

Farklı Konsantrasyonlarda Tuz Stresi Uygulanmış Mercimek Bitkilerine (*Lens culinaris*) Bor İlavesinin Bitki Mineral Değişimi Üzerindeki Etkileri

Hafize Dilek Tepe^{1*}, Tülin Aydemir²

¹ Celal Bayar Üniversitesi, Deneysel Fen Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (DEFAM), Şehit Prof. Dr. İlhan Varank Kampüsü, Yunusemre, Manisa, 0236 2012604, hafize.dilek@cbu.edu.tr

² Celal Bayar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Şehit Prof. Dr. İlhan Varank Kampüsü, Yunusemre, Manisa, 0236 2013151, aydemirt@yahoo.com

*İletişimden sorumlu yazar/Corresponding author

Geliş/Received: 22 Kasım (November) 2016

Kabul/Accepted: 29 Mayıs (May) 2017

DOI: 10.18466/cbayarfbe.339527

Özet

Ortam koşullarının bitkinin normal gelişimini negatif bir şekilde etkilemesiyle bitkide oluşan duruma stres adı verilir. Bitkilerde başlıca stres çeşitleri, su (kuraklık), tuz, sıcaklık, soğuk, don, ışık, hastalık, su taşkını (fazla su), hava kirliliği, metal ve oksidatif strestir. Tüm dünyada sulanabilir tarım alanlarının yaklaşık %33'nün tuzdan etkilendiği ve bu bölgelerde yetiştirilen bitkilerde tuz stresi olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada iki farklı mercimek türü (kırmızı ve yeşil) kullanıldı. Mercimek bitkilerine 50 ve 200 mM tuz stresi uygulandı. Tuz stresinin olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla ortama ayrıca 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 mM bor ilave edildi. Bitkiler 7 gün boyunca izlendi ve 7. günün sonunda gövde, kök uzunlukları, taze gövde, kök ağırlıkları, K, Na, B ve Ca içerikleri incelendi. Elde edilen bulgulara göre 50 ve 200 mM tuz konsantrasyonlarında kontrol gruplarına göre hem kırmızı hem de yeşil mercimek bitkilerinde gövde-kök uzunluklarında, taze gövde-kök ağırlıklarında, K, B ve Ca içeriklerinde azalmaların olduğu tespit edildi. Fakat kırmızı mercimekteki tuz stresinden etkilenmenin yeşil mercimeğe göre daha yüksek oranda olduğu gözlemlendi. Tuz stresine karşı iyileştirici etki olarak ilave ettiğimiz bor konsantrasyonlarında 0.5 ve 1.0 mM bor miktarının gövde-kök uzunluklarında, taze gövde-kök ağırlıklarında K, Ca alınımında pozitif etki gösterdiği deneyler sonucu elde edildi. Bu çalışmada tuzlu topraklarda yetişen bitkilerde, tuz stresinden kaynaklanan olumsuz etkileri en aza indirebilmek amaçlandı. Bunun için bitki yetiştirme ortamına farklı derişimlerde bor ilave edilerek bitki gelişimi incelendi. Bitki materyali olarak Türkiye'de ve dünyada tarımı büyük oranda yapılan mercimek bitkileri kullanıldı. Elde edilen sonuçlara göre borun 0.5 ve 1.0 mM konsantrasyonlarında tuzlu topraklarda iyileştirici bir gübre olarak verilebileceği tespit edildi.

Anahtar Kelimeler: Bor, bitki büyümesi, mercimek, mineral alımı, stres.

Boron Effect on Growth and Mineral Content of Lentil Plant (*Lens culinaris*) Under Salt Stress

Abstract

Stress on plants is described as the negative impact resulted from altered growth conditions. Drought, salt, heat, cold, frost, flood, air pollution, metal and oxidative stress are the common stress causing factors for plants. 33% of the farming lands, worldwide, is under salt stress. In this study, red and green lentil species were used, which were exposed to 50 mM and 200 mM NaCl-stress. Boron, in contrast to this, were introduced to the lentil growing media at 0.5, 1.0, 2.0 and 5.0 mM boron concentrations to overcome stress arose from the salt. Plants were observed for 7 days, followed by length of shoot and root, fresh weight shoot and root, and K, Na, B and Ca contents were evaluated at the end of the 7th day. At 50 and 200 mM concentrations of NaCl for both red and green lentils length of shoot and root, fresh weight shoot and root, K and Ca contents were diminished; the stress were harsher on red lentil. Boron at 0.5 ve 1.0 mM concentrations reduced salt stress, and ameliorated shoot-root length, fresh shoot-root weight and K and Ca intake. The goal of this study was to minimize negative impacts of salt on plants farmed in high-salt containing soils. In the followed approach, boron was administrated to lentil growing media, which is widely farmed in Türkiye and all around the world. The results depicting that boron at 0.5 and 1.0 mM concentrations can be a supportive fertilizer to surpass salt related stress.

Keywords: Boron, lentil, mineral intake, plant growth, stress.

1. Giriş

Canlılar yaşamları boyunca dış çevre ile sürekli iletişim halinde bulunurlar. Yaşadıkları ortamda canlıya uygun olmayan koşullar var ise bunlara uyum

sağlayamayabilirler. Bitkiler ise canlıların büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Ortam koşullarının bitkinin normal gelişimini negatif bir şekilde etkilemesiyle bitkide oluşan duruma stres adı verilir [1].



Çevresel streslerde hücre içindeki metabolik faaliyetlerde reaktif oksijen türleri (ROS) ikincil haberciler olarak görev alırlar. Bu durum canlılarda tolerans mekanizmalarının gelişimini de etkilemiştir. Bitkilerde abiyotik stres çeşitleri içinde yer alan kuraklık, metal stresi, don stresi gibi streslerde reaktif oksijen türlerinin üretimi de tetiklenmektedir. Bu durum hücredeki antioksidan sisteminin dengesini bozmaktadır. Böylece zincirleme reaksiyonlar başlayarak reaktif oksijen türlerinin üretimi gerçekleşmektedir. Reaktif oksijen türlerinin artışı ile bitkiler oksidatif strese girmektedirler. Bitkilerde oksidatif stres altında reaktif oksijen türlerinin artışı ile birçok hasar oluşmaktadır. Bunlar DNA hasarı, enzimlerin aktivitesinde azalma, proteinlerin okside olması, apoptosis gibi hasarlardır [2].

Mikro elementler arasında ametal olan tek bitki besin maddesi bordur. Erime Noktası 2190 ± 20 °C olan bor elementi yarı iletken bir maddedir. Toprakta bor derişimi 10 ile 20 ppm arasında değişmektedir. Amerika'nın batı kesimleri ve Akdeniz'den Kazakistan'a kadar olan topraklarda yüksek derişimlerde bor bulunur. Bor derişimi deniz sularında 0.5 – 9.6 ppm, tatlı sularda ise 0.01 – 1.5 ppm aralığındadır. Yüksek konsantrasyonda ve ekonomik önemi olan B yatakları, Türkiye ve ABD'nin kurak, volkanik ve hidrotermal etkinliğin fazla olduğu bölgelerinde bulunmaktadır [3].

Bitkilerde başlıca stres çeşitleri, su (kuraklık), tuz, sıcaklık, soğuk, don, ışık, hastalık, su taşkını (fazla su), hava kirliliği, metal ve oksidatif strestir. Bitkiler hayatları boyunca çok çeşitli stres faktörüyle karşı karşıya gelmektedir. Bu stres faktörleri çok nadir olarak tek başına etki yapabilirler ancak çoğunlukla aynı anda etki gösterirler. Biyotik ve abiyotik faktörler ekonomik değeri büyük olan tahıllar başta olmak üzere, diğer bitki türlerinin de fizyolojilerinde değişimlere neden olabilirler. Bu stres çeşitleri bitkilerin büyüme ve gelişme süreçlerini yavaşlatarak, metabolik fonksiyonlarının bozulmasına yol açarak bitki ölümlerine neden olur [4].

Oksidatif stres, serbest radikallerin, özellikle reaktif oksijen türlerinin [süperoksit molekülü (O_2^{\bullet}), singlet oksijen (1O_2), hidrojen peroksit (H_2O_2) ve hidroksil radikallerinin (OH^{\bullet})] oluşumunu içeren ve reaktif oksijen türleri (reactive oxygen species; ROS) aracılığıyla bitkilerde zararlara neden olan stres olarak tanımlanır [5]. Serbest radikaller, çiftleşmemiş elektron içerdikleri için yüksek derecede reaktif moleküllerdir. Bu radikaller; plazma membranı, mitokondri, endoplazmik retikulum membranlarında oluşabilirler [6]. Bitkilerde serbest radikallerin en çok üretildiği yer hücrelerdeki kloroplastlardır [7].

1.1. Tuz Stresi

Tüm dünyada sulanabilir alanların yaklaşık %33'nün tuzla etkilenmiş olduğu 1975 yılında Carter tarafından ileri sürülmüştür. Blum (1985) ise dünya üzerinde tarımda kullanılabilir alanların sadece %10'unun her hangi bir çevresel stres etmeni ile karşı karşıya kalmadığını; %26 oranında en fazla karşılaşılan stres faktörünün kuraklık olduğunu, %20'lik bir oranla bunu tuz stresine maruz kalan alanların takip ettiğini kaydetmiştir [8, 9]. Bu değerlendirmeden 10 yıl sonra yapılan bir başka açıklamada, dünyada tarım yapılan toprakların yaklaşık %40'ının tuzluluk tehdidi altında olduğu ifade edilmiştir [10]. Ghassemi ve ark. (1995), dünyada sulanabilir alanların %20'sinin tuzluluktan etkilendiğini bildirirken; Lopez ve Satti (1996), sulama sularının tuzluluğu açısından bir değerlendirme yapmıştır [11,12]. Hidrologistlerin dünya yüzeyinde 1400 milyon km^3 su bulunduğunu ve bunun %97,4'lük bir oranının tuzlu su olduğunu ileri sürdüklerini dile getiren araştırmacılar; tuzlu sular tarafından dünyada sulanabilir 237 milyon hektarlık alanın, 30 milyon hektarlık bölümünün zarar gördüğünü, 80 milyonluk kısmının ise değişik düzeylerde etkilendiğini dile getirmektedirler. Bu durumda tuzluluğun giderek yaygınlaşan ciddi bir stres faktörü olduğu görülmektedir. Çevik (1986), Türkiye topraklarının toplam alanının 78 milyon hektar olduğunu, bunun %36'sının işlenebilir arazi olup bu alanların %3.2'sinin tuzluluk problemine sahip olduğunu belirtmektedir [13]. Sönmez (1990) ise, Türkiye'de 4 milyon hektar alanın tuzla etkilenmiş topraklara sahip olduğuna işaret etmekte; bu değer, sulanabilir alan potansiyelimizin yaklaşık %18'i olduğunu vurgulamaktadır [14].

Toprakta bulunan çözünebilir tuzların miktarı, bitkinin büyüme ve gelişmesi için gerekli olan miktarın üzerine çıktığında sorunlar ortaya çıkmaya başlar. Toprak tuz içeriği arttıkça bitkinin su alımı kısıtlanır. Tuz konsantrasyonu, kullanılabilir su potansiyelini düşürmeye yetecek kadar olduğunda (0.5-1.0 bar) bitki strese girer ki, buda tuz stresi olarak adlandırılır [15].

Ekonomik anlamda öneme sahip bitkilerin çoğu tuzluluğa karşı duyarlıdır. Tuzlu ortamda yetişen bir bitkinin büyümesini engelleyen faktörler üç grupta toplanabilir:

- Kök bölgesindeki düşük su potansiyeli nedeniyle su alımının azalması veya diğer bir değişle su stresinin oluşması.
- İyon toksisitesine neden olacak düzeyde yükselen Na^+ ve Cl^- iyonlarının bitki bünyesinde birikimi.
- Besin maddelerinin alımı ve taşınımı sırasında ortaya çıkan dengesizlikler ve özellikle K^+ ve kısmen Ca^{+2} eksikliklerinin ortaya çıkması [16-18].

Tuzluluğun zararlı etkisini azaltmak, tuz birikimi nedeni ile ortaya çıkan verimlilik kaybını geri çevirmek ve yeniden canlandırılmış topraklar elde etmek için kaliteli su, enerji ve dikkatli bir toprak yönetimi bileşenlerinden

oluşmaktadır. Tuzluluk sorunu denildiğinde en zararlı etkiyi yapan ve en yaygın olan iyonlar Na^+ ve Cl^- iyonlarının toprakta yüksek düzeyde bulunması anlaşılmaktadır. [16]. Bolca temiz su kullanarak sodyum klorürün bitki kök bölgesinden yıkanması başvurulacak ilk yöntemdir. Tam bir yıkanmanın gerçekleştirilmesi için yıkama suyunun miktarı ve kalitesi, toprağın yapısı, tuzun türü ve konsantrasyonu, toprak geçirgenliği, drenaj sisteminin etkinliği önemlidir. Yapılan masraflara karşılık, tuzluluk probleminin daha çok kurak ve yarı kurak alanlarda görülmesi, suyla yıkanma şeklindeki bir çözümün pratik olamayacağını açıkça ortaya koymaktadır. Tuzun suyla toprak profilinden yıkanması işlemi, organik gübreler kullanarak toprağın humus miktarının artırılması, aşırı inorganik gübrelerden kaçınılması, yüksek dolgu maddesi ve klor gibi toprak tuzunu artırıcı elementleri içeren gübrelerin kullanılmaması, seralarda topraksız yetiştiricilik yapılması veya belli zaman aralıkları ile toprağın üst katmanının değiştirilmesi gibi işlemler topraktaki tuz düzeyini kontrol altına almak ve bunun zararından kaçınmak için uygulanabilecek yöntemler arasında yer almaktadır. Bu işlemler zaman alıcı ve çoğunlukla da pahalı olmaktadır. Ayrıca iyileştirilen alanlarda uygun sulama yöntemlerinin kullanılmadığı durumlarda tekrardan tuzlu topraklar oluşabilmektedir [19].

Bu çalışmada tuzlu topraklarda yetişen bitkilerde, tuz stresinden kaynaklanan olumsuz etkileri en aza indirebilmek amaçlandı. Bunun için bitki yetiştirme ortamına farklı derişimlerde bor ilave edilerek bitki gelişimi incelendi. Bitki materyali olarak Türkiye’de ve dünyada tarımı büyük oranda yapılan mercimek bitkileri kullanıldı. Elde edilen sonuçlara göre borun 0.5 ve 1.0 mM konsantrasyonlarında tuzlu topraklarda iyileştirici bir gübre olarak verilebileceği tespit edildi.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada kırmızı mercimek tohumunun “Kafkas” çeşidi, yeşil mercimek tohumunun “Kışlık pul 11” çeşidi kullanıldı. Bu tohumlar Ankara Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü’nden temin edildi.

2.1 Bitki Büyütme Koşulları

Mercimek tohumları, %10’luk hipoklorit çözeltisi ile 20 dakika dezenfekte edildikten sonra distile su ile yıkandı, daha sonra 10 gün süreyle 25°C de nemli iki kurutma kâğıdı arasında çimlendirildi. On günlük fideler, 1.02 g/L KNO_3 , 0.492 g/L $Ca(NO_3)_2$, 0.23 g/L KH_2PO_4 , 0.49 g/L $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 2.86 mg/L H_3BO_3 , 1.81 mg/L $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, 0.22 mg/L $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, 0.09 mg/L $NaMoO_4 \cdot H_2O$ ve $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (0.5 %) ile tartarik asit (0.4 %) içeren çözeltiden 0.6 mL/L olacak şekilde Arnon ve Hougland (1945) tarafından önerilen büyütücü solüsyona aktarıldı [20]. Tuz stresi olarak 50 ve 200 mM NaCl hazırlandı, bu tuzlu çözeltilerin içinde, bor miktarları 0.5, 1.0, 2.0 ve 5.0 mM olacak şekilde borik asitten (H_3BO_3) çözeltiler ilave edildi. On gün boyunca çimlenmiş kırmızı ve yeşil mercimek bitkileri bu çözelti ortamına ilave edildi. Yedinci günün sonunda kırmızı ve

yeşil mercimek bitkilerindeki büyüme parametreleri, K, Na, B ve Ca değişimleri izlendi.

2.2. Büyüme Parametreleri

Farklı tuz stresi (50-200 mM) ve bor (0.5, 1.0, 2.0, 5.0 mM) konsantrasyonlarına maruz bırakılmış kırmızı ve yeşil mercimek bitkilerinden 7. günün sonunda 10 ‘ar adet alınıp taze gövde-kök uzunlukları ve ağırlıkları ölçüldü. Bir bitki için ortalama değerler tabloya aktarıldı.

2.3. Mineral İçeriği Tayini

Yedi gün boyunca çözeltilerde bekletilmiş 0.5 g kırmızı ve yeşil mercimek bitkilerinin gövde ve kökleri kurutulup HNO_3 : $HClO_4$ (3:1) (V/V) karışımında yaş yakma işlemi yapılarak saf suyla 10 mL ye tamamlandı. Örneklerdeki Na ve K miktarları alev fotometresiyle (Jenway PFP 7), Ca miktarları atomik absorpsiyon spektroskopisiyle (Varian FS 2000) ve B miktarları ICP-OES (Perkin Elmer) ile belirlendi.

3. Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada 50 ve 200 mM tuz stresi uygulanmış kırmızı mercimek (Kafkas) ve yeşil mercimek (Kışlık Pul 11) bitkilerinin büyüme ortamına 0.5, 1.0, 2.0 ve 5.0 mM konsantrasyonlarında bor ilave edildi. Yedinci günün sonunda tuzlu ortamdaki bor ilavesinin, bitkideki büyüme parametrelerine ve mineral içeriklerine etkisi izlendi.

50 mM NaCl stresi uygulanmış kırmızı mercimek bitkisinin gövdelerinde 7. günün sonunda gövde uzunluk miktarı, kontrol grubuna göre %19.23 oranında bir azalma gösterirken, yeşil mercimek gövdesinde ise %14.67 oranında bir azalma gözlenmiştir ($p<0.05$). 200 mM tuz konsantrasyonunda bu oranlar kontrole göre sırasıyla %36 ve %19.70 ($p<0.05$) olarak bulunmuştur. Sonuçlar tuz konsantrasyonu arttıkça her iki mercimek türünün de boy uzunluklarında azalma olduğunu fakat kırmızı mercimeğin tuz stresinden daha fazla etkilendiğini göstermektedir. 50 mM tuz stresli ortama 1 mM bor ilave ettiğimizde kırmızı ve yeşil mercimek bitkilerinde sırasıyla boy uzunluk oranları %1.2 ve %10.32 oranında artış göstermiştir. Fakat ortama ilave edilen 2 ve 5 mM bor bitkideki tuz stresinde anlamlı değişikliklere neden olmamıştır ($p<0.05$) (Tablo 3.1 ve Tablo 3.2)

50 mM tuz stresi uygulanmış mercimek köklerindeki kök uzunluğu kontrol grubuna göre 7.günün sonunda kırmızı ve yeşil mercimek bitkilerinde sırasıyla %39 ve %5 oranında azalmıştır ($p<0.05$). 200 mM tuz stresinde bu oranlar kırmızı ve yeşil mercimek bitkilerinde sırasıyla %58 ve %42 olarak bulunmuştur ($p<0.05$). Gövde ve kök ağırlıklarında da her iki mercimek türünde tuz stresi ile birlikte azalmaların oluştuğu deneylerimiz sonucunda elde edilmiştir. Tuz stresli ortama ilave edilen bor oranlarından 0.5 ve 1.0 mM bor konsantrasyonları olumlu etkilere sebep olurken 2 ve 5

mM bor miktarında anlamlı iyileşmelere rastlanmamıştır ($p<0.05$) (Tablo 3.1 ve Tablo 3.2).

Tablo 3.1. 50 ve 200 mM tuz stresine maruz bırakılmış kırmızı mercimek bitkisine 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 konsantrasyonlarda B ilavesinin 7.gün sonunda gövde, kök uzunlukları ve taze gövde, kök ağırlıkları üzerine etkisi.

Kırmızı mercimek	Gövde uzunluk(cm)	Kök uzunluk(cm)	Gövde ağırlık (g)	Kök ağırlık (g)
Kontrol	20.85±0.51	8.24±0.04	0.1426±0.002	0.0522±0.001
50 mM NaCl	16.84±0.42	5.01±0.03	0.1360±0.001	0.0471±0.003
50 mM NaCl+0.5 mM B	16.90±0.23	5.56±0.06	0.1394±0.002	0.0574±0.004
50 mM NaCl+1 mM B	17.05±0.56	5.60±0.05	0.1470±0.004	0.0638±0.005
50 mM NaCl +2 mM B	16.58±0.33	6.50±0.07	0.1547±0.001	0.0646±0.003
50 mM NaCl +5 mM B	16.44±0.58	3.60±0.05	0.1290±0.008	0.0544±0.003
200 mM NaCl	13.28±0.19	3.40±0.08	0.0698±0.006	0.0417±0.001
200 mM NaCl+0.5 mM B	13.42±0.31	4.00±0.06	0.0759±0.001	0.0592±0.008
200 mM NaCl+1 mM B	13.65±0.3	4.40±0.04	0.0915±0.008	0.0674±0.003
200 mM NaCl+2 mM B	12.48±0.08	4.60±0.05	0.0862±0.005	0.0704±0.001
200 mM NaCl+5 mM B	12.00±0.26	3.20±0.03	0.0872±0.003	0.0628±0.002

Tablo 3.2. 50 ve 200 mM tuz stresine maruz bırakılmış yeşil mercimek bitkisine 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 konsantrasyonlarda B ilavesinin 7.gün sonunda gövde, kök uzunlukları ve taze gövde, kök ağırlıkları üzerine etkisi.

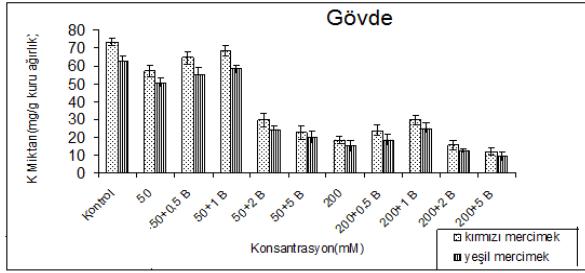
Yeşil mercimek	Gövde uzunluk(cm)	Kök uzunluk(cm)	Gövde ağırlık (g)	Kök ağırlık (g)
Kontrol	23.04±0.14	8.78±0.02	0.2294±0.004	0.1422±0.003
50 mM NaCl	19.66±0.22	8.28±0.03	0.2029±0.009	0.0826±0.001
50 mM NaCl+0.5 mM B	20.68±0.24	8.93±0.05	0.2060±0.003	0.0895±0.004
50 mM NaCl +1 mM B	21.69±0.45	9.71±0.03	0.2139±0.003	0.1231±0.007
50 mM NaCl +2 mM B	20.05±0.26	10.50±0.06	0.2206±0.006	0.1469±0.005
50 mM NaCl +5 mM B	20.64±0.33	10.08±0.03	0.2073±0.005	0.0869±0.001
200 mM NaCl	18.5±0.39	5.05±0.07	0.1393±0.001	0.0706±0.004
200 mM NaCl+0.5 mM B	19.47±0.12	6.35±0.04	0.1449±0.002	0.0788±0.002
200 mM NaCl+1 mM B	19.85±0.22	6.45±0.08	0.1484±0.001	0.0824±0.001
200 mM NaCl +2 mM B	19.15±0.33	7.08±0.03	0.1604±0.006	0.0861±0.006
200 mM NaCl +5 mM B	18.82±0.16	6.31±0.01	0.1558±0.007	0.0732±0.008

Tuzlu ortamda yetişen bitkilerin osmotik basıncının tuzdan dolayı artmasıyla suyun faydalı etkisinin azalması ve bitkilerin iyon dengesindeki bozulmalar büyüme parametrelerine olumsuz yönde etki etmektedir [15]. Birçok araştırmacı tarafından tuzluluk stresi üzerine yapılan çalışmalarda, bitkilerde büyüme geriliği ile birlikte yapraklar, gövde ve köklerin yaş-kuru ağırlıklarında önemli azalmalar gözlemlendiği rapor edilmiştir [21, 22]. Molassiotis ve arkadaşlarının (2006) elma köklerinde yaptığı çalışmada 0.5 mM bor ilavesiyle kuru ağırlıkta artışların olduğu, Karabal ve arkadaşlarının (2003) arpa kültürüne uyguladıkları yüksek konsantrasyonda (10.0 mM) bor uygulaması sonucu yaprak ve köklerin yaş-kuru ağırlıklarında azalmaların olduğu rapor edilmiştir [23, 24].

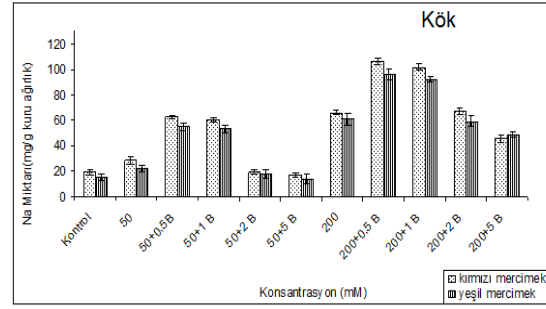
50 mM tuz stresine maruz bırakılan kırmızı mercimek gövdelerinde K miktarı kontrol grubuna göre %21 azalırken, yeşil mercimekte bu azalma oranı %19 olarak bulunmuştur ($p<0.05$). 0.5 mM bor ilavesinde ise 50 mM tuza oranla K miktarı kırmızı mercimek gövdelerinde %12, yeşil mercimek gövdelerinde %8.54 artmıştır ($p<0.05$). Elde edilen verilere göre 0.5 mM bor ilavesi kırmızı mercimekte daha etkili bir şekilde K miktarını arttırmıştır. 1.0, 2.0 ve 5.0 mM bor ilavesi 200 mM tuz stresinde daha etkili olduğu görülmektedir ($p<0.05$) (Şekil 3.1).

50 mM tuz stresindeki kırmızı mercimek köklerinde K miktarı kontrol grubuna göre %23 azalırken, yeşil mercimek köklerinde bu azalma %18 olarak bulunmuştur ($p<0.05$). 50 mM tuza 0.5 mM bor ilavesiyle kırmızı mercimek köklerinde %10.66 yeşil mercimek köklerinde ise %7.06 oranında bir artış gözlenmiştir ($p<0.05$). (Şekil 3.2).

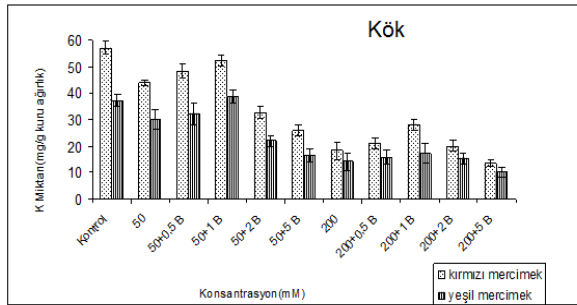
Yapılan çalışmalarda, tuz stresi bitkiler için gerekli olan elementlerin alınımını genelde azaltmıştır. Tuzlu topraklarda yetiştirilen bitkilerde görülen ve metabolik bozukluklara neden olan olumsuz faktörlerden birisi de besin elementi dengesizliğidir. Kök bölgesinde artan Na alımına bağlı olarak rekabet sonucu başta Ca olmak üzere K, P ve N alınımı olumsuz etkilenmektedir [25]. Lynch ve Laucli (1985) NaCl stresi altında yetiştirilen bitkilerin K derişimlerinde azalmaların olduğunu belirtmiştir [26]. Yakıt ve arkadaşları (2006) mısır bitkisi üzerinde yaptıkları çalışmada NaCl ilavesiyle K miktarının azaldığını rapor etmişlerdir [27]. Nguyen ve arkadaşları (2005) *orzya sativa* bitkisine uyguladıkları tuz stresisiyle birlikte K alınımında azalma olduğunu rapor etmişlerdir [28].



Şekil 3.1. 50 ve 200 mM tuz stresine maruz bırakılmış kırmızı ve yeşil mercimek gövdelerinde 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 konsantrasyonlarda B ilavesinin 7.gün sonunda K miktarı üzerine etkisi.

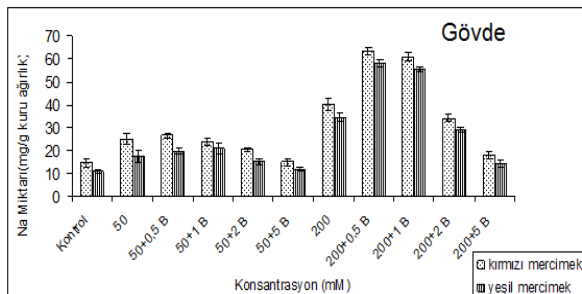


Şekil 3.4. 50 ve 200 mM tuz stresine maruz bırakılmış kırmızı ve yeşil mercimek köklerinde 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 konsantrasyonlarda B ilavesinin 7.gün sonunda Na miktarı üzerine etkisi.



Şekil 3.2. 50 ve 200 mM tuz stresine maruz bırakılmış kırmızı ve yeşil mercimek köklerinde 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 konsantrasyonlarda B ilavesinin 7.gün sonunda K miktarı üzerine etkisi.

50 mM NaCl ilave edilen kırmızı mercimeğin gövdelerinde Na miktarı kontrole göre %70.0 artarken, yeşil mercimek gövdelerindeki bu artış %61 olarak belirlenmiştir ($p<0.05$). 50 mM tuza 2.0 mM bor ilave edildiğinde kırmızı mercimek gövdelerinde %18.0, yeşil mercimek gövdelerinde %12.0'lik bir azalma gözlenmiştir ($p<0.05$) (Şekil 3.3). 0.5 ve 1.0 mM bor ilavesi Na alınımında gövdede olduğu gibi köklerde de anlamlı azalmalara neden olmamıştır. Fakat 2.0 mM bor ilavesi 50 mM tuz stresinde kırmızı mercimek köklerinde Na miktarını %33.0, yeşil mercimek köklerinde de %19.0 oranında azaltmıştır ($p<0.05$). (Şekil 3.4).



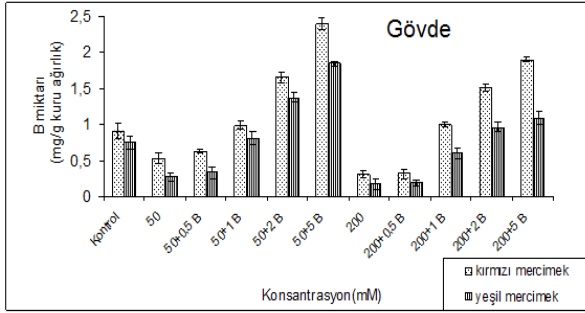
Şekil 3.3. 50 ve 200 mM tuz stresine maruz bırakılmış kırmızı ve yeşil mercimek gövdelerinde 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 konsantrasyonlarda B ilavesinin 7.gün sonunda Na miktarı üzerine etkisi.

NaCl tuzluluğunda yetiştirilen bitkilerin dokularındaki Na derişimlerinin bitki türü, dış ortamın tuz konsantrasyonu ve organlarına göre farklılar gösterdiği bilinmektedir. 100, 200 ve 400 mM NaCl etkisinde test edilen *Bruguiera barviiflor* a yapraklarının Na derişiminin kontrolüne göre sırasıyla 2.38, 2.93 ve 3.05 kat artış gösterdiği bulunmuştur [29]. NaCl etkisinde (30 ve 60 mM) yetiştirilmiş farklı domates fidelerinin yapraklarındaki Na derişimlerinde tür içi akümülyasyon farklılıklarının olduğu rapor edilmiştir [30]. Sucul makrofitlerden *H. verticillata*, *N. minor* ve *N. gramenia*'da NaCl tuzluluğunun etkileri ile yapılan bir araştırmada artan NaCl derişimiyle birlikte üç makrofitin de Na derişimlerinde artışların olduğu belirtilmiştir [31].

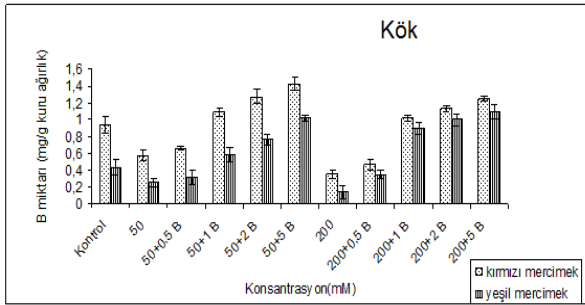
Eraslan ve arkadaşları (2007) marul bitkisine uyguladıkları tuz stresine bor ilave ettiklerinde Na miktarının azaldığını rapor etmişlerdir [32].

50 mM tuz stresine maruz kalmış kırmızı mercimek gövdelerinde bor miktarı kontrol grubuna göre %41.0 azalırken, yeşil mercimek gövdelerinde %53.0 oranında azalmıştır ($p<0.05$). 200 mM tuz stresinde ise kırmızı mercimek gövdelerinde kontrol grubuna göre % 66.2 ($p<0.05$) oranında azalırken yeşil mercimekte bu azalma %76.6'dır ($p<0.05$). Sonuçlardan da anlaşıldığı gibi tuz stresi artıkça bor alınımı gövdelerde gittikçe azalmıştır. Artan Na iyonu bitkide bor alınımını inhibe etmiştir. 50 mM tuz stresine 0.5 mM bor ilave edilmesiyle bor miktarı kırmızı mercimek gövdelerinde %18.0 ($p<0.05$), yeşil mercimekte %20.5 ($p<0.05$) oranında artmıştır. 200 mM tuz stresine ilave edilen bor ile birlikte bor miktarı her iki bitkide de artış göstermiştir (Şekil 3.5). 50 mM tuz stresine maruz kalmış kırmızı mercimek köklerindeki bor miktarı kontrol grubuna göre %39.36 azalırken, yeşil mercimek köklerinde %41.50 oranında azalmıştır. 200 mM tuz stresinde ise kırmızı mercimek köklerindeki bor miktarı kontrol grubuna göre %61.0 oranında azalırken yeşil mercimek köklerinde % 68.16 oranında azalmıştır (Şekil 3.6). Sonuçlar yeşil mercimek bitkisinin gövde ve kök kısımlarının bor alınımında tuz

stresinden kırmızıya göre daha fazla etkilendiğini göstermektedir (Şekil 3.6).



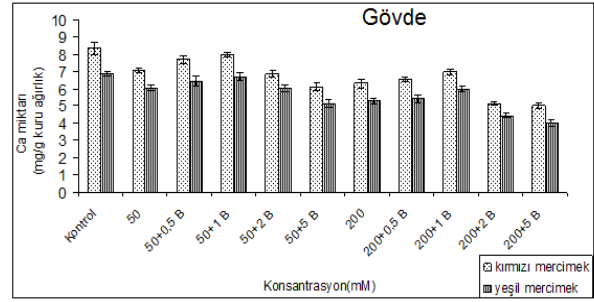
Şekil 3.5. 50 ve 200 mM tuz stresine maruz bırakılmış kırmızı ve yeşil mercimek gövdelerinde 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 konsantrasyonlarda B ilavesinin 7.gün sonunda B miktarı üzerine etkisi.



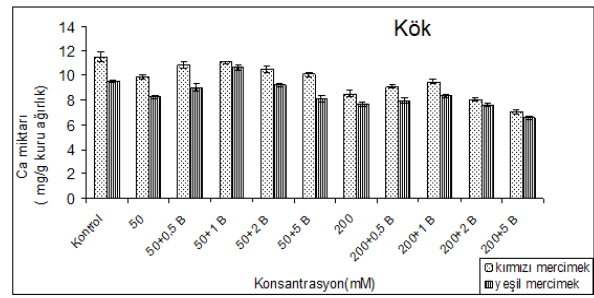
Şekil 3.6. 50 ve 200 mM tuz stresine maruz bırakılmış kırmızı ve yeşil mercimek köklerinde 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 konsantrasyonlarda B ilavesinin 7.gün sonunda B miktarı üzerine etkisi.

Eraslan ve arkadaşları (2007) marul bitkisinde bor içeriğinin NaCl ilave edildiğinde azaldığını rapor etmişlerdir [32]. Baykal ve arkadaşları (2006) farklı B konsantrasyonlarında (0, 15, 30, 45, 60, 75 mg kg⁻¹) yetiştirilen ekmeklik ve makarnalık buğday fidelerinin bor içeriğinin arttığını rapor etmişlerdir [33]. Molassiotis ve arkadaşları (2006) elma köklerinde yaptıkları çalışmada ilave etikleri farklı konsantrasyonlardaki borun, konsantrasyonu artırsa bitki bor alımını da arttırdığını rapor etmişlerdir [23].

50 mM tuz stresi uygulanmış kırmızı mercimek gövdelerinde 7.gün Ca ölçümlerinde kontrol grubuna göre %15 (p<0.05), yeşil mercimek gövdelerinde %11.50 oranında bir azalma gözlenmiştir (p<0.05) (Şekil 3.7). Kırmızı ve yeşil mercimek gövdelerine 0.5 mM bor ilave edildiğinde Ca içeriğinde stres grubuna göre sırasıyla %8.62 ve %6.61 oranında artış olduğu gözlenmiştir (p<0.05). Köklerde de gövdedekine benzer etkiler elde edilmiştir. 0.5 mM bor ilavesi ile 50 mM tuz stresinde kırmızı ve yeşil mercimek köklerinde sırasıyla %9.6 ve %8.8 oranında artışlar elde edilmiştir. (Şekil 3.8)



Şekil 3.7. 50 ve 200 mM tuz stresine maruz bırakılmış kırmızı ve yeşil mercimek gövdelerinde 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 konsantrasyonlarda B ilavesinin 7.gün sonunda Ca miktarı üzerine etkisi.



Şekil 3.8. 50 ve 200 mM tuz stresine maruz bırakılmış kırmızı ve yeşil mercimek köklerinde 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 konsantrasyonlarda B ilavesinin 7.gün sonunda Ca miktarı üzerine etkisi.

Elde edilen bulgulara göre 50 ve 200 mM tuz konsantrasyonlarında kontrol gruplarına göre hem kırmızı hem de yeşil mercimek bitkilerinde gövde-kök uzunluklarında, taze gövde-kök ağırlıklarında, K, B ve Ca içeriklerinde azalmaların olduğu tespit edildi. Fakat kırmızı mercimekteki tuz stresinden etkilenmenin yeşil mercimeğe göre daha yüksek oranda olduğu gözlemlendi. Tuz stresine karşı iyileştirici etki olarak ilave ettiğimiz bor konsantrasyonlarında 0.5 ve 1.0 mM bor miktarının gövde-kök uzunluklarında, taze gövde-kök ağırlıklarında K, Ca alımında pozitif etki gösterdiği deneyler sonucu elde edildi.

4. Sonuç

Bu çalışmanın sonucuna göre borun tuzlu ortamda iyileştirici bir etki yaptığı gözlenmiştir. Bor için en uygun düzeyin 0.5 ve 1.0 mM konsantrasyonları olduğu ve tuzlu topraklarda iyileştirici olarak verilebileceği tespit edildi. Ancak 2.0 ve 5.0 mM konsantrasyonlarının mercimek bitkisi için toksik düzeyler olduğu anlaşıldı.

Referanslar

1. Büyük, İ, Soydam, S, Aras, S, Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar, *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 2012, 69, 97-110.
2. Smirnov, N, Ascorbate, tocopherol and carotenoids: metabolism, pathway engineering and functions, antioxidants and reactive oxygen species in plants, Blackwell Publishing, Oxford, 2005, 53-86.



3. Madencilik özel ihtisas komisyonu raporu, Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara, 2001.
4. Lichtenhaler, H.K, Vegetation stress: an introduction to the stress concept in plants, *Journal of Plant Physiology*, 1996, 148, 4-14.
5. Raychaudhuri, S, The role of superoxide dismutase in combating oxidative stress in higher plants, *Botanical Review*, 2000, 66, 89-98.
6. McKersie, B.D, Leshem, Y, Stress and stress coping in cultivated plants, Kluwer Academic Publishers, 1994, 256, 0-7923-2827-2.
7. Asada, K, The water-water cycle in chloroplasts scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons. *Annual Review. Plant Physiology. Plant Molecular Biology*, 1999, 50, 601-639.
8. Carter, D.L, Problems of salinity in agriculture. *Plants in saline Environments*, 1975, 15, 25-35.
9. Blum, A, Breeding Crop Varieties for stress Environments. *CRC Critical Reviews in Plant Sciences*, 1985, 2, 199-238.
10. Serrano, R, Gaxiola, R, Microbial models and salt tolerance in plants, *Critical Review Plant Sciences*, 1994, 13, 121-138.
11. Ghasemi, F, Jakeman, A.J, Nix, H.A, Salinisation of land and water resources human causes extent management and case studies, CAB International, Wallingford, Oxon, P 526.
12. Lopez, M.V, Satti, S.M.E, Calcium and potassium –enhanced growth and yield of tomato under sodium chloride stress. *Plant Sciences*, 1996, 114, 19-27.
13. Çevik, B, Toprak Su Koruma Mühendisliği, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Adana, 1986, Yayın 108.
14. Sönmez, B, Tuzlu ve Sodyumlu Topraklar. TOKB Köy Hizmetleri Şanlı Urfa Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, 1990, 62,60.
15. Levitt, J, Responses of plants to environmental stresses, Academic Press, New York, 1980, 2,607.
16. Munns, R, Termaat, A, Whole-Plant Responses to Salinity, *Australian. Journal of Plant Physiol*, 1986, 13, 143-160.
17. Marschener, H, Mineral Nutrition of Higher Plants, Academic Press, 1995, 657-680.
18. Karanlık, S, Değişik buğday genotiplerinde tuz stresine dayanıklılık ve dayanıklılığın fizyolojik nedenlerinin araştırılması, Ç.Ü. Fen Bil. Enst, Adana, 2001.
19. Aktas, H, Biberde tuza dayanıklılığın fizyolojik karakterizasyonu ve kalıtımı, Ç.Ü Fen Bilimleri Enst, Adana, 2002, 105.
20. Hoagland, D.R, Arnon, D.I, The water-culture method for growing plants without soil. California Agricultural Experiment Station Publications, 1938, 347.
21. Hernandez, J, Jimenez, A, Mullineaux, P, Sevilla, F, tolerance of pea plants (*pisum sativum*) to long-term salt stress is associated with induction of antioxidant defences, *Plant Cell Environment*, 2000, 23, 853-862.
22. Takemura, T, Hanagata, N, Sugihara, K, Babab, S, Karube, I, Dubinsky, Z, Physiological and biochemical responses to salt stress in the mangrove, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Aquatic Botany*, 2000, 68, 15–28.
23. Molassiotis, A, Sotiropoulos, T, Tanou, G, Diamantidis, G, Therios, I, Boron induced oxidative damage and antioxidant and nucleolytic responses in shoot tips culture of the apple rootstock EM 9 (*Malus domestica* Borkh), *Environmental and Experimental Botany*, 2006, 56, 54–62.
24. Karabal, E, Antioxidant responses of tolerant and sensitive barley cultivars to boron toxicity, *Plant Science*, 2003, 164, 925-933.
25. Fageria, V.D, Nutrient interactions in crop plants, *Journal of Plant Nutrition*, 2001, 24, 1269-1290.
26. Lynch, J, Lauchli, A, Salt stress disturbs the calcium nutrition of barley (*Hordeum vulgare* L.), *New Phytologist*, 1985, 99, 345-354.
27. Yakıt, S, Tuna, A.L, The Effects of Ca, K and Mg on the stress parameters of the maize (*Zea mays* L.) Plant under Salinity stress, *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2006, 19, 59-67.
28. Nguyen, H.T.T, Shum, I.E, Effects of salt stress on ion accumulation and antioxidative enzyme activities of *Oryza sativa* L. and *Echinochloa oryzicola* Vasing, *Weed Biology and Management*, 2005, 5, 1–7.
29. Parida A.K, Das, A.B, Mohanty P, Defense potentials to NaCl in a mangrove, *Bruguiera parviflora*: differential changes of isoforms of some antioxidative enzymes, *Journal of Plant Physiology*, 2004, 161, 531–542.
30. Garcia, N.F, Martinez, V, Carvajal, M, Effect of salinity on growth, mineral composition and water relations of grafted tomato plants, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 2004, 167, 616-622.
31. Rout, N.P, Shav, B.P, Salt tolerance in aquatic macrophytes, possible involvement of the antioxidative enzymes, *Plant Science*, 2001, 160, 415-423.
32. Eraslan, F, Inal, A, Savasturk, O, Gunes, A, Changes in antioxidative system and membrane damage of lettuce in response to salinity and boron toxicity, *Scientia Horticulturae*, 2007, 114, 5-10.
33. Baykal, Ş.A, Öncel, I, changes of soluble phenolic and soluble protein amounts on the tolerance of boron toxicity in wheat seedlings, *C.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2006, 271.