosentez kazancının kuru ağırlık oluşturabilme etkinliği olarak da kabul edilmekte olup, bitkilerin verimi ile önemli düzeyde ilişkili kabul edilmektedir. Çalışmada artan tuz dozlarının etkisiyle NBO K80, S67, K86, 2015-10, B.Çarliston ve Çağırkan genotiplerinde diğer genotiplerden daha az olumsuz etkilenmiştir. Bu genotiplerin incelenen parametrelerde de diğer genotiplere kıyasla daha tolerant olmaları sonuçlarımızın güvenilirliğini arttırmaktadır. Mahdavi ve ark. (2004), NBO'nun bitkilerin verimiyle önemli düzeyde ilişkili olduğunu, tuz stresinin etkisiyle engellenen bitki gelişiminin bitkide NBO'nun azalmasına neden olduğunu bildirmişlerdir.

Tuz stresinin etkisiyle bitki su alımının engellenmesi yaprak oransal su içeriğinin (YOSİ) azalmasında etkili olmaktadır. Kontrol bitkilerinde %77.3 olan YOSİ miktarı 50, 100 ve 150 mM tuz dozlarında sırasıyla % 74.5, % 69.6, % 64.1 olarak belirlenmiştir. Bitkilerin strese karşı koyabilmesinde, yapraklarından transpirasyon yoluyla kaybettikleri su ile yaprak hücrelerinde bulunan su arasındaki dengeyi sağlayabilmeleri etkili olmaktadır (Dhanda ve Sethi, 2002). Bitkilerde YOSİ miktarının düşmesinde, kök rizosferinde tuz konsantrasyonunun artmasıyla suyun ozmotik potansiyelinin azalması sonucunda bitkilerin fizyolojik kuraklık stresine maruz kalması etkili olmaktadır (Levitt, 1980). Çalışmada tolerant olan genotiplerin (K86, S69, D7, C43, B.Çarliston, D52) bünyelerindeki suyu koruyabilmelerine karşı hassas olan genotiplerin (Demre8, TR69728, S64, C32 ve Ilica) bu suyu koruyamadıkları saptanmıştır. YOSİ'nin azalması hücre büyümesi için gerekli suyun kısıtlanması anlamına geldiğinden, YOSİ'deki azalma büyüme ile ilgili diğer parametreleri de olumsuz etkilemektedir.

Hücre içi ve dışı ozmotik uyumsuzluğa bağlı olarak gelişen bir iyon dengesizliği olarak kabul edilen membran zararlanması, artan tuz dozlarının etkisiyle tüm genotiplerde değişik oranlarda zararlanmaya sebep olmuştur. Ancak diğer parametrelerde de tuz stresine karşı tolerant olarak saptanan genotipler (K86, S69, 2015-10, C19, S67, S65, C51, B.Çarliston ve Çağırkan) daha düşük miktarda membran zararlanması göstermiştir (Çizelge 5). Munns (2002), tuz stresinin membranlar üzerinde ortalama %34.3 oranında zararlanma gösterdiğini; Kuşvuran (2010), kavun genotiplerinde % 34.3 oranında, Kaya (2011), fasulye genotiplerinde % 38.4 oranında zararlanma gösterdiğini bildirmektedir. Bulgularımızda 100 mM tuz dozunda %37.4 oranında zararlanma tespit edilmiştir. Bitkilerin stres koşullarına tolerans sağlamasında hücre bütünlüğünü muhafaza edebilmeleri büyük önem taşımaktadır (Tıprıdamaz ve Ellialtıoğlu, 1997). Bulgularımızda da düşük oranda membran zararlanması gösteren genotipler, diğer incelenen parametrelerde de tuz stresine karşı toleranslı genotipler olarak belirlenmiştir.

Çizelge 5. Tuz stresinin biber genotiplerinin nispi büyüme oranı, yaprak oransal su içeriğine etkisinin kontrol bitkilerine göre % değişimleri ve yaprak hücrelerinde membran zararlanma düzeyleri.

Table 5. The effect of salt stress on the proportional changes in relative growth rate, leaf relative water content and leaf membrane damage level of genotypes compared to control plants.

Genotip	Nispi büyüme oranı (% değişim)			Yaprak oransal su içeriği (% değişim)			Yaprak hücrelerinde Membran zararlanması		
	50 mM	100 mM	150 mM	50 mM	100 mM	150 mM	50 mM	100 mM	150 mM
S65	0.03	-45.16	-71.41	-6.95	-7.77	-19.53	18.38 ^{efghi}	38.51 ^{a-h}	58.90 ^{efgh}
S69	-32.77	-38.85	-49.42	5.54	-2.01	-4.34	24.49 ^{cdefg}	34.72 ^{b-i}	44.37 ^{hijkl}
K86	-9.03	-20.49	-52.69	5.89	14.10	-4.23	20.32 ^{efghi}	25.49 ⁱ	46.78 ^{hijkl}
S67	-14.77	-33.46	-48.16	-4.48	-15.75	-17.31	26.73 ^{bcdef}	31.17 ^{efghi}	41.08 ^{ijkl}
K80	-13.32	-21.65	-49.52	-2.67	-3.96	-10.60	27.63 ^{bcdef}	26.58 ^{hi}	40.43 ^{ijkl}
K.Dolma	-35.05	-41.15	-58.39	-3.01	-4.47	-10.72	34.73 ^{ab}	39.78 ^{a-g}	55.92 ^{efgh}
Çetinel	-16.10	-47.32	-62.37	-4.67	-6.31	-13.86	27.59 ^{bcdef}	37.38 ^{a-i}	52.06 ^{ghijkl}
S5	-22.52	-37.33	-51.71	-4.13	-6.43	-12.99	28.68 ^{bcdef}	36.92 ^{a-i}	44.35 ^{ijkl}
2015-5	-31.09	-46.81	-65.86	-3.12	-6.00	-13.65	34.21 ^{ab}	41.19 ^{a-f}	51.31 ^{ijkl}
D20	-25.04	-41.66	-54.55	-1.53	-5.52	-9.55	27.15 ^{bcdef}	35.18 ^{b-i}	48.43 ^{ijkl}
D7	-16.46	-48.54	-73.19	1.85	-11.83	-12.55	23.40 ^{cdefgh}	39.74 ^{a-g}	49.41 ^{ijkl}
D49	-31.36	-61.68	-79.92	-4.02	-10.24	-19.90	32.33 ^{abc}	47.50 ^{ab}	67.51 ^{cdef}
D47	-13.01	-34.04	-60.22	-2.91	-14.22	-15.82	23.90 ^{cdefg}	31.35 ^{efghi}	48.43 ^{ijkl}
2015-10	7.81	-29.28	-67.86	-10.60	-11.95	-15.14	12.34 ⁱ	27.48 ^{ghi}	54.89 ^{efgh}
S64	-10.89	-39.34	-85.16	-9.40	-13.59	-26.82	19.53 ^{efghi}	35.58 ^{b-i}	89.51 ^a
C43	-11.51	-54.10	-89.66	0.60	-4.23	-22.75	26.59 ^{bcdef}	45.71 ^{abc}	84.79 ^{ab}
C32	-21.69	-50.66	-82.70	-10.16	-15.62	-27.76	27.77 ^{bcdef}	43.12 ^{abcde}	79.14 ^{abc}
2015-1	-23.29	-53.70	-66.55	-2.20	-7.26	-16.41	30.62 ^{abcd}	45.92 ^{abc}	50.58 ^{hijkl}
S2	-29.22	-46.70	-71.40	-4.31	-10.55	-18.79	28.03 ^{bcdef}	43.37 ^{abcde}	55.64 ^{efgh}
TR69728	-28.76	-45.54	-80.91	-8.80	-23.35	-31.86	37.93 ^a	39.33 ^{a-h}	86.73 ^{ab}
Ilica	-16.58	-48.10	-78.96	-12.70	-24.58	-28.96	24.29 ^{cdefg}	49.25 ^a	75.03 ^{abcd}
Demre-8	-21.81	-55.27	-84.82	-3.74	-26.22	-37.48	22.85 ^{cdefgh}	42.54 ^{abcdef}	79.89 ^{abc}
S34	-20.05	-47.81	-72.58	-1.24	-17.76	-21.89	21.09 ^{defghi}	35.83 ^{b-i}	60.55 ^{defgh}
C19	-18.41	-40.36	-81.96	-5.03	-14.52	-22.03	19.88 ^{efghi}	34.19 ^{c-i}	73.92 ^{bcd}
Yalova28	-13.54	-50.47	-72.60	-9.10	-9.54	-18.54	19.10 ^{efghi}	44.75 ^{abcd}	68.88 ^{cde}
B.Çarliston	-4.23	-23.22	-60.48	2.03	-2.72	-8.33	14.26 ^{hi}	30.03 ^{efgh}	45.59 ^{hijkl}
C51	-17.14	-55.66	-75.20	-6.10	-14.19	-15.11	22.28 ^{defgh}	28.09 ^{ghi}	67.91 ^{cdef}
Çağırkan	-12.82	-32.41	-61.78	-1.94	-5.33	-9.33	16.04 ^{ghi}	34.92 ^{b-i}	55.88 ^{efgh}
2015-9	-19.99	-48.52	-72.17	-2.51	-9.75	-16.93	24.69 ^{cdefg}	43.67 ^{abcde}	58.70 ^{efgh}
D52	-21.86	-40.11	-57.04	2.98	-5.74	-9.10	22.95 ^{cdefgh}	32.34 ^{efghi}	38.73 ⁱ
Ortalama	-18.15	-42.65	-67.97	-3.55	-9.91	-17.07	24.66	37.39	59.17

Kontrol bitkilerinde 4.05 mg g⁻¹ olan toplam klorofil miktarı ortalaması, 50, 100 ve 150 mM tuz dozlarında sırasıyla 3.96, 3.47, 2.80 mg g⁻¹ olarak belirlenmiştir. 50 mM tuz uygulamasında klorofil içeriği en düşük oranda azalan genotipler 2015-5, 2015-1, D7, Çağırkan, Yalova28 olurken, 100 mM tuz uygulaması yapılmış bitkilerde ise D49, D7, 2015-1, C19, Ilica olarak saptanmıştır. 150 mM tuz uygulamasında ise D20, D7, K86, 2015-1 genotiplerinin olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 6).

Yüksek tuz dozlarının etkisiyle oluşan kloroz, oksijen radikallerinin ve klofilaz enzim aktivitelerinin artmasıyla ortaya çıkan klorofilin parçalanmasından kaynaklanabilmektedir (Rao ve Rao, 1981). Çalışmadaki en düşük tuz dozu olan 50 mM NaCl uygulanmış bazı biber genotiplerinde (D20, 2015-5, D7, D49, 2015-10, 2015-1, Yalova28, Çağırkan) klorofil içeriği kontrol bitkilerine kıyasla bir miktar artsa da, artan tuz dozlarının etkisi ile tüm genotiplerde klorofil içeriği azalmıştır.

Benzer şekilde Kaya (2011) tuz stresinin fasulye genotiplerinin klorofil içeriğini ortalama %6.1 oranında arttırdığını; Rastgeldi (2010) klorofil içeriğinin 50 mM tuz uygulanan biberlerde arttırdığını, ancak 100 ve 150 mM dozlarında ise önemli düzeyde azaldığını bildirmişlerdir. Düşük tuz dozlarında klorofil miktarında belirlenen bu artış, özellikle yaprak alanının ve YOSİ azalması ile birim alana düşen klorofil miktarındaki artıştan kaynaklanabilir. Düşük konsantrasyondaki tuz klorofil içeriğini artırmakta, yüksek konsantrasyon ise klorofillerin moleküler yapısını bozmaktadır (Ashraf, 2004).

Bitkilerin fotosentez ile ilgili sistemleri için önemli bir bileşen olan karotenoidler, abiyotik ve biyotik stres koşullarında bitki gelişiminde sinyal vermede öncü olarak görev alırlar. Strese tolerant olan genotiplerin karotenoid içeriklerinin stresten daha az etkilenmesi beklenen bir sonuçtur.

Çalışmada artan tuz dozlarının etkisiyle önceki çalışmalar ile uyumlu olarak (Gadallah, 1999; Tuna ve Eroğlu, 2016), genotiplerin karotenoid içeriklerinde bir azalma saptansa da, tuza nispeten daha tolerant olan genotiplerde bu azalışın çok daha düşük oranlarda olduğu hatta 50 mM dozunda bazı genotiplerin karotenoid içeriğinin kontrol bitkilerine kıyasla artış gösterdiği belirlenmiştir. D7, K86, Ilıca ve 2015-1 genotiplerinin karotenoid içerikleri tuz stresinin etkisiyle diğer genotiplere kıyasla daha düşük oranlarda azalma göstermiştir.

Çizelge 6. Tuz stresinin biber genotiplerinin yaprak pigment içeriklerine etkisinin kontrol bitkilerine göre % değişimleri.

Table 6. The effect of salt stress on the proportional changes in leaf pigment contents of genotypes compared to control plants.

Genotip	Toplam klorofil miktarı (% değişim)			Karotenoid miktarı (% değişim)		
	50 mM	100 mM	150 mM	50 mM	100 mM	150 mM
S65	0.00	-11.55	-40.68	-0.30	-11.52	-41.14
S69	-4.99	-12.47	-10.66	0.62	-8.80	-9.32
K86	-2.29	-5.03	-9.38	2.27	1.64	-3.18
S67	-8.02	-15.54	-22.81	-10.03	-15.27	-23.13
K80	-3.36	-14.47	-17.05	-1.27	-10.14	-14.91
K.Dolma	-4.09	-8.64	-22.27	-2.71	-5.09	-18.15
Çetinel	-1.81	-7.26	-16.78	2.42	-0.56	-7.62
S5	0.00	-18.53	-42.39	1.70	-16.10	-33.43
2015-5	5.91	-31.68	-33.33	1.67	-25.48	-31.02
D20	4.91	-4.05	-4.91	2.32	-3.59	-4.01
D7	5.53	-1.32	-9.21	4.67	0.00	-6.01
D49	1.10	-1.10	-14.92	1.00	1.60	-15.27
D47	-2.38	-7.62	-23.81	2.76	-2.67	-23.78
2015-10	0.47	-8.02	-16.75	-3.04	-8.86	-12.60
S64	-3.82	-16.47	-72.79	-5.90	-14.04	-65.56
C43	-3.98	-21.38	-36.69	-0.27	-10.70	-27.16
C32	-10.51	-26.17	-52.34	-10.76	-25.11	-43.95
2015-1	5.88	-2.05	-9.97	6.66	-0.80	-6.86
S2	-2.07	-27.72	-47.15	4.44	-21.09	-41.07
TR69728	-6.42	-19.52	-28.88	-6.23	-16.18	-25.43
Ilıca	0.52	-3.66	-45.43	8.67	2.54	-41.54
Demre-8	-5.80	-51.93	-94.93	-3.40	-46.42	-83.09
S34	-2.84	-6.96	-37.11	-1.36	-7.27	-31.01
C19	-0.53	-3.19	-16.76	1.41	5.84	-4.76
Yalova28	4.60	-8.47	-29.78	1.14	-6.16	-28.43
B.Çarliston	-7.21	-21.86	-35.81	-5.27	-16.71	-33.42
C51	-8.96	-12.59	-32.45	-4.63	-2.50	-30.34
Çağırkan	4.88	-15.72	-26.83	5.28	-11.92	-27.25
2015-9	-6.11	-16.87	-35.45	-2.61	-13.89	-29.26
D52	-12.12	-25.51	-28.79	-9.86	-20.37	-25.86
Ortalama	-2.22	-14.32	-30.86	-0.85	-10.54	-26.53

İncelenen parametrelerin kontrol bitkilerine göre % değişim oranları bir arada değerlendirilerek, genotipler tuz stresinden etkilenme derecelerine göre her bir tuz dozu için; tolerant, orta tolerant ve hassas olarak sınıflandırılmıştır. Tüm tuz dozlarında stres koşullarına en toleranslı genotipler; K86, D47 ve 2015-10 olarak belirlenmiştir. Bu genotiplerden sonra tuz dozlarına en yüksek oranda tolerans gösteren genotipler ise; K80, S67, D20 ve S65 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 7).

Çizelge 7. Biber genotiplerinin tuz sterisine karşı tolerans seviyeleri.Tablo 7. *Tolerance levels of pepper genotypes to salt stress.*

50 mM NaCl			100 mM NaCl			150 mM NaCl		
Hassas	Orta	Tolerant	Hassas	Orta	Tolerant	Hassas	Orta	Tolerant
TR69728	S67	C43	Demre8	Yalova28	S67	S64	C51	B.Çarlisto
K.Dolma	Çetinel	S64	C32	2015-1	2015-10	Demre8	2015-9	D47
C32	C51	D7	C43	S5	D20	C32	Çetinel	D52
D52	S34	D47	S2	Ilica	C19	Ilica	S34	Yalova28
S69	2015-9	Yalova28	TR69728	K.Dolma	S65	C43	K.Dolma	2015-10
S2	2015-1	B.Çarliston	2015-5	Çetinel	Çağırkan	TR69728	S65	S67
Demre8	K80	K86	C51	S64	B.Çarliston	S2	2015-1	K80
D49	Ilica	2015-10	D49	S34	D47	2015-5	Çağırkan	D20
S5	C19	Çağırkan	D52	D7	K80	C19	S5	S69
2015-5	D20	S65	2015-9	S69	K86	D49	D7	K86

SONUÇ

Farklı dozlardaki tuz stresine dayanım derecelerini belirlemek amacıyla 14 değişik parametre yönünden incelenen biber genotipleri içerisinde; K86, D47, 2015-10, K80, D20, S67 ve S65 genotiplerinin diğer genotiplerden tuz stresine karşı daha tolerant olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucunda tuz stresinden daha az etkilenen veya tolerant olarak belirlenen genotiplerden elde edilecek saf hatlar ileride yapılabilecek ıslah çalışmalarında materyal olarak kullanılabilereği gibi tuzluluk problemi yaşanan bölgelerde yetiştiricilik için üreticilere de önerilebilecektir. İleride yapılacak çalışmalarda tolerant olarak belirlenen biber genotiplerinin toprak koşullarında da çok daha fazla sayıda parametre yönünden yeniden incelenmesi çalışma sonuçlarımızın güvenilirliğine katkı sağlayacaktır. Ayrıca belirlenen tolerant genotiplerin diğer abiyotik ve biyotik stres faktörleri yönünden de taranması yapılacak ıslah çalışmalarından daha kısa sürede sonuç alınmasını sağlayacaktır.

ÇIKAR ÇATIşMASI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

YAZAR KATKISI

Dr. Öğr. Üyesi Hakan Başak ve Yüksek Lisans öğrencisi Cem Emirzeoğlu tez çalışması kapsamında birlikte katkı sağlamıştır.

KAYNAKLAR

- Aktaş, H., Daşgan, H. Y., Abak, K., & Çakmak, I. (2002). Determination of screening techniques to salinity tolerance in tomatoes and investigation of genotype responses. *Plant Science*, 163, 695-703.
- Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplast, polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24, 1-10.
- Ashraf, M. (2004). Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. *Flora*, 199, 361-376.
- Ayers, R., & Westcot W. D. (1989). *Water Quality For Agriculture*. FAO Irrigaion and Drainage, Paper No: 29.
- Başak, H. (2019). Kırşehir yerel sivri biber (*Capsicum annuum* L. var. *longum*) populasyonlarının agronomik ve morfolojik karakterizasyonu. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(2), 202-216.
- Burssens, S., Himanen, K., Cotte, B. V., Beeckman, T., Montagu, M. V., Inze, D., & Verbruggen, N. (2000). Expression of cell cycle regulatory genes and morphological alterations in response to salt stress in *Arabidopsis thaliana*. *Planta*, 211, 632-640.
- Chartzoulakis, K., & Klapaki, G. (2000). Response of two different greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia Horticulturae*, 86, 247- 260.

- Chen, C. T., & Kao, C. H. (1991). Senescence of rice leaves XXIX. Ethylene production, polyamine level and polyamine biosynthetic enzyme activity during senescence. *Plant Science*, 78, 193-198.
- Çağırgan, Ç. (2015). *Yerel karpuz genotiplerinin tuz stresine toleranslarının belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.
- Çakır, R. (2004). Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crop Research*, 89, 1-16.
- Demirkol, G., Yılmaz, N., & Önal Aşçı, Ö. (2019). Tuz stresinin yem bezelyesi (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.) seçilmiş genotipinde çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(3), 354-359.
- Dhanda, S., & Sethi S. (2002). Tolerance to drought stress among selected Indian wheat cultivars. *The Journal Agricultural Science*, 139, 319-326.
- Evans, G. C. (1972). *The Quantitative Analysis of Plant Growth*. Williams Colowes and Sons Ltd., Oxford.
- Fan, S., & Blake, T. J. (1994). Abscisic acid induced electrolyte leakage in woody species with contrasting ecological requirements. *Physiologia Plantarum*, 9, 414- 419.
- Gadallah, M. A. A. (1999). Effect of proline and glycinebetaine on *Vicia faba* responses to salt stress. *Biologia Plantarum*, 42(2), 249-257.
- Hasegawa, P. M. Bressan, R. A., & Handa, A. V. (1986). Cellular mechanisms of salinity tolerance. *Horticultural Science*, 2, 1317-1324.
- Hoagland, D. R., & Arnon, D. J. (1950). *The Water-Culture Method for Growing Plants without Soil*. Circular 347, California Agricultural Experiment Station, USA.
- Kaya, E. (2011). *Erken bitki gelişme aşamasında kuraklık ve tuzluluk streslerine tolerans bakımından fasulye genotiplerinin taranması*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Kıpçak, S., Ekincialp, A., Erdinç, Ç., Kabay, T. & Şensoy, S. (2019). Tuz stresinin farklı fasulye genotiplerinde bazı besin elementi içeriği ile toplam antioksidan ve toplam fenol içeriğine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(1), 136-144.
- Kıran, S., Kuşvuran, Ş., Özkay, F., Özgün, Ö., Sönmez, K., Özbek, H. & Ellialtıoğlu, Ş. Ş. (2015). Bazı patlıcan anaçlarının tuzluluk stresi koşullarındaki gelişmelerinin karşılaştırılması. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 8(1), 20-30.
- Korkmaz, A., Karagöl, A., & Horuz, A. (2016). Substrat kültüründe domates bitkisi yaprağında besin kapsamı, K/Na ve Ca/Na oranları üzerine besin çözeltisine artan dozlarda ilave edilen NaCl'ün etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31, 441-447.
- Köşkeroğlu, S. (2006). *Tuz ve su stresi altındaki mısır (Zea mays) bitkisinde prolin birikim düzeyleri ve stres parametrelerinin araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Kuşvuran, Ş. (2010). *Kavunlarda kuraklık ve tuzluluğa toleransın fizyolojik mekanizmaları arasındaki bağlantılar*. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Küçük, A. (1996). *Plant genetic resources activities in Turkey-brassicas*. Report of working group on Brassica. International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), third meeting, Rome, Italy.
- Küçükkömürcü, S. (2011). *Tuzluluk ve kuraklık streslerine tolerans bakımından bamya genotiplerinin taranması*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Levitt J. (1980). *Responses of Plants to Environmental Stresses. Volume 1: Chilling, Freezing and High Temperature Stresses*. Academic Press, New York.
- Lichtenthaler H. K., & Wellburn, A. R. (1983). Determinations of total careteonids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical. Society Transactions*, 11, 591-592
- Mahdavi F., Esmail M. A., Pirdashti, H., & Fallah, A. (2004). *Study on the physiological and morphological indices among the modern and old rice (Oriza sativa L.) genotypes*. 4th International Crop Science Congress, Australia.
- Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell & Environment*, 25, 239-250.
- Neves, O. S. C., Carvalho, J. G., & Rodrigues, C. R. (2004). Growth and Mineral Nutrition of Umbuzeiro Seedlings (*Spondias Tuberosa* Arr. Cam.) under Salt Stress in Nutrient Solution. *Ciência Agrotecnologia*, 28, 997-1006.
- Rao, G. G., & Rao, G. R. (1981). Pigment Composition and Chlorophyllase Activity in *Pigeon pea* (*Cajanus indicus* spreng) and *Gingeloy* (*Sesamum indicum* L.) under NaCl salinity. *Indian Journal of Experimental Biology*, 19, 768-770.
- Rastgeldi, Z. H. A. (2010). *Biberde farklı tuz konsantrasyonlarının bazı fizyolojik parametreler ile mineral madde içeriği üzerine etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.

- Sanchez F. J, Andres E. F, Tenorio J. L., & Ayerbe, L. (2004). Growth of epicotyls, turgor maintenance and osmotic adjustment in pea plants (*Pisum sativum* L.) subjected to water stres. *Field Crops Research*, 86, 81-90.
- Seymen, M., Alsabbagh, M. & Türkmen, Ö. (2016). *Citrillus lanatus* var. *lanatus* ve *Citrillus lanatus* var. *citroides* kaynaklı bazı karpuz genotiplerinin tuza tolerans düzeylerinin belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 27(1), 24-38.
- Shannon, M. C., & Grieve, C. M. (1999). Tolerance of vegetable crops to salinity. *Scientia Horticulturae*, 78, 5-38.
- Smit-Spinks, B., Swanson, B. T., & Markhart, A. H. (1984). Changes in water relations, water flux and root exudate abscisic acid content with cold acclimation of *Pinus sylvestris* L. *Australian Journal of Plant Physiology*, 11, 431.
- Stewart B. A., & Howell T. A. (2003). Drought evidance and drought adaptation. *Encyclopedia of Water Science*, 1076.
- Süyüm, K. (2011). *Karpuz genetik kaynaklarının tuzluluk ve kuraklığa tolerans seviyelerinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Tıpırdamaz, R., & Ellialtıoğlu, ř. (1997). Some physiological and biochemical changes in *Solanum melongena* L. genotypes grown under 350 salt conditions. *Progress in Botanical Research*, 377-380.
- Tuna, A. T., & Eroğlu, B. (2016). Tuz stresi altındaki biber (*Capsicum annuum* L.) bitkisinde bazı organik ve inorganik bileşiklerin antioksidatif sisteme etkileri, *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 32(1), 122-130.
- Vural, H., Eşiyok, D., & Duman, İ. (2000). *Kültür Sebzeleri*. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- Yıldırım E., & Güvenç İ. (2006). Salt tolerance of pepper cultivars during germination and seedling growth. *Turkish Journal Agriculture and Forestry*, 30, 347-353.