

Araştırma Makalesi/Research Article (Original Paper)

Tuz Stresinin Farklı Fasulye Genotiplerinde Bazı Besin Elementi İçeriği ile Toplam Antioksidan ve Toplam Fenol İçeriğine Etkisi

Selma KIPÇAK^{1*}, AYTEKİN EKİNCİALP¹, ÇEKNAS ERDİNÇ², TURGAY KABAY³,
SUAT ŞENSOY⁴

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Başkale MYO, Van, Türkiye

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

³Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Erciş MYO, Van, Türkiye

⁴Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye

*e-posta: selmakipcak@gmail.com

Öz: Bu çalışmada Van Gölü Havzası'ndan toplanmış olan 20 adet fasulye genotipinde tuz stresinin etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Tuz uygulaması 0 mM, 25 mM ve 50 mM NaCl konsantrasyonu olmak üzere üç şekilde belirlenmiş olup, bitkiler iklim odası koşullarında yetiştirilmiştir. Stresin etkisini belirlemek için antioksidan miktarı, toplam fenol ve bazı besin element içerikleri (P, Mg, Fe, Cu, Mn ve Zn) değerlendirilmiştir. Tuza tolerans bakımından incelenen parametrelerde genotiplerin farklı tepkiler gösterdiği saptanmıştır. Tuz stresi altındaki bitkilerin kontrole göre değişim oranları incelendiğinde, tuz dozunun artmasıyla beraber toplam fenol içeriği ve antioksidan miktarının yüksek oranda azalış gösterdiği, tuz stresinin genotipler üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Yeşil aksamda her iki tuz dozunda P içeriğinin, 50 mM tuzda Fe içeriğinin arttığı; 25 mM ve 50 mM tuz dozlarında Mg, Cu ve Zn içeriklerinin, 50 mM NaCl uygulamasında ise Mn içeriğinin azaldığı saptanmıştır. Kökte Fe, Mg and Mn içeriklerinin 25 mM 'de azaldığı ve P, Mg, Cu, Mn ve Zn içeriklerinin tuz dozu arttıkça artış gösterdiği belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan G9 ve G30 nolu genotiplerin her iki tuz konsantrasyonunda gösterdiği tolerans seviyesinin yüksek olduğu, G31, G49 ve G94 genotiplerinin hem 25 mM hem de 50 mM tuz konsantrasyonlarında hassas oldukları belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Fasulye, NaCl, Toplam antioksidan kapasitesi, Toplam fenol

Effects of Salt Stress on Some Nutrient Content and Total Antioxidant and Total Phenol Content in Different Bean Genotypes

Abstract: In this study, the effects of salt stress on 20 bean genotypes collected from Lake Van Basin were investigated. The salt application was treated in 0 mM, 25 mM and 50 mM NaCl concentrations, and then the plants were grown in growth chamber conditions. To determine the effect of stress, total antioxidant capacity, total phenolics and some nutrient elements content (P, Mg, Fe, Cu, Mn and Zn) were evaluated. In the parameters examined in terms of tolerance to the salt, the genotypes showed different responses. When the rate of change of the plants response to salt stress according to control was examined, it was determined that with the increase in salt doses, total phenolic and total antioxidant capacity decreased at high rate and salt stress had a negative effect on genotypes. It was found that the contents of P in both doses and Fe at 50 mM were increased in shoot, while the contents of Mg, Cu and Zn at 25 mM and 50 mM, Mn at 50 mM were decreased. In the root, the contents of Fe, Mg and Mn were decreased at 25 mM, and P, Mg, Cu, Mn and Zn contents were detected to increase with the increase in salt doses as well as. The genotypes G9 and G30 showed high levels of tolerance in both salt concentrations and the genotypes G31, G49 and G94 were found to be sensitive to both 25 mM and 50 mM salt concentrations.

Keywords: Bean, NaCl, Total antioxidant capacity, Total phenolic

Giriş

Ekonomik öneme sahip bitkilerin pek çoğu tuzluluğa karşı duyarlıdır. Tuzluluk bitkilerde büyüme ve gelişme, yaprak alanı, tomurcuk oluşumu ve stomalar üzerine olumsuz etki yaparak verimde önemli oranda düşüslere neden olan önemli bir abiyotik stres faktörüdür (Allakhverdiev ve ark. 2000). Dünyanın çoğu bölgesi tuzluluk problemi ile karşı karşıyadır. Düşük yağış, yüksek evapotranspirasyon, yer altında bulunan çözülebilir tuz kaynakları, aşırı-yanlış gübreleme ve sulama, tarım alanlarında "tuzluluk probleminin" ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) tüm dünyada yetiştiriciliği yaygın olarak yapılan, kullanım alanı çok geniş olan önemli sebze türlerinden biridir ve tuzluluğa karşı oldukça duyarlıdır (Marchner 1995).

Tuzlu koşullarda bitkiler hayatta kalabilmek için tuz stresinin zararlarını antioksidant sistemleri ile azaltırlar. Bitkilerin meyve, tohum, gövde, dal, yaprak ve çiçek gibi organlarında bulunan fenolik bileşikler sekonder metabolizma ürünleridir. Bu bileşikler ekolojik ve fizyolojik olaylarda rol oynarlar ve antioksidan aktivite özelliğine sahiptirler. Hücrelerde metabolizma olayları sonucu reaktif oksijen türleri oluşur. Fenolik bileşiklerin antioksidan aktiviteleri, oksidasyon sonucu oluşan serbest radikallere hidrojen vererek onları söndürmesinden ileri gelmektedir (Ellialtıoğlu 1999; Ruiz ve ark. 2003; Mohamed ve Aly. 2008; Es-Safi ve ark. 2007, Nizamlioğlu ve Nas 2010).

Tuza tolerans; bitkinin gelişme dönemine, tuzun yoğunluğuna ve etki süresine, iklim ve toprak özelliklerine göre değişebilmekte, tuza tolerans bakımından familya, cins ve türler arasında farklılıklar bulunmakta, hatta aynı türe ait genotipler arasında da farklılıklarla karşılaşmaktadır (Greenway ve Munns, 1980). Bu durum, çevresel faktörler ve fizyolojik etkilerin yanında tuza toleransın esas kaynağının genetik unsurlar olduğuna işaret etmektedir (Koç 2005). Dünya nüfusunun hızlı artışı, tarım alanlarının her geçen gün azalması, aşırı- yanlış sulama (Çakmakçı ve ark. 2016) ve gübreleme gibi uygulamaların neden olduğu tuzluluk problemine karşı geçmişten günümüze birçok çalışma yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir.

Fasulye hem tuzluluğa hem de kuraklığa hassas ve tüm dünyada yetiştiriciliği yaygın bir şekilde yapılan bir sebzedir. Fasulye yetiştiriciliği yapılan arazilerdeki gözlemler sonucunda, farklı fasulye genotiplerinin tuzlu ve su kısıtlı koşullarda yetiştiriciliğinde bitki vegetatif büyümesi, bakla ve dane verimliliğinde önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Aynı tür içerisinde var olan bu farklılık, genotiplerin tuzluluğa ve kuraklığa adaptasyon mekanizmalarındaki farklılıklar ile ilişkili görülmektedir (Costa França ve ark., 2000; Alp ve Kabay 2017; Fidan ve Ekinci, 2017). Türkiye fasulyedeki genetik zenginlik bakımından önemli ülkelerden biridir. Yapılacak tarama çalışmalarıyla tuzluluğa toleranslı genotipler bulunabilir. Bu çalışmada bazı fasulye genotiplerinin tuz konsantrasyonuna karşı gösterdikleri tepkilerin araştırılması amaçlanmıştır. Yetiştiriciliği yaygın bir şekilde yapılan, kullanım alanı çok fazla olan ve sevilerek tüketilen fasulye gibi sebze türlerinin tuzlu koşullar altında normal bir gelişme ve büyüme göstererek, ekonomik bir ürün oluşturabilecek toleransı yüksek çeşitlerin geliştirilmesi, bu stres faktörüne karşı mücadelede en etkili yöntemlerden biri olarak düşünülmektedir.

Materyal ve Yöntem

Çalışmada Ekinci (2012) tarafından Van Gölü Havzası'ndan toplanmış olan fasulye genotipleri arasından, bölgenin özelliklerini taşıyan, karakteristik özellikler bakımından birbirinden farklı olan ve tohum sayısı fazla olan bazı genotipler seçilerek bitkisel materyal olarak kullanılmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Tuz stresi çalışmasında kullanılan fasulye genotiplerine ait bilgiler

Genotip No	Temin Edildiği Yer	Büyüme Özelliği
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	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-Bahçeşaray	Sarılcı

Fasulye genotiplerinin tuz stresine karşı göstermiş oldukları tepkilerinin belirlenebilmesi için 25 mM ve 50 mM NaCl konsantrasyonları kullanılmıştır. Çalışmada 3 litre hacimli drenajsız saksılar kullanılarak 2:1 oranında torf:perlit karışımı içeren ortama tohum ekimi yapılmıştır. Tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekrarlı ve her tekrarda 8 bitki olacak şekilde tasarlanan çalışma, 23±2 °C sıcaklık ve % 60-65 nem koşullarının sağlandığı iklim odasında yürütülmüştür. Bitkiler 3 yapraklı aşamaya ulaşıncaya kadar stressiz koşullarda büyütülmüş ve bu aşamadan sonra tuz

stresine maruz bırakılmıştır. Tuz uygulaması, 25 mM ve 50 mM NaCl konsantrasyonu için saksı ebatı ve günlük verilen su miktarına göre hesaplama yapıp 4 gün arka arkaya her gün aynı saatte bitkilere verilmiştir.

Tuz stresinin genotipler üzerindeki olumsuz etkilerinin belirlenmesi amacıyla, yeşil aksamda toplam fenol içeriği ile toplam antioksidan miktarı ve hem yeşil aksam hem de kökte besin madde (Mg, P, Mn, Fe, Cu, Zn) içerikleri incelenmiştir. Besin element içeriği Kacar (1984)'a göre belirlenmiş ve Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrede, fosfor okuması ise spektrofotometrede yapılmıştır. Toplam fenol içeriği Swain ve Hillis (1959), toplam antioksidan miktarı ise Benzie ve Strain (1996)' e göre belirlenmiştir.

Araştırmada elde edilen veriler SPSS istatistik programı kullanılarak varyans analizi ile $p < 0.05$ önemlilik derecesine göre değerlendirilmiştir. Verilerin analizinde istatistiksel olarak önemli bulunan ortalamalar arasındaki farklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne göre gruplandırılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Yeşil aksamda toplam fenol içeriği ve antioksidan miktarı ile hem yeşil aksam hem de kök kısmında besin madde içeriğine ait elde edilen bulgular kapsamında, genotiplerin tuz stresine karşı göstermiş oldukları tepkilerde varyasyonun olduğu belirlenmiştir.

İki farklı tuz dozunun uygulandığı fasulye genotiplerinde yeşil aksamda toplam fenol içeriği her iki tuz dozunda antioksidan miktarı ise 50 mM tuz dozunda istatistiki açıdan önemli bulunmuş ve kontrol bitkilerine göre önemli seviyede azalmaların olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 2). Tuz dozunun artmasıyla birlikte kontrole göre genotiplerin toplam fenol içeriği 25 mM 'de % -95.22 - % -97.08, 50 mM 'de % -97.86 - % -99.38 arasında ve toplam antioksidan miktarı 25 mM 'de % -41.17 - % +13.53, 50 mM 'de ise % -61.51 - % -85.67 arasında azalmaların olduğu belirlenmiştir. Tuz dozları arasında özellikle 50 mM NaCl konsantrasyonunun genotiplerde önemli oranda negatif etki yaptığı, 50 mM NaCl konsantrasyonunda fasulye genotiplerinde toplam fenol içeriği ve antioksidan miktarının 25 mM NaCl konsantrasyonuna göre yüksek oranda bir azalma meydana geldiği, toplam fenol içeriği 25 mM'da en yüksek G11 ve G13 (13.02, 12.90 ppm), en düşük G30 ve G39 (9.26, 9.28 ppm) nolu genotiplerde olduğu görülmüştür. Birçok çevresel stresin etkisiyle bitkilerde fenolik bileşikler, antosiyanin, sinapoil ester miktarlarında değişikliğin olduğu, tuz stresinin şiddeti, süresi ve bitki türüne bağlı olarak bitkilerde antosiyanin ve diğer fenolik bileşiklerin miktarlarında artış-azalışların olduğu belirtilmiş (Posmyk ve ark. 2009), nitekim fasulye genotiplerinde tuz dozunun artmasıyla beraber yeşil aksamda toplam fenol miktarı ve antioksidan içeriğinin azaldığı saptanmıştır.

Çizelge 2. Tuz stresi altında yetiştirilen fasulye bitkilerinin yeşil aksamında bulunan toplam fenol içeriği ve toplam antioksidan miktarına ait ortalama değerler ve % değişim oranları

Genotip	Yeşil aksamda toplam fenol içeriği (mg ga / 100 g DW) ve toplam antioksidan miktarı (µmol Trolox eşdeğeri (TE) / g DW)					Toplam Antioksidan				
	Kontrol	25 Mm	Kontole göre % değişim oranı	50 mM	Kontole göre % değişim oranı	Kontrol	25 mM	Kontole göre % değişim oranı	50 mM	Kontole göre % değişim oranı
G2	254.22 cd	9.68 cd	-96.19	2.63 df	-98.97	192.50	163.50	-15.06	48.00 ef	-75.06
G9	287.56 ac	12.79 ab	-95.55	3.62 bf	-98.74	236.50	268.50	13.53	68.00 ad	-71.25
G11	272.44 cd	13.02 a	-95.22	3.95 ae	-98.55	239.50	239.50	0.00	50.00 df	-79.12
G13	282.89 ac	12.90 a	-95.44	4.84 ab	-98.29	250.00	261.00	4.40	54.00 bf	-78.40
G14	299.55 ac	11.94 ad	-96.01	4.25 ad	-98.58	263.00	260.50	-0.95	58.00 bf	-77.95
G16	336.44a	10.94 ad	-96.75	3.21 bf	-99.05	317.00	231.00	-27.13	72.00 ab	-77.29
G20	267.33 cd	11.22 ad	-95.80	3.23 bf	-98.79	271.50	228.00	-16.02	53.25 bf	-80.39
G21	313.56 ac	12.31 ac	-96.07	4.76 ab	-98.48	286.00	224.00	-21.68	54.75 bf	-80.86
G30	218.67 d	9.26 d	-95.77	4.68 ac	-97.86	208.50	186.50	-10.55	80.25 a	-61.51
G31	285.33 ac	10.01 cd	-96.49	2.83 df	-99.01	254.00	239.25	-5.81	71.25 ac	-71.95
G39	268.89 cd	9.28 d	-96.55	3.99 ae	-98.52	265.00	175.00	-33.96	78.58 a	-70.35
G49	298.45 ac	9.64 cd	-96.77	4.67 ac	-98.44	308.50	181.50	-41.17	53.50 bf	-82.66
G67	307.56 ac	11.71 ad	-96.19	4.13 ad	-98.66	322.50	228.50	-29.15	52.00 cf	-83.88
G71	320.00 ab	10.20 bd	-96.81	1.97 f	-99.38	336.00	218.00	-35.12	83.25 a	-75.22
G75	282.89 ac	9.87 cd	-96.51	5.44 a	-98.08	301.50	236.00	-21.72	53.00 bf	-82.42
G78	286.67 ac	11.65 ad	-95.94	2.34 ef	-99.18	324.50	242.00	-25.42	46.50 ef	-85.67
G90	303.99 ac	10.38 ad	-96.59	4.14 ad	-98.64	319.00	237.83	-25.45	51.50 cf	-83.86
G92	284.22 ac	9.49 d	-96.66	3.30 bf	-98.84	318.50	202.50	-36.42	64.50 ae	-79.75
G94	255.56 cd	10.07 cd	-96.06	2.97 cf	-98.84	278.50	269.25	-3.32	41.50 f	-85.10
G97	339.11 a	9.90 cd	-97.08	3.45 bf	-98.98	273.75	231.50	-15.43	52.50 bf	-80.82
p değeri (< 0.05)	0.011	0.006	0.001	0.300	0.557	0.001				

Yeşil aksamda kontrol ve 25 mM tuz uygulamasında P içeriği bakımından genotipler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunurken, 50 mM de oluşan farklılıkların önemli olmadığı, kökte ise kontrol ve tuz dozlarında genotiplerin fosfor içeriğindeki farklılıkların önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Genotipler arasında

tuz konsantrasyonunun artmasıyla beraber tuzun yeşil aksamda ve kökte P içeriğinde negatif etki yarattığı ve buna bağlı olarak genotiplerin % 85'inin olumsuz etkilendiği görülmüştür. Yine 50 mM NaCl konsantrasyonunda fasulye genotiplerinde fosfor içeriğinin 25 mM NaCl konsantrasyonuna göre yeşil aksamda % 75, kökte ise % 90 oranında pozitif bir artışın olduğu tespit edilmiştir. Fasulye bitkilerinde 25 mM tuz konsantrasyonunda yeşil aksamda en yüksek değer G30 (281.12 ppm), en düşük değer G16 ve G94 (178.98 ppm) nolu genotipler olduğu ve iki genotipinde aynı değeri aldığı tespit edilmiştir. Kökte fosfor içeriği 25 mM'da G20 (223.49 ppm) genotipinin en yüksek, G39 (101.20 ppm) genotipinin en düşük değeri aldığı, 50 mM tuz konsantrasyonunda ise G30 (312.98 ppm) en yüksek, G78 (129.32 ppm) nolu genotipinin en düşük değeri aldığı belirlenmiştir. Tuz stresinin etkisiyle bitkilerde bazı savunma mekanizmaları gelişmiştir. Bunlardan biri de besin elementlerinin kök bölgesinde depolanması, yeşil aksama iletiminin azaltılması veya minimum seviyeye indirilmesidir. Farklı tuz dozlarının uygulandığı çalışmada tuz dozunun artmasıyla özellikle 50 mM tuz dozunda kontrole göre hem yeşil aksam hem de kökte P içeriğinde artışların olduğu belirlenmiştir.

Peleg ve ark. (2012), Munns ve Tester (2008), toprak tuzluluğuna karşı bitkilerin toleransının Na^+ exclusion, Na^+ 'a karşı doku toleransı ve osmotik tolerans olmak üzere 3 bileşen ile sağlandığını belirtmiştir. Toprakta tuzun bulunması ile kök bölgesinde düşük ozmotik potansiyelden dolayı bitkilerin su alımı azalmaktadır (Lauchli ve Grattan, 2007; Yılmaz ve ark. 2011). Bu durum tuza hassas olan bitkilerde besin element alımının olumsuz şekilde etkilenmesine neden olmaktadır.

Fasulye genotipleri arasındaki farklılığı belirlemek üzere tuz uygulamasının etkisinin araştırıldığı çalışmada, yeşil aksamda her iki tuz dozunda Mg içeriğinin genotipler arasındaki farklılık önemli bulunurken, kökte 50 mM tuz dozunun istatistiki açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4). Mg içeriği bakımından kontrol bitkilerine oranla hem yeşil aksamda hem de kökte azalışların olduğu belirlenmiştir. Bu temelde 25 mM tuz dozunda yeşil aksamda en yüksek artış G30 (% 12.21), kökte ise G39 (% 58.60) genotiplerinde, en düşük artış yeşil aksamda G94 (% -28.21), kökte G49 (% -21.23) genotiplerinde, 50 mM tuz dozunda ise yeşil aksamda en yüksek artış G2 (% 33.73), kökte G13 (% 99.57) genotiplerinde, yeşil aksamda en düşük içerik G39 (% -34.97), kökte ise G49 (% -17.78) genotiplerinde olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 3. Tuz stresi altında yetiştirilen fasulye bitkilerinin yeşil aksam ve kök kısmında bulunan fosfor (P) besin element içeriklerine ait ortalama değerler ve % değişim oranları

Genotip	Yeşil aksam ve kökte P içeriği (ppm)					Kök				
	Kontrol	25 mM	Kontrol göre % değişim oranı	50 mM	Kontrol göre % değişim oranı	Kontrol	25 mM	Kontrol göre % değişim oranı	50 mM	Kontrol göre % değişim oranı
G2	206.16 ae	179.92 ef	-12.73	231.46	12.27	221.15 a	173.36 bc	-21.61	208.03 bf	-5.93
G9	265.19 ab	192.10 df	-27.56	237.55	-10.42	171.48 ae	134.93 bg	-21.31	158.36 eg	-7.65
G11	164.93 de	187.41 ef	13.63	277.37	68.17	142.43 ce	165.86 bd	16.45	166.80 cg	17.11
G13	204.28 ae	201.47 cf	-1.38	238.02	16.52	193.04 ae	171.48 bc	-11.17	258.63 ab	33.98
G14	194.91 be	239.89 ae	23.08	214.59	10.10	170.55 ae	109.64 fg	-35.71	145.25 eg	-14.83
G16	148.06 e	178.98 f	20.88	207.09	39.87	172.42 ae	148.05 bf	-14.13	180.85 cg	4.89
G20	204.28 ae	209.90 bf	2.75	253.95	24.31	199.60 ad	223.49 a	11.97	169.61 cg	-15.03
G21	176.17 ce	235.20 af	33.51	268.00	52.13	127.44 e	134.00 bg	5.15	156.49 eg	22.80
G30	289.55 a	281.12 a	-2.91	285.80	-1.30	214.59 ab	175.23 b	-18.34	312.98 a	45.85
G31	248.32 ad	223.96 af	-9.81	261.44	5.28	202.41 ac	123.69 dg	-38.89	236.14 bd	16.66
G39	235.20 ae	222.08 af	-5.58	226.77	-3.58	135.87 de	101.20 g	-25.52	162.11 dg	19.31
G49	230.52 ae	232.39 af	0.81	235.20	2.03	180.86 ae	141.50 bg	-21.76	183.66 cg	1.55
G67	261.44 ac	267.07 ab	2.15	221.15	-15.41	176.17 ae	153.68 be	-12.77	212.72 be	20.75
G71	183.06 be	236.14 af	29.00	226.77	23.88	178.98 ae	132.13 cg	-26.18	200.53 bg	12.04
G75	237.08 ad	252.07 ad	6.32	220.21	-7.12	175.23 ae	123.69 dg	-29.41	153.68 eg	-12.30
G78	215.53 ae	193.98 df	-10.00	258.63	20.00	210.84 ab	138.69 bg	-34.22	129.32 g	-38.66
G90	228.64 ae	256.75 ac	12.29	238.00	4.09	188.35 ae	123.69 dg	-34.33	238.01 bc	26.37
G92	215.52 ae	226.77 af	5.22	281.12	30.44	193.03 ae	138.69 bg	-28.15	189.29 bg	-1.94
G94	209.91 ae	178.98 f	-14.73	215.51	2.67	192.10 ae	109.63 fg	-42.93	134.94 fg	-29.76
G97	183.67 be	206.16 cf	12.24	206.16	12.24	150.87 be	121.82 eg	-19.25	145.24 eg	-3.73
p değeri (< 0.05)	0.044	0.002	0.666	0.050	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

Gadallah (1999), bakla bitkisine uygulanan tuz konsantrasyonlarının metabolik faaliyetlerin aksamasına, başta Ca^+ ve K^+ olmak üzere N^+ , P ve Mg^+ gibi makro besin elementleri alımını kısıtladığını ve klorofil aktivasyonunu olumsuz etkilediğini belirtmektedir. Mugdal ve ark. (2010) tuz stresinin besin element alımını zorlaştırdığını, çimlenme yüzdesi ve meyve kalitesini belirtmiş.

Toprakta sodyum miktarının artmasının, bitkilerde Ca^+ , K^+ ve Mg^+ eksikliğine neden olduğu birçok araştırmacı tarafından belirtilmiştir (Grattan 1993; Marschner 1995; Gomez ve ark. 1999).

Çizelge 4. Tuz stresi altında yetiştirilen fasulye bitkilerinin yeşil aksam ve kök kısmında bulunan magnezyum (Mg) besin element içeriklerine ait ortalama değerler ve değişim oranları

Genotip	Yeşil aksam ve kökte Mg içeriği (ppm)					Kök				
	Kontrol	25 mM	Kontrol göre % değişim oranı	50 mM	Kontrol göre % değişim oranı	Kontrol	25 mM	Kontrol göre % değişim oranı	50 mM	Kontrol göre % değişim oranı
G2	3736.67	3800.00 bd	1.69	4997.00 a	33.73	5160.76 ad	7434.23 a	44.05	6363.81	23.31
G9	4293.00	3614.33 bd	-15.81	4335.67 ac	0.99	4855.68 cd	5371.49 ad	10.62	9566.36	97.01
G11	3934.67	3744.33 bd	-4.84	4671.33 ac	18.72	5518.40 ad	4642.26 cd	-15.88	6018.97	9.07
G13	4038.67	4107.67 bc	1.71	4743.95 ab	17.46	4871.18 cd	4276.21 d	-12.21	9721.65	99.57
G14	3772.33	3480.33 cd	-7.74	4190.67 ad	11.09	5916.13 ad	7471.17 a	26.28	5406.91	-8.61
G16	4482.33	3344.33 cd	-25.39	3383.00 bd	-24.53	5275.42 ad	4956.18 bd	-6.05	5455.35	3.41
G20	3884.67	4223.00 bc	8.71	3556.33 ad	-8.45	5617.08 ad	4975.52 bd	-11.42	6665.14	18.66
G21	3715.67	4040.67 bc	8.75	3608.00 ad	-2.90	5772.12 ad	5373.11 ad	-6.91	5380.18	-6.79
G30	4587.33	5147.33 a	12.21	3931.33 ad	-14.30	4341.26 d	4879.32 bd	12.39	4145.33	-4.51
G31	3828.33	3401.00 cd	-11.16	3217.00 cd	-15.97	6941.43 a	5622.74 ad	-19.00	5752.13	-17.13
G39	4193.67	3468.00 cd	-17.30	2727.29 d	-34.97	4523.68 cd	7174.39 ab	58.60	5556.70	22.84
G49	4163.00	4165.33 bc	0.06	3413.33 bd	-18.01	6813.38 ab	5366.79 ad	-21.23	5601.72	-17.78
G67	4405.33	4612.33 ab	4.70	3565.33 ad	-19.07	5099.05 bd	4909.64 bd	-3.71	5064.25	-0.68
G71	4155.33	3628.00 bd	-12.69	4363.33 ac	5.01	5255.99 ad	5107.00 bd	-2.83	6908.00	31.43
G75	4086.33	3533.33 cd	-13.53	3645.67 ad	-10.78	4667.78 cd	5090.99 bd	9.07	4737.95	1.50
G78	4606.00	3513.67 cd	-23.72	4046.33 ad	-12.15	5618.31 ad	4530.18 cd	-19.37	9644.78	71.67
G90	4768.67	4174.67 bc	-12.46	3258.00 bd	-31.68	6207.43 ac	6631.19 ad	6.83	5176.25	-16.61
G92	4694.00	3418.33 cd	-27.18	3204.67 cd	-31.73	5996.96 ad	6708.95 ac	11.87	7468.20	24.53
G94	4079.33	2928.67 d	-28.21	4249.00 ac	4.16	5409.78 ad	6008.64 ad	11.07	7799.49	44.17
G97	3770.33	3543.67 cd	-6.01	3600.46 ad	-4.51	6122.62 ad	5702.26 ad	-6.87	5570.21	-9.02
p değeri (< 0.05)	0.734	0.004		0.047		0.050	0.030		0.216	

Fasulye genotiplerinin Fe içeriği bakımından her iki tuz dozunda hem yeşil aksamda hem de kökte genotipler arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5). Tuz dozları arasında 25 mM tuz dozunun kontrole göre genotipler arasında Fe içeriğinde yeşil aksam ve kökte azalışların olduğu, 50 mM tuz dozunun ise kontrole göre Fe içeriğinin özellikle kökte önemli miktarda arttığı tespit edilmiştir. Kontrole göre 25 mM' de yeşil aksamda en yüksek Fe içeriğinin G30 (% 40.90) genotipinde, en düşük içeriğin ise G67 (% -42.95), kökte ise en yüksek Fe içeriğinin G9 (% 37.26) genotipinde, en düşük içeriğinin ise G31 (% -70.77) genotipinde olduğu ortaya çıkmıştır. Yine 50 mM NaCl konsantrasyonunda yeşil aksamda en yüksek Fe içeriğinin G2 (% 315.28) genotipinde, en düşük içeriğinin ise G92 (% -68.55) genotipinde olduğu, kökte ise Fe içeriğinin en yüksek G9 (% 316.81), en düşük G31 (% -46.34) genotiplerinde olduğu tespit edilmiştir. Levitt (1972), bitkilerin genellikle tuz stresinin olumsuz etkilerinden kaçınma (*escape*), sakınma (*avoidance*) ve tolerans stratejilerini kullanarak başa çıktığını bildirmiştir. Bitkilerde tuz dozunun artmasıyla beraber yeşil aksamda demir miktarının 50 mM NaCl dozunda, 25 mM NaCl dozuna göre genotiplerin % 80'inde, kökte ise % 95' inde pozitif bir artışın olduğu tespit edilmiştir.

Fasulye genotiplerinin Cu içeriği bakımından genotipler arasındaki farklar her iki tuz dozunda hem yeşil aksamda hem de kökte istatistiksel olarak önemli olduğu ortaya çıkmıştır (Çizelge 6). Tuz stresine maruz bırakılan fasulye genotiplerinde yeşil aksamda tuzun Cu içeriği üzerine negatif kökte ise pozitif bir etkisinin olduğu görülmüştür. Yeşil aksamda kontrole göre 25 mM tuz dozunun genotiplerin tamamında negatif bir etki yaptığı, 50 mM tuz dozunun ise genotiplerin % 75'inin olumsuz etkilendiği tespit edilmiştir. Farklı tuz dozlarının çalışmada kullanılan bitkilerin kökte Cu içeriği üzerine etkisine bakıldığında kontrole göre 25 mM NaCl konsantrasyonu genotiplerin % 75 'inde, 50 mM NaCl konsantrasyonu ise genotiplerin % 80 'inde pozitif bir etki yarattığı görülmüştür. Fasulye genotipleri üzerine 50 mM NaCl konsantrasyonunun 25 mM NaCl konsantrasyonuna göre yeşil aksamda genotiplerin % 95 'inde, kökte ise % 85'inde artışın olduğu görülmüştür. Tuz dozunun artmasıyla beraber hem yeşil aksamda hem de kökte demir içeriğinde olduğu gibi bakır içeriğinin de artış gösterdiği belirlenmiştir. Yeşil aksamda Cu içeriği bakımından 25 mM NaCl konsantrasyonunda G97 (13.43 ppm) genotipi en yüksek, G2 ve G11 (7.87,7.82 ppm) genotipleri en düşük içeriğe sahip, 50 mM NaCl konsantrasyonunda en yüksek içerik G94 (19.58 ppm) genotipinde, en düşük içerik ise G2 ve G30 (9.05, 8.72 ppm) genotiplerinde olduğu ortaya çıkmıştır. Kökte 25 mM tuz dozunda G39 (14.85 ppm) genotipi en yüksek bakır içeriğine sahip olurken G13 (8.00 ppm) genotipi en düşük içeriğe sahip olduğu, 50 mM tuz dozunda G9 (27.52 ppm) genotipi en yüksek içerik, G30 (8.47 ppm) genotipi en düşük içeriğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Tuz dozunun artmasıyla beraber genotipler arasında özellikle yeşil aksamda bakır içeriğinin azaldığı, kök bölgesinde ise arttığı belirlenmiştir.

Çizelge 5. Tuz stresi altında yetiştirilen fasulye bitkilerinin yeşil aksam ve kök kısmında bulunan demir (Fe) besin element içeriklerine ait ortalama değerler ve değişim oranları

Genotip	Yeşil aksam ve kökte Fe içeriği (ppm)					Kök				
	Kontrol	25 Mm	Kontrol göre % değişim oranı	50 Mm	Kontrol göre % değişim oranı	Kontrol	25 Mm	Kontrol göre % değişim oranı	50 mM	Kontrol göre % değişim oranı
G2	322.89	201.80 be	-37.50	1340.90 a	315.28	6697.80 cd	8676.11 a	29.54	9520.51 de	42.14
G9	288.60	222.30 ae	-22.97	769.57 bc	166.66	3728.90 e	5118.29 ce	37.26	15542.56 ab	316.81
G11	277.90	283.00 ae	1.84	809.00 b	191.11	5150.32 de	5415.45 ce	5.15	8505.80 df	65.15
G13	223.03	229.95 ae	3.10	96.92 j	-56.54	6291.38 ce	5845.07 ce	-7.09	10773.40 d	71.24
G14	300.07	305.40 ac	1.78	463.30 eg	54.40	6987.52 bd	8168.70 ab	16.90	7986.04 ef	14.29
G16	265.05	232.60 ae	-12.24	412.07 fh	55.47	5697.84 ce	6576.12 ad	15.41	9576.98 de	68.08
G20	222.63	235.37 ae	5.72	481.93 dg	116.47	6889.03 bd	6798.94 ac	-1.31	12893.36 c	87.16
G21	273.37	273.57 ae	0.07	467.80 eg	71.12	5194.85 ce	5834.52 ce	12.31	9115.82 df	75.48
G30	200.05	281.87 ae	40.90	327.90 gı	63.91	3844.53 e	5131.09 ce	33.46	6852.33 f	78.24
G31	246.07	226.93 ae	-7.78	606.67 de	146.54	15376.53 a	4494.06 ce	-70.77	8251.58 ef	-46.34
G39	206.03	199.77 be	-3.04	221.24 ij	7.38	8045.66 bc	5619.13 ce	-30.16	8177.13 ef	1.63
G49	160.58	199.10 be	23.99	330.75 gı	105.97	7329.23 bd	4340.83 de	-40.77	8471.89 df	15.59
G67	294.53	168.03 de	-42.95	499.55 df	69.61	5283.51 ce	5482.03 ce	3.76	7878.70 ef	49.12
G71	237.17	221.43 ae	-6.64	268.90 hı	13.38	7850.43 bd	6055.29 be	-22.87	14159.35 bc	80.36
G75	349.80	327.60 ab	-6.35	250.40 ı	-28.42	7509.58 bd	4510.82 ce	-39.93	9634.01 de	28.29
G78	338.57	350.57 a	3.54	220.10 ij	-34.99	7666.26 bd	5408.30 ce	-29.45	16690.87 a	117.72
G90	270.90	296.10 ad	9.30	371.15 fi	37.01	7705.41 bd	4620.06 ce	-40.04	8609.83 df	11.74
G92	269.30	182.90 ce	-32.08	84.69 j	-68.55	9708.01 b	6489.69 bd	-33.15	10599.14 d	9.18
G94	229.23	174.27 ce	-23.98	633.13 cd	176.20	7785.67 bd	4131.72 e	-46.93	8825.26 df	13.35
G97	211.73	160.83 e	-24.04	472.66 eg	123.24	7126.07 bd	4871.63 ce	-31.64	9261.38 de	29.96
p değeri (< 0.05)	0.093	0.033		0.001		0.001	0.001		0.001	

Çizelge 6. Tuz stresi altında yetiştirilen fasulye bitkilerinin yeşil aksam ve kök kısmında bulunan bakır (Cu) besin element içeriklerine ait ortalama değerler ve değişim oranları

Genotip	Yeşil aksam ve kökte Cu içeriği (ppm)					Kök				
	Kontrol	25 mM	Kontrol göre % değişim oranı	50 mM	Kontrol göre % değişim oranı	Kontrol	25 mM	Kontrol göre % değişim oranı	50 mM	Kontrol göre % değişim oranı
G2	13.51	7.87 d	-41.75	9.05 d	-33.01	12.11 cf	10.30 ce	-14.95	15.65 bd	29.23
G9	15.40	8.63 cd	-43.96	13.73 bc	-10.84	7.58 fg	11.64 ce	53.56	27.52 a	263.06
G11	12.48	7.82 d	-37.34	12.19 bd	-2.32	8.19 dg	9.45 de	15.38	14.66 be	79.00
G13	16.70	8.76 cd	-47.54	15.43 b	-7.60	12.89 cd	8.00 e	-37.94	12.86 be	-0.23
G14	14.26	12.78 ab	-10.38	12.26 bd	-14.03	9.44 dg	12.16 ad	28.81	10.93 ce	15.78
G16	12.26	8.87 cd	-27.65	11.22 bd	-8.48	6.75 e	9.74 de	44.30	12.07 be	78.81
G20	13.77	10.70 ad	-22.29	12.69 bd	-7.84	8.76 dg	10.58 ce	20.78	17.21 bc	96.46
G21	12.36	10.01 bd	-19.01	11.70 bd	-5.34	11.02 cg	11.09 be	0.64	14.36 be	30.31
G30	14.14	9.35 cd	-33.88	8.74 d	-38.19	8.14 eg	9.61 de	18.06	8.47 e	4.05
G31	11.35	9.32 cd	-17.89	14.49 bc	27.67	30.85 a	9.19 de	-70.21	12.98 be	-57.93
G39	12.41	9.58 bd	-22.80	14.00 bc	12.81	19.73 b	14.85 a	-24.73	15.04 bd	-23.77
G49	12.03	10.59 ad	-11.97	12.89 bd	7.15	14.73 c	9.78 de	-33.60	10.89 ce	-26.07
G67	13.64	11.39 ac	-16.50	12.94 bd	-5.13	7.99 eg	9.92 ce	24.16	10.38 de	29.91
G71	12.93	9.82 bd	-24.05	11.77 bd	-8.97	8.85 dg	10.43 ce	17.85	11.61 ce	31.19
G75	14.55	10.27 bd	-29.42	11.86 bd	-18.49	8.36 dg	10.63 ce	27.15	13.23 be	58.25
G78	14.09	8.44 cd	-40.10	10.34 cd	-26.61	8.68 dg	10.05 ce	15.78	15.83 bd	82.37
G90	17.63	10.44 ad	-40.78	11.38 bd	-35.45	10.25 dg	13.70 ac	33.66	13.34 be	30.15
G92	12.11	9.94 bd	-17.92	11.89 bd	-1.82	9.07 dg	11.64 ae	28.34	18.14 b	100.00
G94	13.78	8.58 cd	-37.74	19.58 a	42.09	7.17 e	14.63 ab	104.04	15.35 bd	114.09
G97	14.52	13.43 a	-7.51	14.77 bc	1.72	12.64 ce	13.75 ac	8.78	14.46 be	14.40
p değeri (< 0.05)	0.992	0.011		0.001		0.001	0.004		0.001	

Tuz stresi altındaki bitkilerin Mn içeriği bakımından genotipler arasındaki farklılık her iki tuz dozunda ve hem yeşil aksamda hem de kökte istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 7). Tuz dozları arasında 25 mM NaCl konsantrasyonunda Mn içeriğinde kontrole göre yeşil aksamda genotiplerin % 65'inde bir artış olduğu, kökte ise genotiplerin % 55'inde bir azalmanın olduğu, 50 mM NaCl konsantrasyonunda ise Mn içeriğinde yeşil aksamda genotiplerin % 65'inde bir azalmanın olduğu, kökte ise genotiplerin % 85'inde bir artış olduğu belirlenmiştir. Tuz uygulamaları arasında 50 mM tuz dozunun 25 mM tuz dozuna göre yeşil aksamda genotiplerin % 70'inin olumsuz etkilendiği, kökte ise fasulye genotiplerinin tamamında pozitif bir artış olduğu görülmüştür.

Çizelge 7. Tuz stresi altında yetiştirilen fasulye bitkilerinin yeşil aksamında bulunan mangan (Mn) besin element içeriklerine ait ortalama değerler ve değişim oranları

Genotip	Yeşil aksam ve kökte Mn içeriği (ppm)						Kök			
	Kontrol	25 mM	Yeşil aksam		Kök		Kontrol	25 mM	50 mM	Kontrol
			Kontrol	50 Mm	Kontrol	Kontrol				Kontrol
			göre %		göre %					göre %
			değişim		değişim					değişim
			oranı		oranı					oranı
G2	30.93	32.92	6.43	43.45 cd	40.48	218.86 bd	296.67 a	35.55	322.54 af	47.37
G9	35.61	35.80	0.53	46.26 cd	29.91	143.28 g	182.10 bd	27.09	406.33 ab	183.59
G11	32.90	43.46	32.10	38.51 cd	17.05	156.52 eg	194.96 bd	24.56	299.68 bf	91.46
G13	39.91	45.28	13.46	28.53 d	-28.51	206.58 cf	229.42 ac	11.06	354.55 ae	71.63
G14	33.39	42.61	27.61	34.66 cd	3.80	215.60 be	225.11 bd	4.41	274.39 bf	27.27
G16	46.25	32.05	-30.70	40.55 cd	-12.32	176.19 dg	195.64 bd	11.04	313.88 af	78.15
G20	41.12	39.26	-4.52	39.72 cd	-3.40	211.98 bf	208.90 bd	-1.45	342.36 af	61.51
G21	46.96	44.55	-5.13	34.06 cd	-27.47	153.10 fg	179.00 bd	16.92	289.34 bf	88.99
G30	54.68	55.62	1.72	53.66 bc	-1.87	142.69 g	150.45 d	5.44	220.30 f	54.39
G31	42.93	40.75	-5.08	34.95 cd	-18.59	444.74 a	159.50 cd	-64.14	384.04 ad	-13.65
G39	44.24	37.47	-15.30	26.00 d	-41.23	272.24 b	198.20 bd	-27.20	270.17 cf	-0.76
G49	38.95	45.43	16.64	35.14 cd	-9.78	236.36 bd	155.13 cd	-34.37	283.29 bf	19.86
G67	38.43	46.16	20.11	35.48 cd	-7.68	200.04 cg	184.10 bd	-7.97	251.10 df	25.52
G71	38.79	43.74	12.76	75.49 a	94.61	238.28 bd	215.56 bd	-9.54	392.39 ac	64.68
G75	47.15	53.89	14.29	40.37 cd	-14.38	225.57 bd	178.67 bd	-20.79	275.33 bf	22.06
G78	54.98	51.42	-6.48	70.17 ab	27.63	232.87 bd	245.52 ab	5.43	434.79 a	86.71
G90	38.78	46.32	19.44	28.45 d	-26.64	224.83 bd	158.24 cd	-29.62	282.32 bf	25.57
G92	33.95	53.30	57.00	44.71 cd	31.69	273.72 b	222.46 bd	-18.73	317.78 af	16.10
G94	44.41	43.43	-2.21	33.23 cd	-25.17	243.04 bc	148.93 d	-38.72	234.45 ef	-3.53
G97	38.38	39.91	3.99	25.67 d	-33.12	237.56 bd	189.71 bd	-20.14	299.72 bf	26.17
p değeri	0.353	0.498		0.001		0.001	0.006		0.018	
(< 0.05)										

Tuz stresi altındaki fasulye genotiplerinin Zn içeriği bakımından genotipler arasındaki farklılık her iki tuz dozunda ve hem yeşil aksamda hem de kökte istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 8). Tuz uygulamalarının kontrole göre yeşil aksamda Zn içeriğinin 25 mM tuz dozunda genotiplerin % 90'ının, 50 mM tuz dozunda % 95'inin negatif yönde etkilendiği, kökte ise 25 mM tuz dozunda genotiplerin tamamında, 50 mM tuz dozunda ise % 90'ında pozitif bir etki yaptığı belirlenmiştir. Tuz stresinin fasulye genotipleri üzerine etkisinin farklı olduğu, tuz dozunu artmasıyla beraber genotiplerde toplam fenol miktarı, toplam antioksidan içeriği ve besin element içeriğinde farklılıkların olduğu ortaya çıkmıştır. Nitekim, Kıpçak ve Erdinç (2016), tarafından yapılan çalışmada fasulye genotiplerinin tuz stresine karşı farklı tepkiler verdiğini ve G30 genotipinin tuz stresine karşı çalışılan genotipler arasında tolerans seviyesinin yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Malkoç ve Aydın (2003) mısır ve fasulyede tuzluluk stresi üzerine yaptıkları bir çalışmada bitkilerin P, Mg, Fe, Mn, Zn ve Cu içeriklerinin genel olarak tuz dozunun artmasıyla beraber azaldığını tespit etmişlerdir. Tuz miktarının artmasıyla toprak pH'nın yükselmesi, dolayısıyla toprakta Fe, Mn, Zn ve Cu elverişliliğinin azalmasıyla açıklanabilir (Turhan ve Kızıloğlu 1999; Aydın ve ark. 2000).

Çizelge 8. Tuz stresi altında yetiştirilen fasulye bitkilerinin yeşil aksamında bulunan çinko (Zn) besin element içeriklerine ait ortalama değerler ve değişim oranları

Genotip	Yeşil aksam ve kökte Zn içeriği (ppm)						Kök			
	Kontrol	25 mM	Yeşil aksam		Kök		Kontrol	25 mM	50 mM	Kontrol
			Kontrol	50 mM	Kontrol	Kontrol				Kontrol
			göre %		göre %					göre %
			değişim		değişim					değişim
			oranı		oranı					oranı
G2	181.37 c	174.57 bd	-3.75	59.61 ij	-67.13	65.14 ij	187.49 g	187.83	367.03 c	463.45
G9	309.50 a	134.53 bd	-56.53	80.82 fh	-73.89	141.90 eg	501.05 bc	253.10	518.46 ab	265.37
G11	300.67 ab	163.97 bd	-45.47	135.61 c	-54.90	139.37 fg	257.92 eg	85.06	399.11 bc	186.37
G13	252.17 ac	188.17 bc	-25.38	97.11 ef	-61.49	141.28 eg	273.87 eg	93.85	203.63 df	44.13
G14	207.40 ac	109.87 ce	-47.03	74.45 gi	-64.10	156.73 ef	391.62 ce	149.87	314.53 cd	100.68
G16	182.57 c	93.17 de	-48.97	121.16 cd	-33.64	79.45 hj	180.17 g	126.77	278.06 ce	249.98
G20	249.87 ac	126.05 be	-49.55	107.72 de	-56.89	94.90 hj	366.95 cf	286.67	591.37 a	523.15
G21	191.57 bc	93.15 de	-51.38	107.20 de	-44.04	220.54 ab	332.26 df	50.66	584.42 a	165.00
G30	302.03 ab	49.57 e	-83.59	130.90 c	-56.66	201.56 bc	305.99 dg	51.81	105.12 f	-47.85
G31	237.57 ac	158.86 bd	-33.13	102.43 df	-56.88	105.21 gi	450.48 bd	328.17	159.71 ef	51.80
G39	187.46 bc	107.40 ce	-42.71	141.45 bc	-24.54	171.69 cf	644.91 a	275.62	339.40 cd	97.68
G49	146.73 c	113.00 ce	-22.99	84.88 fh	-42.15	186.01 bd	403.99 ce	117.19	265.32 ce	42.64
G67	211.00 ac	173.48 bd	-17.78	93.95 eg	-55.47	211.37 ac	223.12 fg	5.56	203.86 df	-3.55
G71	210.63 ac	119.49 be	-43.27	98.28 ef	-53.34	182.55 be	348.41 df	90.86	356.76 cd	95.43
G75	188.33 bc	272.23 a	44.55	58.07 ij	-69.17	52.60 j	504.98 bc	860.04	298.65 ce	467.78
G78	225.07 ac	153.10 bd	-31.98	40.43 jk	-82.04	138.20 fg	354.06 df	156.19	604.45 a	337.37
G90	223.30 ac	94.17 de	-57.83	159.10 b	-28.75	74.63 hj	286.15 eg	283.42	339.17 cd	354.47
G92	149.27 c	158.88 bd	6.44	71.02 hi	-52.42	91.75 hj	332.10 df	261.96	597.79 a	551.54
G94	212.63 ac	194.93 b	-8.32	28.08 k	-86.79	112.75 gh	380.13 ce	237.14	632.28 a	460.78
G97	178.26 c	94.53 de	-46.97	213.05 a	19.52	247.77 a	553.69 ab	123.47	649.46 a	162.12
p değeri	0.049	0.001		0.001		0.001	0.001		0.001	
(< 0.05)										

Sonuç

Van Gölü Havzası'na ait bazı fasulye genotiplerinin tuz stresine karşı göstermiş oldukları tepkileri belirlemek amacıyla yürütülen bu çalışmada tuz dozlarının artmasıyla beraber genotipler arasında farklı reaksiyonların olduğu tespit edilmiştir. Artan tuz dozu ile beraber fasulye genotiplerinde toplam fenol içeriği ve antioksidan miktarının kontrole göre önemli oranda azalış gösterdiği, aynı şekilde besin element içerikleri bakımından 25 mM tuz dozunda hem yeşil aksam hem de kökte P, Mg, Fe, Mn, Zn ve Cu içeriklerinin negatif etkilendiği, 50 mM tuz dozunda ise kökte besin element içeriklerinin artış gösterdiği belirlenmiştir. Tuz dozunun artmasıyla beraber fasulye genotiplerinin farklı tepkiler verdiği bazı genotiplerin stresten dolayı besin elementlerinin kök bölgesinde depoladığı, yeşil aksamda mikro element miktarının daha az olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan genotipler incelenen parametreler açısından değerlendirildiğinde her iki tuz dozunda diğer genotiplere göre daha tolerant olan G9 ve G30 genotiplerinin ön plana çıktığı, G31, G49 ve G94 genotiplerinin hem 25 mM hem de 50 mM tuz konsantrasyonlarında hassas oldukları belirlenmiştir.

Teşekkür

Bu çalışmadan elde edilen verilerin bir kısmı, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından 2013-FBE-YL035 numaralı proje ile desteklenen yüksek lisans tezinden alınmıştır.

Kaynaklar

- Allakhverdiev SI, Sakamoto A, Nishiyama Y, Inaba M, Murata N (2000). Ionic and osmotic effects of NaCl-induced inactivation of photosystems I and II in *synechococcus* sp. *Plant physiology*. 123 (3). 1047-1056.
- Alp, Y. Kabay, T (2017). The effect of drought stress on plant development in some native and commercial tomato genotypes. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 27(3), 387-395.
- 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*. p:525-530. 13-17 June. Konya-Turkey
- Benzie IEF, Strain JJ (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*. 239: 70-76.
- Costa França MG, Pham Thi AT, Pimentel C, Pereyra Rosiello RO, Zuly-Fodil Y, Laffray D (2000). Differences in growth and water relations among *Phaseolus vulgaris* in response to induced drought stress. *Env. Exp. Bot.* 43; 227-237.
- Çakmakçı T, Şahin Ü, Kuşlu Y, Kızıloğlu FM, Tüfenkçi Ş, Okuroğlu M (2016). Van İli Tarım Alanlarında Temiz ve Atık Su Kaynaklarının Yönetimi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(4), 662-667.
- Ekincialp, A., Şensoy, S. (2018). Phenotypic and molecular determination of anthracnose disease resistance in Lake Van Basin's bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.). *Legume Research: an International Journal*, 41 (1).
- Ellialtıoğlu Ş (1999). Doku kültürü yoluyla vegetatif çoğaltmada doku karması sorunu, nedenleri ve çözüm yolları. *Biyoteknoloji (Kükem) Dergisi*. 24 (1).37-47.
- Es-Safi NE, Kollman A, Khelifi S, Ducrot PH (2007). Antioxidative effect of compounds isolated from *Globularia alypum* L. structure-activity relationship. *LWT*. 40. 1246-1252.
- Fidan E, Ekincialp A (2017). Bazı fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin farklı seviyelerdeki tuz stresine gösterdikleri tepkilerin incelenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27 (4), 558-568.
- Gadallah MAA (1999). Effect of Proline and glycinebetaine on *Vicia faba* responses to salt stress. *Biologia Plantarum*. 42 (2): 249-257.
- 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.
- Grattan SR (1993). How plants responds to salts. agricultural salinity and drainage. Hanson B, Grattan SR and Fulton A (eds.). University of California Irrigation Program. University of California. Davis. pp:3-5.
- Greenway H, Munns R (1980). Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol*. 31,149-190.
- Kacar B (1984). Bitki Besleme Uygulama Kılavuzu. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 900. Uygulama Kılavuzu: 214. Ankara. 140s.
- Kıpçak S, Erdiñ Ç (2016). Determination of salt tolerance levels of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes grown in Lake Van Basin. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 26(3), 421-429.
- Koç S (2005). Fasulyelerde tuzluluğa tolerans bakımından genotipsel farklılıkların erken bitki gelişimi aşamasında belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enst. Yüksek Lisans tezi.
- 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.
- Levitt J (1972). Responses of Plants to Environmental Stress. Academic Press. New York. 698 pp., *Physiological Ecology*.

- Malkoç M, Aydın A (2003). Mısır (*Zea mays* L.) ve Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.)'nin gelişimi ve bitki besin maddeleri içeriğine farklı tuz uygulamalarının etkisi. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg. 34 (3). 211-216.
- Marschner H (1995). Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Pres. 657- 680.
- Mohamed AA, Aly AA (2008). Alterations of some secondary metabolites and enzymes activity by using exogenous antioxidant compound in onion plant grown under seawater salt stress. American-Eurasian Journal of Scientific Research. 3 (2). 139-146.
- Mugdall V, Madaan N, Mudgal A (2010). Biochemical mechanisms of salt tolerance in plants. International Journal of Botany. 6 (2). 136-143.
- Munns R, Tester M (2008). Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology, 59: 651-681.
- Nizamoğlu MN, Nas S (2010). Meyve ve sebzelerde bulunan fenolik bileşikler; yapıları ve önemleri. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi. 20-35.
- Peleg Z, Walia H, Blumwald E (2012). In Plant Biotechnology and Agriculture: Prospects for the 21st Century (Ed: Arie Altman, Paul Michael Hasegawa). Integrating genomics and genetics to accelerate development of drought and salinity tolerant crops. Academic press, Elsevier. p: 271-285.
- Posmyk MM, Kontek R, Janas KM (2009). Antioxidant enzymes activity and phenolic compounds content in red cabbage seedlings exposed to copper stress. Ecotoxicology and Environmental Safety. 72. 6-602.
- Ruiz MJ, Rivero M R, Lo´pez-Cantarero I, Romero R (2003). Role of Ca²⁺ in the metabolism of phenolic compounds in tobacco leaves (*Nicotiana tabacum* L.). Plant Growth Regulation. 41. 173-177.
- Swain T, Hillis WE (1959). The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I.-The quantitative analysis of phenolic constituents. Journal of the Science of Food and Agriculture, 10 (1): 63-68.
- Turhan OY, Kızıloğlu FT (1999). Toprak tuzluluğunun değişik *Rhizobium phaseoli* izolatları ile aşıl原因an fasulye (*Phaseolus vulgaris* L) çeşit ve gelişimine etkisi. GAP. I. Tarım Kongresi. 26-28 Mayıs. S:937-945. Şanlıurfa-Türkiye
- Yılmaz E, Tuna AL, Bürün B (2011). Bitkilerin tuz stresine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri. C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 7 (1): 47-66