

Araştırma Makalesi/Research Article (Original Paper)

Van Gölü Havzası'nda Yetiştirilen Bazı Fasulye (*Phaseolus Vulgaris* L.) Genotiplerinin Tuza Tolerans Seviyelerinin Belirlenmesi

Selma KIPÇAK¹ Çeknas ERDİNÇ^{2*}

¹ Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Van

² Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Van,

*e-posta: ceknaserdinc@yyu.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, Van Gölü Havzası'ndan toplanmış olan bazı fasulye genotiplerinin farklı tuz konsantrasyonlarına karşı göstermiş oldukları tepkiler incelenmiştir. Bu amaçla, yirmi farklı fasulye genotipi, 25 mM ve 50 mM konsantrasyonlarındaki tuz (NaCl) stresine maruz bırakılmıştır. Fasulye genotiplerinde tuza toleransın belirlenmesi için 0-5 skalası, tuza tolerans yüzdesi, yeşil aksam-kök yaş ve kuru ağırlığı ile yeşil aksamda bazı besin elementi (P, K, Ca, Na, K/Na, Ca/Na) içerikleri ve oranları incelenmiştir. Çalışma sonucunda, incelenen fasulye genotiplerinin tuz stresine tepkilerinde geniş bir varyasyonun olduğu tespit edilmiştir. Bu varyasyon içerisinde, G30, G67 ve G75 genotiplerinin tuza toleran, G2, G71, G78 ve G94 genotiplerinin ise tuz stresine karşı hassas oldukları belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Fasulye, genotip, NaCl, tolerans, stres

Determination of Salt Tolerance Levels of Common Bean (*Phaseolus Vulgaris* L.) Genotypes Grown in Van Lake Basin

Abstract: In this study, the reactions of some bean genotypes collected from Lake Van Basin to different salt concentrations were examined. For this, 20 bean genotypes were subjected to salt stress (NaCl), 25 mM and 50 mM concentration. For determination of salt resistance in bean genotypes 0-5 scale, the percentage of salt tolerance, shoot-root fresh and dry weight, contents and rate of nutrients (K, Ca, Na, K/Na, and Ca/Na) in shoots. At the end of study, it was determined that common bean genotypes had a high variation in point of response to salt stress. In this variation, G30, G67 and G75 were assigned as tolerance to salt stress, G2, G71, G78 and G94 genotypes were susceptible.

Keywords: Bean, genotype, NaCl, resistance, stress

Giriş

Yaklaşık 20 milyon tonun üzerinde olan dünya taze fasulye üretiminde Çin %80 'lik bir pay ile ilk sırada yer alırken; Türkiye 632.301 tonla taze fasulye üretimi 4. sırada bulunmaktadır (FAOSTAT 2013). Fasulye; konserve, taze ve kuru olmak üzere değişik şekilde değerlendirilen, besin değeri çok yüksek olan, hemen hemen tüm dünyada bol miktarda tüketilen önemli bir kültür bitkisidir. İnsan beslenmesi dışında hayvan beslenmesinde de kullanılabilirdiği gibi, kozmetik ve boya yapımı içi ham madde olarak değerlendirilmektedir (Singh ve ark. 2007). Dünya sebze yetiştiriciliğinde önemli bir paya sahip olan fasulye üretiminde olumsuz çevre koşulları, hastalık ve zararlılar gibi sorunlar üretimi sınırlandırmakta, bu sorunların yanı sıra tuzluluk bir diğer sınırlayıcı faktörü oluşturmaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde fasulye birçok literatürde (Dasgan ve ark. 2006; Yasar ve ark. 2008; Dasgan ve Koc, 2009; Yılmaz ve ark. 2011; Çiftçi ve ark. 2011; Dölerslan ve Gül 2012) tuza hassas bir sebze olarak ifade edilmektedir.

Tuzluluk; özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde yıkanarak yer altı suyuna karışan çözünabilir tuzların yüksek taban suyuyla birlikte kapillarite yoluyla toprak yüzeyine çıkması ve buharlaşma sonucu suyun topraktan ayrılarak tuzun toprak yüzeyinde ve yüzeye yakın bölümünde birikmesi olayıdır (Ergene

1982; Kwiatowsky 1998, Kara 2002). Tuz stresi, bitkilerde morfolojik, fizyolojik, hücrel ve moleküler seviyede pek çok aksaklıklara neden olmaktadır. (Crawley 1997).

Nüfusu artışı ve verimli tarım alanlarının azalmasına ek olarak ortaya çıkan aşırı sulama, kontrolsüz gübreleme gibi yanlış uygulamaların neden olduğu tuzluluk problemine karşı, özellikle tüm dünya üzerinde yaygın olarak yetiştirilen ve tüketilen fasulye gibi sebze türlerinde toleransı yüksek çeşitlerin geliştirilmesi bu stres faktörüne karşı mücadelede en etkili yöntemlerden biri olarak düşünülmektedir.

Materyal ve Yöntem

Çalışmada kullanılan genotipler, Ekincialp (2012) tarafından Van Gölü Havzası'ndan toplanmış olan fasulye genotipleri arasından seçilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Tuz stresi çalışmasında kullanılan fasulye genotiplerine ait bilgiler

Genotip No	Temin Edildiği Yer	Bitki Görünümü
G2	Van-Merkez	Sarılcı
G9	Bitlis-Hizan	Sarılcı
G11	Bitlis-Hizan	Bodur
G13	Bitlis-Hizan	Sarılcı
G14	Bitlis-Hizan	Sarılcı
G16	Bitlis-Hizan	Sarılcı
G20	Van-Erciş	Sarılcı
G21	Van-Erciş	Sarılcı
G30	Van-Gevaş (<i>P.coccineus</i>)	Sarılcı
G31	Van-Gevaş	Sarılcı
G39	Van-Gevaş	Sarılcı
G49	Van-Gevaş	Sarılcı
G67	Bitlis-Adilcevaz	Sarılcı
G71	Bitlis-Adilcevaz	Bodur
G75	Bitlis-Adilcevaz	Sarılcı
G78	Bitlis-Adilcevaz	Bodur
G90	Van-Edremit	Sarılcı
G92	Van-Edremit	Sarılcı
G94	Van-Edremit	Sarılcı
G97	Van-Bahçesaray	Sarılcı

Fasulye genotiplerinin tuz stresine karşı göstermiş oldukları tepkilerinin belirlenebilmesi için 25 ve 50 mM NaCl konsantrasyonları kullanılmıştır. Tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekrarlı ve her tekrarda 8 bitki olacak şekilde yürütülen çalışma, 23±2 °C sıcaklık ve % 60-65 nem koşullarının sağlandığı iklim odası koşullarında 2:1 oranında torf:perlit doldurulmuş 3 litrelik saksılar kullanılarak yürütülmüştür. Bitkiler 3 yapraklı aşamaya ulaşınca kadar stressiz koşullarda büyütülmüş bu aşamadan sonra tuz stresine maruz bırakılmıştır. Tuz uygulaması, 4 gün boyunca her gün aynı saatte sulama suyu ile birlikte yapılmıştır.

Tuz stresinin olumsuz etkileri ve genotipler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla, deneme boyunca bitkilerde yeşil aksam-kök yaş ve kuru ağırlıkları gibi fide gelişim kriterlerinin yanı sıra yeşil aksamda P, K, Ca ve Na içerikleri de incelenmiştir. Bunun yanı sıra genotiplerin tuza tolerans yüzdesi Alsabbagh ve ark., (2016)'na göre hesaplanmıştır. Buna göre Tolerans yüzdesi (%)= Tuz uygulamasının yeşil aksam kuru ağırlığı / Kontrol grubunun yeşil aksam kuru ağırlığı x 100 şeklinde hesaplanmıştır. Ayrıca görsel olarak stresin gözle görülebilen etkilerini belirlemek amacıyla bitkiler 0-5 skalası ile değerlendirilmiştir (Kuşvuran 2010).

Araştırmada elde edilen veriler SAS istatistik programı kullanılarak tesadüf parselleri deneme desenine göre varyans analizi ile P<0.05 önemlilik derecesine göre değerlendirilmiştir (SAS 2015). Verilerin analizinde istatistiksel olarak önemli bulunan ortalamalar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne göre gruplandırılmıştır. Verilerin korelasyon analizi ise SPSS istatistik paket programı kullanılarak yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Yapılan araştırmanın sonunda, bitkilerde bazı fide gelişim parametreleri, görsel olarak belirlenen 0-5 skalası ve besin maddesi içeriklerine ait bulgular elde edilmiş ve bu bulgular kapsamında genel olarak tuz stresine karşı genotiplerin göstermiş oldukları tepkiler bakımından varyasyonun olduğu belirlenmiştir.

Bitkilerde tuz stresinin görsel olarak saptanmaya çalışıldığı 0-5 skalasına ait bulgularda 25 mM tuz konsantrasyonunda genotipler arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunurken skala ortalamaları arasındaki farklılıklar 50 mM NaCl uygulamasında önemsiz bulunmuştur. Bu bağlamda 25 mM tuz dozundan en az etkilenen genotip G39 olurken, en fazla G94'ün etkilendiği belirlenmiştir. Ayrıca 50 mM tuz uygulamasında G71 ve G97 en fazla etkilenen, G30 ve G67 ise en az etkilenen genotipler olmuştur (Tablo 2). Skala göre genotipler arasında bir varyasyonun olduğu göze çarpmış ve diğer kriterlerle korelatif bir ilişkinin olduğu görülmüştür. Bazı araştırmacılar biberde (Aktaş 2002) domatestede (Daşgan ve ark. 2002), fasulyede (Koç 2005) ve bamyada (Kuşvuran ve ark. 2011) skaladan elde edilen sonuçların genotiplerin tuz stresine karşı oldukları tepkilerin tespit edilmesinde kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Genotiplerin tuza tolerans yüzdesinde, 25 mM tuz dozunda toleransın en yüksek G90 (%93.75), G21 (%84.48) ve G30 (%81.82) genotiplerinde olduğu, 50 mM' de ise G30, G90 ve G78 genotiplerinin en yüksek tolerans yüzdesine ulaştığı belirlenmiştir (sırasıyla % 145.45, % 134.38 ve % 120.0). Her iki tuz dozunda da tolerans yüzdesinin en düşük olduğu genotipin G13 olduğu dikkat çekmiştir. Alsabbagh ve ark., (2016) karpuzda tuza tolerans yüzdesini % 70.76-95.48 aralığında bulurken, Seymen ve Önder (2015) fasulye genotiplerinde çalışmamızda olduğu gibi geniş bir varyasyon elde etmiş ve genotiplerin tuza tolerans yüzdesininin % 31.55 ile % 106.90 arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Yeşil aksam yaş ağırlığında 25 mM konsantrasyonda ortalama değişim oranı 50 mM tuz uygulamasına göre daha yüksek bulunmuştur (sırasıyla % 25.82 ve % 16.63). Tuzdan en çok etkilenen genotipler değişim oranına göre G2 ve G39 olurken, G78 ve G30 genotipleri özellikle 50 mM tuz dozunda yaş ağırlık bakımından kontrole göre ciddi bir artış sağlamıştır (sırasıyla % 88.09 ve % 79.90). Kök yaş ağırlığında G30 genotipi % 98.18 ile 50 mM tuz dozunda, G67 ise 25 ve 50 mM konsantrasyonlarında kontrole göre en yüksek artış oranına sahip olmuştur (sırasıyla % 20.75 ve % 47.17) (Tablo 3). Toprakta tuzun bulunması ile kök bölgesinde düşük ozmotik potansiyelden dolayı bitkilerin su alımı azalmaktadır (Yılmaz ve ark. 2011; Lauchli ve Grattan 2007). Bu durum tuza toleransı olmayan bitkilerin özellikle yaş ağırlığı üzerinde olumsuz etki yaratmaktadır.

Tablo 2. Tuz stresi altındaki fasulye genotiplerinde görsel olarak değerlendirilen 0-5 skalası ve tuza tolerans yüzdesine ait ortalama değerler

0-5 skala değerleri			Tuza tolerans (%)		
Genotip	25 mM	50 mM	Genotip	25 mM	50 mM
G2	2.16 a-d	4.36	G2	62.86	87.14
G9	1.75 a-d	4.65	G9	59.77	81.61
G11	2.14 a-d	4.70	G11	74.24	112.12
G13	2.38 a-c	4.80	G13	45.45	92.73
G14	1.66 a-d	4.46	G14	54.35	68.48
G16	2.04 a-d	4.63	G16	39.33	77.53
G20	1.55 b-d	4.25	G20	67.11	88.16
G21	1.56b-d	3.83	G21	84.48	103.45
G30	2.26 a-c	3.32	G30	81.82	145.45
G31	2.15 a-d	4.67	G31	61.45	102.41
G39	1.30 d	3.65	G39	29.41	56.47
G49	1.35 d	3.88	G49	58.24	90.11
G67	1.50 cd	3.32	G67	79.80	102.02
G71	2.41 ab	5.00	G71	50.00	91.46
G75	2.45 a	3.81	G75	68.18	119.70
G78	2.42 ab	4.54	G78	70.77	120.00
G90	1.75 a-d	4.40	G90	93.75	134.38
G92	2.02 a-d	4.25	G92	65.08	76.19
G94	2.48 a	4.36	G94	54.35	93.48
G97	1.83 a-d	5.00	G97	45.68	67.90

*: Aynı harfle gösterilen rakamlar arasında %5 seviyesinde istatistiki olarak fark yoktur.

Yeşil aksam kuru ağırlığında da yine G30 genotipinde özellikle 50 mM tuz dozunda % 45.45 oranında artış sağlandığı, yine G39'un da aynı tuz uygulamasında % 70.59 oranında kuru ağırlığında kontrole göre azalma görüldüğü tespit edilmiştir. Kök kuru ağırlığında G30 ile birlikte yeşil aksam kuru ağırlığında olduğu gibi G67 ve G78 kontrole göre 25 mM tuz uygulamasından en az etkilenen genotipler olmuştur. Her iki tuz dozunda da G92 stresten en çok etkilenen genotipler arasında yer almıştır (Tablo 4). Kant (2008), toprağa uygulanan tuz dozu arttıkça bitkilerin gelişimi, dolayısıyla kuru madde miktarı (kök ve gövde) azaldığını saptamıştır. Yapılan araştırmalarda toprağa uygulanan tuz dozu arttıkça bitki gelişimi ve kuru madde miktarının da azaldığı belirtilmiştir (Aydın ve ark. 2000; Romero ve ark. 2001).

Tablo 3. Tuz stresi altındaki fasulye genotiplerinin yeşil aksam ve kök yaş ağırlıklarına ait ortalama değerler ve değişim oranları

Genotip	Yeşil Aksam Yaş Ağırlığı (g)					Kök Yaş Ağırlığı (g)				
	Kontrol	25 mM	50 mM	Kontrole göre değişim (%)		Kontrol	25 mM	50 mM	Kontrole göre değişim (%)	
				25 mM	50 mM				25 mM	50 mM
G2	4.31	2.22	2.25	-48.49	-47.80	0.74	0.30	0.43b	-59.46	-41.89
G9	5.33	5.05	5.71	-5.25	7.13	0.44	0.39	0.34a	-11.36	-22.73
G11	3.70	3.01	3.81	-18.65	2.97	0.55	0.55	0.33a	0.00	-40.00
G13	3.01	2.01	3.05	-33.22	1.33	0.89	0.46	0.46a	-48.31	-48.31
G14	3.88	3.57	3.29	-7.99	-15.21	0.65	0.42	0.35a	-35.38	-46.15
G16	3.73	2.65	4.08	-28.95	9.38	0.59	0.57	0.57a	-3.39	-3.39
G20	4.36	2.77	4.42	-36.47	1.38	0.68	0.33	0.56a	-51.47	-17.65
G21	4.29	3.79	3.93	-11.66	-8.39	0.67	0.40	0.56a	-40.30	-16.42
G30	3.93	3.57	7.07	-9.16	79.90	0.55	0.48	1.09a	-12.73	98.18
G31	6.72	3.59	5.26	-46.58	-21.73	0.93	0.65	0.92a	-30.11	-1.08
G39	7.41	4.34	3.67	-41.43	-50.47	0.74	0.53	0.61a	-28.38	-17.57
G49	4.44	3.83	4.18	-13.74	-5.86	0.71	0.38	0.79a	-46.48	11.27
G67	6.28	5.15	3.91	-17.99	-37.74	0.53	0.64	0.78a	20.75	47.17
G71	5.29	3.18	**	-39.89	**	0.74	0.43	0.89a	-41.89	20.27
G75	3.40	2.56	4.95	-24.71	45.59	0.61	0.35	0.57a	-42.62	-6.56
G78	4.70	3.64	8.84	-22.55	88.09	0.88	0.40	0.98a	-54.55	11.36
G90	5.79	4.79	5.22	-17.27	-9.84	0.84	0.39	0.95a	-53.57	13.10
G92	3.55	2.87	3.55	-19.15	0.00	1.12	0.43	0.69ab	-61.61	-38.39
G94	2.77	1.81	1.84	-34.66	-33.57	0.79	0.33	0.38a	-58.23	-51.90
G97	4.52	3.41	**	-24.56	**	0.81	0.43	0.53a	-46.91	-34.57
Ort.	4.557 A*	3.39 B	3.81 B	-25.82	-16.63	0.72A*	0.44B	0.65A	-38.89	-9.72

*: Aynı harfle gösterilen rakamlar arasında %5 seviyesinde istatistiki olarak fark yoktur.

** : Tuz stresinin olumsuz etkisinden dolayı yaş ağırlık alınamamıştır

Fasulye genotiplerinin K içeriğinde genotipler ve tuz uygulamaları arasındaki farklar istatistiki olarak önemli çıkmamakla birlikte özellikle 25 mM NaCl konsantrasyonunda kontrole göre bazı genotiplerde pozitif artışın olduğu dikkat çekmektedir. Bu bağlamda en yüksek artış oranının % 46.61 ile G16 genotipinde, en fazla düşüş oranının da % 34.80 ile G9 genotipinde olduğu görülmüştür. Aksine, 50 mM tuzda genotiplerin tamamı negatif oranlara sahip olmuş, en yüksek oran % 57.31 (G92), en düşük oran ise % 16.88 olarak tespit edilmiştir (G11) (Tablo 5). Bitkinin içermiş olduğu yüksek K miktarının tuz toleransını arttırdığı, NaCl tuzluluğunun artması ile potasyum elementinin eksikliğinin görüldüğü çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmektedir (Hagin ve ark. 1990; Catalan ve ark. 1994; Naido 1994, Kuşvuran 2010).

Farklı tuz dozlarının yer aldığı çalışmada bitki bünyesindeki kalsiyum içeriği bakımından genotipler arasında farklılık bulunmamakla birlikte tuz uygulamaları arasındaki farklılıkların istatistiki bakımdan önemli olduğu ortaya çıkmıştır. Özellikle 25 mM NaCl dozunda genel olarak Ca miktarında artış olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın, 50 mM NaCl dozunda Ca içeriği bakımından bitkilerde kontrol guruba oranla azalmaların meydana geldiği belirlenmiştir. Kalsiyum içeriği bakımından, kontrol bitkilerine oranla en yüksek artış G14 ve G30 genotiplerinde mevcut iken (sırasıyla % 9.26 ve % 7.60), G92 ve G39, % 58.49 ve % 32.35 ile Ca miktarında kontrole göre değişim oranı bakımından 50 mM NaCl uygulamasından en çok etkilenen genotipler olmuştur. Toprak eriyiği içeriğindeki sodyumun artmasının, bitkilerde Ca⁺, K⁺ ve Mg⁺ eksikliğine neden olduğu, bunun yanında toprak içeriğindeki Ca⁺ miktarı

yeterli ise Na⁺ iyonunun toksik etkisinin azaldığını rapor edilmiştir (Grattan 1993; Marschner 1995; Gomez ve ark. 1999).

Tablo 4. Tuz stresi altındaki fasulye genotiplerinin yeşil aksam ve kök kuru ağırlıklarına ait ortalama değerler ve değişim oranları

Genotip	Yeşil Aksam Kuru Ağırlığı (g)					Kök Kuru Ağırlığı(g)				
	Kontrol	25 mM	50 mM	Kontrole göre değişim (%)		Kontrol	25 mM	50 mM	Kontrole göre değişim (%)	
				25 mM	50 mM				25 mM	50 mM
G2	0.70	0.44	0.61	-37.14	-12.86	0.26a	0.10b	0.12b	-61.54	-53.85
G9	0.87	0.52	0.71	-40.23	-18.39	0.16a	0.08a	0.09a	-50.00	-43.75
G11	0.66	0.49	0.74	-25.76	12.12	0.18a	0.14a	0.09a	-22.22	-50.00
G13	0.55	0.25	0.51	-54.55	-7.27	0.28a	0.14a	0.14a	-50.00	-50.00
G14	0.92	0.50	0.63	-45.65	-31.52	0.25a	0.10a	0.12a	-60.00	-52.00
G16	0.89	0.35	0.69	-60.67	-22.47	0.26a	0.14a	0.23a	-46.15	-11.54
G20	0.76	0.51	0.67	-32.89	-11.84	0.32a	0.08a	0.16a	-75.00	-50.00
G21	0.58	0.49	0.60	-15.52	3.45	0.17a	0.07a	0.11a	-58.82	-35.29
G30	0.77	0.63	1.12	-18.18	45.45	0.19a	0.12a	0.24a	-36.84	26.32
G31	0.83	0.51	0.85	-38.55	2.41	0.26a	0.07b	0.14ab	-73.08	-46.15
G39	0.85	0.25	0.48	-70.59	-43.53	0.10a	0.04a	0.13a	-60.00	30.00
G49	0.91	0.53	0.82	-41.76	-9.89	0.22a	0.09a	0.14a	-59.09	-36.36
G67	0.99	0.79	1.01	-20.20	2.02	0.14a	0.10a	0.12a	-28.57	-14.29
G71	0.82	0.41	0.75	-50.00	-8.54	0.20a	0.09a	0.11a	-55.00	-45.00
G75	0.66	0.45	0.79	-31.82	19.70	0.17a	0.09a	0.12a	-47.06	-29.41
G78	0.65	0.46	0.78	-29.23	20.00	0.16a	0.11a	0.07a	-31.25	-56.25
G90	0.64	0.60	0.86	-6.25	34.38	0.18a	0.07a	0.16a	-61.11	-11.11
G92	0.63	0.41	0.48	-34.92	-23.81	0.32a	0.07a	0.12a	-78.13	-62.50
G94	0.46	0.25	0.43	-45.65	-6.52	0.22a	0.08a	0.08a	-63.64	-63.64
G97	0.81	0.37	0.55a	-54.32	-32.10	0.18a	0.07a	0.08a	-61.11	-55.56
Ort.	0.75 A	0.46 B	0.71 A	-38.67	-5.33	0.21A	0.09C	0.13B	-57.14	-38.10

*Aynı harfle gösterilen rakamlar arasında %5 seviyesinde istatistiki olarak fark yoktur.

Tablo 5. Tuz stresi altında yetiştirilen fasulye fidelerinin yeşil aksamında bulunan K ve Ca içeriklerine ait ortalama değerler ve değişim oranları

Genotip	K (%)					Ca (%)				
	Kontrol	25 mM	50 mM	Kontrole göre değişim (%)		Kontrol	25 mM	50 mM	Kontrole göre değişim (%)	
				25 mM	50 mM				25 mM	50 mM
G2	2.14	1.75	1.53	-18.48	-28.80	2.82	3.49	2.64	23.94	-6.34
G9	2.88	1.88	1.89	-34.80	-34.35	2.75	3.24	2.39	17.60	-13.36
G11	1.90	2.04	1.58	7.25	-16.88	3.40	3.66	2.80	7.68	-17.74
G13	2.48	2.06	1.81	-17.01	-27.23	3.05	3.21	2.47	5.12	-18.91
G14	2.36	1.73	1.64	-26.52	-30.38	2.65	3.71	2.89	40.03	9.26
G16	1.53	2.24	1.36	46.61	-11.06	3.39	3.11	2.53	-8.20	-25.37
G20	2.34	1.98	1.41	-15.57	-39.66	3.17	4.09	2.89	29.13	-8.81
G21	2.38	2.18	1.64	-8.30	-30.90	3.14	3.80	2.96	21.05	-5.92
G30	2.28	2.23	1.77	-1.93	-22.21	2.29	3.28	2.47	42.89	7.60
G31	2.29	1.76	1.63	-22.95	-28.82	3.15	3.54	2.53	12.42	-19.72
G39	2.39	2.19	1.41	-8.33	-40.80	3.21	3.12	2.17	-2.77	-32.35
G49	2.13	2.19	1.36	3.02	-36.00	2.75	3.41	2.39	24.02	-12.83
G67	2.15	2.29	1.40	6.47	-34.99	2.77	3.77	2.59	35.90	-6.59
G71	2.14	2.51	1.11	17.26	-48.38	2.88	3.26	2.60	13.13	-9.83
G75	2.22	2.61	1.71	17.64	-23.10	2.91	3.47	3.11	19.08	6.93
G78	2.18	2.72	1.26	24.62	-42.15	3.58	3.76	2.46	5.20	-31.33
G90	1.72	2.38	1.31	38.14	-23.86	3.38	3.30	2.50	-2.52	-25.97
G92	1.75	2.19	0.75	25.07	-57.31	3.17	3.02	1.32	-4.84	-58.49
G94	2.20	2.28	1.42	4.01	-35.41	2.92	2.98	2.49	1.78	-14.69
G97	1.69	1.72	1.19	1.99	-29.83	2.86	2.38	2.31	-16.66	-19.28
Ortalama	2.16	2.15	1.46	-0.49	-32.39	3.01 B*	3.38 A	2.53C	12.18	-16.17

*Aynı harfle gösterilen rakamlar arasında %5 seviyesinde istatistiksel olarak fark yoktur.

Artan tuz dozlarının yeşil aksamda Na içeriğini arttırdığı, 25 mM tuzda Na miktarında kontrole göre değişim oranı en az olan genotiplerin G14, G97 ve G 7 olduğu belirlenmiştir (sırasıyla % 58.91, 65.81 ve 79.23). Yine 50 mM tuz uygulamasında verilen NaCl miktarına bağlı olarak bitkilerin yüksek miktarda Na içerdikleri gözlenmiştir (Tablo 6). Kontrole göre en az değişim oranı, % 110.41 ile G92’de ve % 142.62 ile G30 genotipinde saptanmıştır. Tuza toleransın belirlenmesinde etkili bir parametre olan K/Na oranında kontrole göre en yüksek değişim oranı 25 mM için G78, G97 ve G67 genotiplerinde (sırasıyla % 40.45, 40.70 ve 42.80), 50 mM için ise % 66.89 ile G30 genotipinde belirlenmiş, diğer genotiplerin oransal olarak birbirlerine yakın oldukları gözlenmiştir. K/Na oranının kontrole göre en düşük olduğu genotipler 25 mM’de G2 (% 84.25), G94 (% 78.76) ve G31 (% 78.24) iken, 50 mM tuzda G71 (% 97.53), G20 (%97.19) ve G2 (% 96.80) genotipleri olmuştur. Bitki genotiplerinin farklı oranlarda Na⁺ ve K⁺ absorpsiyonu yapması ve böylece bünyelerinde farklı K/Na oranlarına sahip olmasının (Na-K ayırım özelliği=seçerek alma) tuzluluğa dayanım konusunda rol oynadığı, Heimler ve ark. (1995), Lopez ve Satti (1996), Yu ve ark. (1998), Aktaş (2002), Daşgan ve ark. (2002) tarafından da belirtilmiştir. Bitki hücresinde iyon taşınımının düzenli olması tek değerlikli (K⁺, Na⁺) ve çift değerlikli (Ca⁺², Mg⁺²) kanyonlar arasındaki dengeyle yakından ilişkilidir. Özellikle tek değerlikli olan Na⁺ ile K⁺ arasındaki rekabetin K⁺ lehine sonuçlanması K/Na değerinin yükselmesine neden olmakta bu durumda bitki tuz stresine karşı kendini daha iyi koruyabilmektedir (Yoshida 2002; Rubio ve ark. 2002). Bu durumda tuza toleransın Na⁺ ve Cl⁻ iyonları alınımının azaltılması ve K⁺ iyonu alınımının yeşil aksamda yükseltilmesi ile sağlandığı belirtilmektedir (Gorham ve ark. 1985).

Yine tuza toleransın belirlenmesinde önemli olan bir diğer kriter olan Ca/Na oranında da K/Na oranına benzer sonuçlar elde edilmiştir. Kontrole göre 25 mM NaCl için değişim oranı en yüksek çıkan genotiplerden biri olan G67’ nin (% 22.77) K/Na oranında da ön planda olan genotiplerden olduğu, aynı zamanda G30 genotipinin 50 mM tuzda Ca/Na oranında da en iyi genotip olduğu göze çarpmaktadır. Yine K/Na oranında kontrole göre 25 mM tuzda düşük bulunan G2 ve G94 genotipleri ile 50 mM de G71 ve G 20 genotiplerinin Ca/Na oranında da düşük değişim oranına sahip olduğu tespit edilmiştir. Tuzlu koşullarda Ca/Na oranının düşmesinin membran geçirgenliğinin bozulmasına neden olup başta Na olmak üzere diğer tuzların daha fazla alınması ile toksisite şiddetini artırdığı bildirilmektedir. (Davenport ve ark. 1997; Kreij 1999; Villora ve ark. 2000). Grewal (2010), yüksek tuz konsantrasyonlarının yeşil aksam ve kök gelişimi ile kök/gövde, su kullanım etkinliği gibi parametreleri olumsuz etkilediğini, tuza dayanıklı olan bitki türlerinde K/Na ve Ca/Na oranlarının daha yüksek bulunduğunu ifade etmiştir. Volkmar ve ark., 1998; Zeng ve ark., 2003, K/Na iyon dengesinin yanında Ca/Na oranının da tuza dayanımda önemli olduğunu, bitkilerin tuza karşı tepkilerini açıklamak için Ca/Na oranının önemli bir kriter olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışmada kullanılan parametrelerin birbirleri ile olan ilişkilerini ve çalışma sonuçlarının uyumluluğunu incelemek için yapılan korelasyon analizinde yaş ve kuru ağırlıkların birbirleri ile pozitif ilişki içerisinde oldukları gözlenmiştir. Genotiplerin K ortalamalarının K/Na, Ca/Na ve Ca ile pozitif, 0-5 skalası ve Na ortalamaları ile negatif ilişkili olduğu saptanmıştır. Genotiplerin skala değeri artışı ile Na içeriklerinin doğru orantılı olduğu ve skala değerinin yeşil aksam-kök yaş ve kuru ağırlıkları ile K, Ca, K/Na ve Ca/Na değerleri ile negatif ilişkide oldukları göze çarpmıştır. Bitkilerin yeşil aksam-kök yaş ve kuru ağırlıkları, K/Na ve Ca/Na oranı arttıkça tolerans yüzdesinin de arttığı korelasyon analizi ile ortaya çıkmıştır. Yine Na miktarı ve skala değerinin artması ile birlikte tolerans yüzdesinin negatif olarak etkilendiği görülmektedir (Tablo 7). Kavunda (Kuşvuran 2010), börülce ve fasulyede (Daşgan ve ark., 2006), bamyada (Kuşvuran 2011) tuz stresinin etkilerini belirlemeye yönelik yapılan çalışmalarda da buna benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 6. Tuz stresi altında yetiştirilen fasulye fidelerinin yeşil aksamında bulunan Na içerikleri ile K/Na ve Ca/Na oranlarına ait ortalama değerler ve değişim oranları

Genotip	Na (%)				K/Na				Ca/Na						
	Kontrol	25 mM	50 mM	Kontrolde göre değişim (%) 25 mM 50 mM	Kontrol	25 mM	50 mM	Kontrolde göre değişim (%) 25 mM 50 mM	Kontrol	25 mM	50 mM	Kontrolde göre değişim (%) 25 mM 50 mM			
G2	0.29	1.70	6.15	488.75	2027.77	7.81	1.23	0.25	-84.25	-96.80	9.86	2.30	0.44	-76.67	-95.54
G9	0.32	0.82	5.29	152.83	1536.96	9.44	2.30	0.36	-75.64	-96.19	9.29	4.05	0.46	-56.40	-95.05
G11	0.30	0.67	5.33	122.89	1664.72	6.58	3.06	0.30	-53.50	-95.44	11.50	5.46	0.58	-52.52	-94.96
G13	0.41	1.73	5.84	324.42	1336.30	6.09	1.38	0.31	-77.34	-94.91	7.58	2.15	0.42	-71.64	-94.46
G14	0.48	0.77	3.43	58.91	611.06	4.92	2.24	0.49	-54.47	-90.04	5.80	4.99	0.91	-13.97	-84.31
G16	0.28	1.29	4.70	357.49	1571.04	5.75	1.78	0.36	-69.04	-93.74	12.70	2.50	0.66	-80.31	-94.80
G20	0.37	0.84	7.77	127.96	2000.68	6.40	2.56	0.18	-60.00	-97.19	9.10	5.25	0.37	-42.31	-95.93
G21	0.31	0.89	4.98	183.50	1487.10	7.65	2.53	0.28	-66.93	-96.34	10.0	4.41	0.46	-55.90	-95.40
G30	0.32	0.70	0.78	119.45	142.62	7.40	3.24	2.45	-56.22	-66.89	7.23	4.77	3.17	-34.02	-56.15
G31	0.31	1.21	4.26	286.96	1264.74	7.49	1.63	0.41	-78.24	-94.53	10.20	3.21	0.62	-68.53	-93.92
G39	0.32	1.00	3.49	213.85	994.55	7.90	2.45	0.41	-68.99	-94.81	10.48	3.57	0.63	-65.94	-93.99
G49	0.30	0.98	3.06	225.31	909.68	7.05	2.23	0.45	-68.37	-93.62	9.29	3.47	0.79	-62.65	-91.50
G67	0.29	0.52	2.42	79.23	728.59	7.99	4.57	0.57	-42.80	-92.87	9.75	7.53	1.06	-22.77	-89.13
G71	0.28	1.31	5.72	361.14	1921.79	7.68	3.21	0.19	-58.20	-97.53	10.23	4.91	0.45	-52.00	-95.60
G75	0.33	1.13	1.71	245.44	420.07	6.75	2.34	1.00	-65.33	-85.19	8.98	3.08	1.82	-65.70	-79.73
G78	0.32	0.63	4.82	99.81	1422.80	7.17	4.27	0.26	-40.45	-96.37	12.16	6.05	0.51	-50.25	-95.81
G90	0.37	1.00	3.54	167.70	851.32	4.63	2.44	0.37	-47.30	-92.01	9.08	3.41	0.71	-62.44	-92.18
G92	0.39	1.50	0.81	288.86	110.41	4.56	1.46	0.61	-67.98	-86.62	8.48	2.03	1.85	-76.06	-78.18
G94	0.33	1.72	5.35	421.42	1521.52	6.78	1.44	0.28	-78.76	-95.87	9.34	1.94	0.48	-79.23	-94.86
G97	0.35	0.59	5.68	65.81	1500.90	4.84	2.87	0.21	-40.70	-95.66	8.41	4.16	0.40	-50.54	-95.24
Ort.	0.22 C*	1.05 B	4.36A	372.29	1863.52	6.74A*	2.12 B	0.49 C	-68.55	-92.73	9.47 A	3.96 B	0.84 B	-58.18	-91.13

*Aynı harfle gösterilen rakamlar arasında %5 seviyesinde istatistiksel olarak fark yoktur.

Tablo 7. Çalışmada incelenen özelliklere ait korelasyon tablosu

	Yeşil aksam yaş ağırlığı	Yeşil aksam kuru ağırlığı	Kök yaş ağırlığı	Kök kuru ağırlığı	K	Ca	Na	K/Na	Ca/Na	0-5 skalası	Tolerans yüzdesi
Yeşil aksam yaş ağırlığı	1										
Yeşil aksam kuru ağırlığı	0.341**	1									
Kök yaş ağırlığı	0.463**	0.211**	1								
Kök kuru ağırlığı	0.133	0.494**	0.491**	1							
K	0.170*	-0.060	-0.081	0.006	1						
Ca	0.038	-0.127	-0.067	0.160*	0.350**	1					
Na	-0.292**	0.020	-0.114	-0.152*	-0.428**	-0.314**	1				
K/Na	0.399**	0.169*	0.237**	0.292**	0.583**	0.158	-0.677**	1			
Ca/Na	0.342**	0.191*	0.270**	0.409**	0.336**	0.378	-0.714**	0.879**	1		
0-5 skalası	-0.278**	0.033	-0.195*	-0.272**	-0.497**	-0.362**	0.829**	-0.826**	-0.848**	1	
Tolerans yüzdesi	0.298**	0.524**	0.286**	0.222**	-0.019	-0.140*	-0.076*	0.243**	0.232**	-0.078	1

*, **, *** sırasıyla %5, %1 ve %0.1 seviyesinde önemli

Sonuç

Van Gölü Havzası'nda yetiştirilen farklı fasulye genotiplerinin tuz stresine karşı göstermiş oldukları tepkilerin belirlenmesi amacıyla yapılan tarama çalışmasında bitkiler 25 mM ve 50 mM NaCl içeren ortamlarda 15 gün boyunca strese maruz bırakılmış ve bu süre sonunda farklı reaksiyonlar göstermiştir. İlk olarak 25 mM strese karşı tolerans geliştirebilen bazı genotiplerin 50 mM tuz dozunda aynı seviyede tolerans gösteremediği görülmüştür. Genel olarak tuz stresinden genotiplerin büyük bir çoğunluğunun olumsuz etkilendiği belirlenmiştir. Çalışmada değerlendirilen özellikler bakımından genotiplerin durumları incelendiğinde özellikle G30 genotipinin hem 25, hem de 50 mM tuz konsantrasyonlarında toleransının yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca G67 ve G75 genotiplerinin de 50 mM tuz konsantrasyonunda tolerans gösterdikleri saptanmıştır. G14, G16 ve G92 genotipleri bazı parametrelerde tuza tolerans gösteren genotipler arasında yer alırken, bazı parametrelerde ise duyarlı olan genotipler arasında yer almıştır. Bu bağlamda G14'ün orta düzeyde tolerans gösterdiği, G16 ve G92 genotiplerinin de orta düzeyde hassasiyete sahip oldukları söylenebilir. Bunların aksine, G94 genotipinin 25 mM tuzda, G71 ve G78'in 50 mM tuzda, G2 genotipinin ise her iki tuz konsantrasyonunda hassas oldukları saptanmıştır.

Dünyada tuzlu toprakların yoğun tarımsal faaliyetlerin beraberinde getirdiği yanlış kültürel uygulamalarla birlikte daha da artacağı aşikârdır. Bu stres koşulları ile baş edebilmenin en etkili yolunun da toleransı

yüksek çeşitlerin geliştirilmesi olduğu iyi bilinmektedir. Söz konusu çalışma ile ortaya çıkan verilerin fasulyede özellikle bu yönde yapılacak çalışmalarda, gen kaynaklarının yönetimi açısından faydalı olacağı düşünülmektedir.

Tesekkür

Bu çalışmadan elde edilen veriler, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından 2013-FBE-YL035 nolu proje ile desteklenen yüksek lisans tezinden alınmıştır.

Kaynaklar

- Aktaş H (2002). Biberde tuza dayanıklılığın fizyolojik karakterizasyonu ve kalıtımı. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enst. Doktora Tezi. Adana.
- Alsabbagh MHA, Türkmen Ö, Seymen M (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. 21 (1):24-38.
- Aydın A, Turan M, Sezen Y (2000). Effect of sodium salts on growth and nutrient uptake of spinach (*Spinacia oleracea* L) and beans (*Phaseolus vulgaris* L). International Symposium on Desertification, 13-17 June, Konya-Turkey, pp. 525-530.
- Catalan L, Bazlarını Z, Talesnik E, Serono R, Karlım U (1994). Effect of salinity on germination and seedling growth of *Prosopis flexuosa*. For. Ecil. Mange. 63: 347-357.
- Crawley MJ (1997). Life History and Environment. In: Plant Ecology. 2nd ed. (Ed. M.J. Crawley). Blackwell. U.K. pp: 73-131.
- Çiftçi V, Türkmen Ö, Doğan Y, Erdinç Ç, Sensoy S (2011). Variation of salinity tolerance in bean genotypes. African Journal of Agricultural Research. 6(10): 2394-2402.
- Daşgan HY, Aktaş H, Abak K, Çakmak İ (2002). Determination of screening techniques to salinity tolerance in tomatoes and investigation of genotype responses. Plant Science. 163: 695-703.
- Daşgan HY, Koç S, Ekici B, Aktaş, H, Abak, K (2006). Bazı fasulye ve börülce genotiplerinin tuz stresine tepkileri. Alatarım. 5(1): 23-31.
- Daşgan HY, Koç S (2009). Evaluation of salt tolerance in common bean genotypes by ion regulation and searching for screening parameters. Journal of Food, Agriculture & Environment. 7 (2): 363–372.
- Davenport RJ, Reid RJ, Smith FA (1997). Sodium-calcium interaction in two wheat species differing in salinity tolerance. *physiologia plantarum*. 99: 323-327.
- Dölarıslan M, Gül E (2012). Toprak bitki ilişkileri açısından tuzluluk. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 5 (2): 56-59
- Ekincialp A, Şensoy S (2013). Van Gölü Havzası fasulye genotiplerinin bazı bitkisel özelliklerinin belirlenmesi. Y.Y.Ü. Tarım Bilimleri Dergisi. 23 (2): 102-111.
- Ergene A (1982). Toprak Bilgisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:267. Ders Kitapları Serisi No:42.Erzurum.
- FAOSTAT (2013). Statistic Database. <http://faostat.fao.org/>.
- Gomez JM, Hernandez JA, Jimenez A, Del Rio LA, Sevilla F (1999). Differential response of antioxidative enzymes of chloroplast and mitochondria to long term NaCl stress of pea plants. Free Radic. Res. 31. 11–18.
- Gorham J, Jones WRG, McDonnell E (1985). Plant and soil. 8: 15-40s.
- Grattan SR (1993). How plants responds to salts. agricultural salinity and drainage. Hanson. B., Grattan. S. R. and Fulton. A. (Eds.). University of California Irrigation Program. University of California. Davis. pp:3-5.
- Grewal HS (2010). Water uptake, water use efficiency, plant growth and ionic balance of wheat, barley, canola and chickpea plants on a sodic vertosol 329 with variable subsoil NaCl salinity. Agricultural Water Management 97: 148–156.
- Hagin J, Olsen SR, Shaviv A (1990). Review of interaction of ammonium nitrate an potassium nutrition of crops. Journal of Plant Nutrition. 13: 1211-1226.
- Heimler D, Tattini M, Ticci S, Coradeshi MA, Traversi ML (1995). Growth. ion acumulation and lipid composition of two olive genotypes under salinity. J. Plant Nutrition. 18: 1723-1734.
- Kant, C.,2008. Toprakta oluşturulan tuz stresi koşullarında hüyük asit ve hidrojen uygulamasının bazı toprak özellikleri ile bazı fizyolojik bitki parametreleri üzerine etkisi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.

- Kara T (2002). Irrigation scheduling to prevent soil salinization from a shallow water table. *Acta Horticulture*. 573: 139-151.
- Koç S (2005). Fasulyelerde tuzluluğa tolerans bakımından genotipsel farklılıkların erken bitki gelişimi aşamasında belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enst. Yüksek Lisans tezi.
- Krejč C (1999). Production, blossom-end wet and uptake of sweet pepper as affected by sodium, cation ration and ec of the nutrition solution. *Graterbauwissenschaft*. 64 (4): 158-164.
- Kuşvuran Ş (2010). Kavunlarda kuraklık ve tuzluluğa toleransın fizyolojik mekanizmaları arasındaki bağlantılar. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Kuşvuran Ş (2011). Bamyada (*Abelmoschus esculentus* L.) da tuz stresine tolerans bakımından genotipsel farklılıklar ve tarama parametrelerinin araştırılması. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi, 28 (2):55-70
- Kwiatowsky J (1998). Salinity classification, mapping and management in Alberta. <http://www.agric.gov.ab.ca/sustain/soil/salinity>.
- Lauchli A, Grattan SR (2007). Plant growth and development under salinity stress. M.A. Jenks et al. (eds.), *Advances in Molecular Breeding Toward Drought and Salt Tolerant Crops*, 1–32.
- Lopez MV, Satti SME (1996). Calcium and potassium – enhanced growth and yield of tomato under sodium chloride stress. *Plant Sci*. 114: 19-27.
- Marschner H (1995). Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. 657- 680.
- Naido G (1994). Growth water and ion relations in the coastal halophytes *Trilochin bulbosa* and *T. striata*. *Environ Expl. Bot*. 34: 419-426.
- Romero R, Aranda T, Soria T, Cuartero J (2001). Tomato plant water relationships under saline growth conditions. *Plant Science*. 160(2):265–272.
- Rubio C, Hadisson A, Martin RE, Baez A, Martin MM, Álvarez R (2002). Mineral composition of the red and green pepper (*Capsicum annum*) from Tenerife Island. *European Food Research and Technology*. 214: 501-504.
- SAS Software (2015). SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Seymen B, Önder M (2015). Kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinde tuzluluğun fide gelişimi üzerine etkisi. *Selçuk Tar. Bil Der*, 2(2): 109-115
- Singh RJ, Chung GH, Nelson RL (2007). Landmark research in Legumes. *Genome*. 50: 525-537.
- Villora G, Moreno A, Pulgar G, Romero L (2000). Yield improvement in zucchini under salt stress, determining micronutrient balance. *Scientia Horticulture*. 86: 175-183.
- Volkmar KM, Hu Y, Steppuhn H (1998). Physiological responses of plants to salinity. *Canad. J. of Plant Sci*. 78:(1) 19-27.
- Yasar F, Ellialtıođlu S, Yildiz K (2008). Effect of salt stress on antioxidant defense systems, lipid peroxidation, and chlorophyll content in green bean. *Russian Journal of Plant Physiology*. 55(6): 782–786.
- Yılmaz E, Tuna AL, Bürün B (2011). Bitkilerin tuz stresine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri. *C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 7 (1): 47–66
- Yoshida K (2002) Plant biotechnology: Genetic engineering to enhance plant salt tolerance. *J. Biosci. Bioengin*. 94: 585–590.
- Yu B, Gong H, Liu Y (1998). Effects of calcium on lipid composition and function of plasma membrane and tonoplast vesicle isolated from roots of barley seedlings under salt stress. *J. Plant Nutr*. 21: 1589-1600.
- Zeng L, Poss J, Wilson C, Draz ASE, Grive CM (2003). Evaluation of salt tolerance in rice genotypes by physiological characters. *Euphytica*. 129: 281–292.