

Araştırma Makalesi
(Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2020, 57 (1):137-144
DOI: [10.20289/zfdergi.526102](https://doi.org/10.20289/zfdergi.526102)

Saime SEFEROĞLU^{1a*}

Mustafa Ali KAPTAN^{1b}

¹ Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat
Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Bölümü, AYDIN

^{1a}Orcid No: 0000-0003-3550-5562

^{1b}Orcid No: 0000-0001-9532-0717

*sorumlu yazar: sseferoglu@adu.edu.tr

Anahtar Sözcükler:

Bor, arpa, buğday, dayanıklılık,
toksite

Keywords:

Boron, barley, wheat, resistance, toxicity

Farklı Bor İçeren Sulama Sularının Arpa ve Buğday Bitkisine Etkileri*

The Effects of Irrigation Waters With Different Boron Contents on Barley and Wheat Plants

*Bu makale, 1-4 Eylül 2015 tarihlerinde 4. Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresinde poster bildiri olarak sunulmuştur.

Alınış (Received): 12.02.2019

Kabul Tarihi (Accepted): 15.10.2019

ÖZ

Amaç: Bor (B) toksitesine karşı yarı dayanıklı bitki olan arpa ile buğday bitkilerinin farklı konsantrasyonlarda bor içeren sularla sulanması ile gelişme durumları ve bor toksitesine karşı dayanıklılıkları araştırılmıştır.

Materyal ve Metot: Çalışmada farklı bor konsantrasyonlarına sahip sulama suları ile Kaşifbey ekmeklik buğday çeşidi ve Barbaros (6 sıralı) arpa çeşidi kullanılmıştır. Bor konsantrasyonları, disodyum oktaborat ($\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$) kullanılarak (0 -0.5 -1.0 -2.0 -3.0 -4.0 -5.0 mg l^{-1}) şeklinde oluşturulmuş ve bitkilere eşit miktarlarda sulama suyu olarak verilmiştir. Deneme sonunda saksı toprağında bor değerleri, bitkilerde ise boy, başak sayısı, % kuru madde ve tüm bitkide bor değerleri belirlenmiştir.

Bulgular: Buğday yetiştirilen toprakların hasat sonrası bor konsantrasyonu (12.18 mg kg^{-1}) arpa yetiştirilen toprakların bor konsantrasyonundan (11.27 mg kg^{-1}) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bitkilerin boy, başak adedi, yaş ağırlık, kuru ağırlık ve % kuru madde değerleri bor konsantrasyonu arttıkça kontrole göre azalmış ve 5 mg l^{-1} dozunda en düşük seviyede belirlenmiştir. Bitkilerin bor içerikleri artan bor konsantrasyonuna paralel olarak artmış ve en yüksek bor değeri arpa ve buğday bitkilerinin her ikisinde de 5 mg l^{-1} dozunda belirlenmiştir. Ayrıca buğday bitkisinin (48.60 mg l^{-1}) arpaya (38.88 mg l^{-1}) göre daha çok B kullandığı belirlenmiştir.

Sonuç: Sulama suyundaki artan bor konsantrasyonun, arpadan negatif olarak daha fazla buğdayı etkilediği gözlemlenmiştir.

ABSTRACT

Objective: Barley and wheat plants, semi-resistant plants against boron toxicity, which were irrigated with boron-containing water in different concentrations, their growth status and resistance to boron toxicity were investigated.

Material and Methods: In this study, different boron concentrations and 'Kaşifbey' bread wheat cv. and Barbaros (6 rows) barley cv. were used. Boron concentrations (0 -0.5 -1.0 -2.0 -3.0 -4.0 -5.0 mg l^{-1}) were prepared with disodium octaborate tetrahydrate ($\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$) and applied to plants at equal amounts as irrigation water. The end of the experiment, data were taken as plant height, the number of spikes, % total soluble solids, boron values in the whole plant and pot soil.

Results: It was determined that the boron content of the wheat-grown soils was higher than the boron content of the barley-grown soils. While the boron concentrations increased, plant height, spike numbers, wet and dry weight, % total soluble solid values decreased. The lowest values were obtained by 5 mg l^{-1} dose applications. Plant boron contents increased as parallel to increasing boron concentrations in irrigation water. The highest boron levels in barley and wheat were obtained by 5 mg l^{-1} boron concentrations. In addition that, it was determined that wheat used more boron (48.60 mg l^{-1}) than that of barley (38.88 mg l^{-1}).

Conclusion: It was observed that increasing boron concentration in irrigation water was negatively affected on wheat than barley.

GİRİŞ

Serin iklim tahıllarının ülkemizdeki üretiminin yaklaşık %98'i arpa ve buğdaydır. Bu üretiminde büyük bir kısmı Orta Anadolu ve Geçit Bölgelerindedir (Anonim, 2000). Arpa dünyada tahıllar içinde üretimde buğday, mısır ve çeltikten sonra 4. sırada yer alırken, Türkiye'de ise buğdaydan sonra 2. sıradadır (Anonim, 2015). Serin iklim tahıllarından arpa ve buğday, topraktaki ve dokulardaki bor'un (B) fazlalığına karşı orta derecede duyarlılık göstermektedir (Gupta et al., 1985). Fazla B'a oldukça duyarlı olan tahıl türleri ve çeşitlerinin verimlerinde B fazlalığından dolayı da önemli düzeyde azalmalar meydana geldiğini saptanmıştır (Cartwright et al., 1986). Bor bitkiler için önemli bir bitki besin elementi olarak oldukça düşük miktarı bile yeterli iken bitki ortamında ihtiyaçtan fazla bulunması bitkilerde toksiteye yol açmaktadır. Bazı bitkiler için 0.2 mg/l gerekli iken, 1 veya 2 mg/l seviyesi toksik olabilmektedir (Kacar ve Katkat, 1998). Bor bitkiler için gerekli ancak eksikliği ile toksite değerleri birbirine çok yakın olan tek elementtir (Brown et al., 2002). Bor toksitesinin, hücre çeperinde oluşturduğu zararlar; metabolik bozukluk, bölünen ve gelişen hücrelerdeki zarar, osmotik düzenin bozulması, ürün kaybının yanı sıra, bitki ölümleri şeklinde kendini göstermektedir (Topal et al., 2002; Reid et al., 2004; Nable et al., 1997; Khan et al., 1999). Tabelin et.al. (2012) yıkama yöntemleri ile kayalardan arsenik, bor ve selenyumun giderilmesi ile ilgili yaptıkları çalışmada, arseniğin yıkanmasının pH'ya bağımlı, selenyumun yıkanmasının asit pH'ya bağımlı olduğunu, borun yıkanmasında ise pH'nın önemi olmadığını bildirmişlerdir.

Alkali topraklardaki kil minerallerinin boru adsorbe ederek yol açtığı düşük bor elverişliliği, genellikle sulama suyunda mevcut olan bor ile sağlanabilmektedir. Asit koşullar ve aşırı yağış alan bölgeler dışında borun yıkanarak topraktan uzaklaşması da yok denecek kadar azdır. Yüksek pH'ya sahip kireçli topraklar ile özellikle tuzlu ve sodik (sodali, sodyumlu, alkali) topraklarda bor toksitesi, bor noksanlığına oranla daha büyük bir olasılıktadır (Aydemir, 1997, Dhankar and Dahiya, 1980). Kaur et al. (2008) yüksek B konsantrasyonlarına dayanıklı çin lahanasının genetik mekanizmalarını inceledikleri çalışmalarında, elde ettikleri F1, F2, F3 döllerinde tolerans mekanizmalarını incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, tolerans üzerine 2 önemli genin etkili olduğunu saptamışlardır. Bor noksanlığına göre B'ca zengin olan topraklar daha az yaygın olmasına rağmen, dünyanın farklı bölgelerinde çoğu kez görülen verim düşüklüğünün başta gelen nedenleri arasında gösterilmektedir (Cartwright et al., 1986). Yüze

sularında bor konsantrasyonu jeolojik olarak yüksek miktarda bor içeren suların dışındaki hemen hemen tüm yüze sularında 0.5 mg/l'den daha azdır (Coughlin, 1998; Neal et al., 1998; Wyness et al., 2003). Susurluk havzasında bulunan Emet, Orhaneli ve Mustafa Kemalpaşa çayları sulama sularının bor içeriği açısından değerlendirilmesi amacıyla yapılan bir çalışmada bu suların bor içerikleri uzun yıllar boyunca takip edilmiştir. Sonuçta topraklarında ve bitkilerinde yüksek borla karşılaşmış ve bu borun sulama suyu olarak kullanılan Orhaneli ve Emet çaylarının bor konsantrasyonunun 28.24 ppm'e kadar çıkmasından kaynaklandığını bildirmiştir (Semiz, 2014). Topraktaki yüksek borun kaynağı, yer altı suları ve toprakta doğal olarak bulunan bor mineralleridir. Yanlış gübreleme ve sulama suyu ile de topraktaki bor miktarı arttırılmaktadır (Nable et al., 1997). Bor toksitesi ülkemizin özellikle kurak ve yarı kurak bölge topraklarında lokal olarak görülen bir mikro besin elementi problemidir (Kalaycı et al., 1998; Alkan et al., 1997; Gezgin, 2003). Pamukta yaptığı çalışmada artan bor uygulamalarının bitkinin bor içeriğini hasat dönemine kadar arttırdığını ve hasat sonrası dönemde ise azalttığını bildirmiştir (Kaptan, 2013). Yüksek oranda bor içeren jeotermal suların nehirlere deşarj edilmesinden dolayı nehir sularımızın bor konsantrasyonu oldukça artmıştır. Aydın yöresinde bulunan 19 adet jeotermal kuyunun büyük bir kısmının atık sularının Büyük Menderes nehrine boşaltılmaktadır. Aydınli üreticilerin büyük bir çoğunluğunun nehir suyunu sulama suyu olarak kullanması nedeniyle bor toksitesi bölge için önemli bir sorun haline gelmiştir (Kanber, 2007). Aydın ve Seferoğlu (1999)'da yaptıkları çalışmada Aydın ilinde bazı yeraltı ve yerüstü sularının bor içeriklerinin 0.474-8.234 mg l⁻¹ arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Araştırmanın amacı, bora karşı yarı dayanıklı olan arpa ve buğday bitkilerinin farklı konsantrasyonlarda bor içeren sularla sulanması ile gelişme durumlarını ve bor toksitesine karşı dayanıklılıklarını araştırmaktır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Deneme materyali olarak; Kaşifbey ekmeklik buğday ve Barbaros (6 sıralı) yemlik arpa çeşidi kullanılmıştır. Bor konsantrasyonlarını hazırlamak için Etibor Maden İşletmelerinden temin edilen %20.8 oranında suda çözünür B içeren 'Etidot-67' ticari isimli disodyum oktaborat (Na₂B₈O₁₃.4H₂O) kullanılmıştır. Deneme, Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümüne ait plastik serada kurulmuştur. Yetiştirme ortamı olarak 12 kg/lık

saksılar kullanılarak deneme yürütülmüştür. Saksılar 1/3 kum, 1/3 toprak, 1/3 torf içerecek şekilde hazırlanmıştır. Çizelge 1.de verilen toprak analiz sonuçlarına göre; saksı toprağının bünyesi kumlu tın, pH alkali (8.31), tuzsuz (0.241 EC mS/cm), kireçli (%3.47 CaCO₃), organik madde (%3.35) miktarı yüksek ve bor (0.55 mg l⁻¹) seviyesinin düşük olduğu görülmektedir.

Denemede kullanılan sulama suyunun bazı analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Sulama suyunun pH (7.82) hafif Alkali, EC (0.567 mS/cm) az tuzlu, geçici sertliği (14.56) oldukça sert, toplam sertlik (20.72) sert olarak belirlenmiştir. Ayrıca CO₃⁻ içermediği, HCO₃⁻ (4.21 me l⁻¹) sakıncalı, Cl⁻ (0.36 me l⁻¹) sorunsuz, bor seviyesi (0.062 mg l⁻¹) düşük, SAR değeri ise (1.01 me l⁻¹) S₁, sulama suyu sınıfı C₂S₁ olarak belirlenmiştir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri
Table 1. Some physical and chemical properties of soil used in study

% Kum	% Kil	% Silt	Bünye	pH	EC 10 ⁻³ (mS/cm)	% CaCO ₃	% O. Madde	B (mg l ⁻¹)
51.10	18.26	30.64	SL	8.31	0.241	3.47	3.35	0.55

Çizelge 2. Çalışmada kullanılan sulama suyunun bazı analiz sonuçları
Table 2. Some analysis results of irrigation water used in study

Buharlaşma Kalıntısı (mg l ⁻¹)		Erimiş Katı Maddeler (mg l ⁻¹)			pH	EC (mS/cm)	Geçici Sertlik (Alman)	Toplam Sertlik (Alman)		
760		520			7.82	0.567	14.56	20.72		
K (me l ⁻¹)	Ca (me l ⁻¹)	Na (me l ⁻¹)	Mg (me l ⁻¹)	CO ₃ ⁻² (me l ⁻¹)	HCO ₃ ⁻¹ (me l ⁻¹)	Cl ⁻¹ (me l ⁻¹)	B (mg l ⁻¹)	SAR (me l ⁻¹)	Sulama Suyu Sınıfı	
0.12	1.79	1.69	3.73	0	4.21	0.36	0.062	1.01	C ₂ S ₁	

Saksı çalışması kontrol seviyesi dahil 7 farklı doz (0-0.5-1-2-3-4-5 mg l⁻¹) ve 3 tekerrürlü olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur. Saksılara toplam olarak 20kg N/da, 8kg/da P₂O₅ ve 15 kg/da K₂O olacak şekilde gübreleme yapılmıştır. Denemede her saksıya 20 adet arpa ve buğday tohumu 25 Aralık 2014'de ekilmiştir. Arpa ve buğday bitkilerine, tohumlar çimlendikten sonra haftada 2 gün 0.5 l olacak şekilde toplam da 15'er litre su verilmiştir. 20 Nisan 2015'de iki bitkide hasat edilmiştir.

Hasat sonunda bazı morfolojik gözlemler yapılarak deneme bitkisindeki gelişme durumu kontrol edilmiştir. Çalışma bitkilerin gelişme durumları göz önüne alınarak hasat zamanında (On altı haftalık gelişme periyodu sonunda) hasat edilmiştir. Bitki örneklerinde her bir saksıdaki arpa ve buğday bitkilerinin bitki boyu (cm), başak sayısı (adet), yaş bitki ağırlığı (g), kuru bitki ağırlığı (g) belirlenmiş buradan bitkilerin kuru madde (%) değerleri hesaplanmıştır ölçümleri yapılmıştır. Bitkiler, toprak üstü aksam ve kök ayrı olacak şekilde hasat edilmiş, yıkanmış, kurutulmuş ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Bitki ve kökler kuru yakma yöntemiyle Kacar ve İnal (2008) yakılmış elde edilen ekstraktlarda P, K, Ca, Na ve bor Azomethine-H yöntemiyle

belirlenmiştir (Wolf,1971). Tüm bitkide toplam azot (%) Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

Toprak örneklerinde tekstür; hidrometre yöntemiyle (Bouycous, 1951), toprak reaksiyonu (pH) 2.5 su ekstraktında Grewelling and Peech (1960) ve kireç Scheibler kalsimetresiyle (Hızlan ve Ünal, 1966) belirlenmiştir. Organik madde Walkley-Black yöntemiyle Jackson (1962); bitkiye yarayıslı fosfor NaHCO₃ ile ekstraksiyon sonucu elde edilen süzükte fosfor molibdo fosforik mavi renk yöntemine Olsen et al. (1954) göre ve bitkiye yarayıslı bor, CH₃COONa ekstraksiyon yöntemine (Wolf, 1971) göre yapılmıştır. Sulama suyu analizleri (Tuncay, 1994) göre yapılmıştır. Elde edilen veriler, SPSS istatistik paket programı kullanılarak varyans analizine tabii tutulmuş ve ortalamaların karşılaştırılması için aynı paket program kullanılarak Duncan (p≤ 0.05) çoklu karşılaştırma testi uygulanmış ve ortalama grupları oluşturulmuştur.

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Sulama suyu ile farklı dozlarda bor uygulanan saksı topraklarının buğday hasadı sonunda bazı kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3' de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, kontrole göre toprakların pH ve EC

içeriklerinde paralel olarak artış belirlenmiş, ancak bu artışlar topraklar için belirlenen sınır değerlerini değiştirmemiştir. Toprakların P ve K içeriklerinde kontrole göre belirgin bir değişiklik olmadığı gözlenmiş ve istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur. Ca ve Na içerikleri kontrole göre önce yükselmiş daha sonra düşmüş sonra tekrar yükselmiş, ancak istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Taban et.al. (1995) buğday

bitkisinde B alınımının gelişme ortamında bulunan Ca^{+2} miktarına bağlı olarak %20'nin üzerinde azaldığını belirlemiştir. Toprakların bor içerikleri artan bor dozuna paralel olarak artmış kontrol (0.59 mg kg^{-1}), en yüksek B uygulamasında (12.18 mg kg^{-1}) olarak belirlenmiş ve istatistiki açıdan önemli bulunmuştur (Çizelge 3). Marks et al. (1999) topraktaki bor miktarının 2 mg kg^{-1} 'den fazla olmasını yüksek olarak kabul etmektedir.

Çizelge 3. Buğday hasadı sonunda analiz edilen toprakların bazı kimyasal özellikleri

Table 3. Some chemical properties of soils analyzed at the end of wheat harvest

Bor Dozları (mg l^{-1})	pH	EC (dS m^{-1})	P	K	Ca (mg kg^{-1})	Na	B
Kontrol	8.05	0.55	34	212	2153 ab	58 b	0.59 g
0.5	8.11	0.57	38	198	2270 a	47 c	1.96 f
1	8.12	0.58	36	218	1803 b	53 bc	2.54 e
2	8.20	0.59	32	218	1920 b	52 bc	3.85 d
3	8.26	0.61	35	193	1910 b	62 b	6.70 c
4	8.37	0.63	35	196	2043 ab	79 a	9.35 b
5	8.37	0.66	36	241	1677 c	65 ab	12.18 a
Ortalama	8.21	0.60	35	211	1968	59	5.31
LSD	-	-	ns	ns	321	13.60	0.39

Buğday bitkisinin bazı morfolojik özellikleri incelendiğinde artan bor konsantrasyonları % kuru madde ve başak sayısı kontrole göre azalmasına rağmen istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4). Buğday bitkilerinde 2 mg B l^{-1} uygulamasından itibaren toksite belirtileri görülmeye başlanmıştır. Ancak ilk toksite belirtileri 5 mg B l^{-1} seviyesinde görülmüştür. Kalaycı et. al. (1998) bor toksitesinin buğday bitkisinin kök kuru maddesinin sürgün yapraklarının kuru maddesinden daha fazla azalttığını bildirmektedir. Baykal (2004) farklı B konsantrasyonlarında yetiştirilen ekmeçlik ve makarnalık buğday fidelerinde oransal su içeriğinin dayanıklılıkta önemli bir değişikliğe yol açmadığını saptamıştır.

Bitki boyu ise artan bor konsantrasyonlarında kontrole göre önemli düzeyde düşmüş ve istatistiki açıdan $p < 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Baykal ve Öncel (2005) bor toksitesini altındaki bitkilerde fide boyu ve % kuru madde miktarının azaldığı, bor miktarının arttığı ve oransal su içeriğinde ise önemli bir değişikliğin olmadığını bildirmişlerdir. Bu değerlendirmeler çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Başalp et. al. (2011) B toksitesini altındaki iki buğday çeşidine ait fidelerin uygulanan B konsantrasyonunun artışına bağlı olarak fide boyu ($p < 0.01$) azalırken, bitki B miktarının ($p < 0.01$) arttığını

bildirmişlerdir. Taner et. al. (2003) yaptıkları çalışmada buğdayın bayrak yaprağı bor miktarı ile metrekarede başak sayısı ve bitki boyu arasında negatif önemli ilişkileri belirlemişlerdir. Farklı genotiplerde hem kök hem de sürgünlerde B birikiminin kısıtlanması çeşitlerin yeteneğine bağlı olduğunu bildirmektedirler (Nable, 1988; Nable et al., 1997).

Buğday bitkisinin (tüm bitki) analizi sonucunda artan bor dozlarında bitkinin N, K, Ca içeriği artmış, son $4\text{-}5 \text{ mg l}^{-1}$ dozlarında ise tekrar azalmış, ancak bu durum istatistiki açıdan önemli bulunmuştur (Çizelge 4).

Tüm bitki bor analizi sonucunda kontrolde 9.83 mg kg^{-1} olan bor 5 mg l^{-1} 'de 48.61 mg kg^{-1} 'e yükselmiştir. Kökte ise kontrolde 11.67 mg kg^{-1} iken 5 mg l^{-1} 'de 59.25 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir. Hem tüm bitkideki hem de kökteki bu artışlar istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Buradan da borun bitkinin üst kısmında değil daha çok kök bölgesinde biriktiği görülmektedir. Dell and Huang (1997) bor noksanlığında bitki kök ucunun gövdeye oranla gelişiminin azaldığını, buna bağlı olarak gövde/kök oranının arttığını ve bitkinin stres koşullarına (diğer bitki besin elementleri veya su noksanlığı gibi) hassasiyetinin önemli ölçüde arttığını belirtmektedirler. Reid et al. (2004)'a göre kök ucu bor toksitesini algılama bölgesi olduğunu ve bu bölge fazla

bora maruz kaldığında kök uzaması durduğunu, Choi et al. (2007) ise bu durumu bor fazlalığında kök ucunda şeker azalışı ve bu azalmanın hücre uzaması için gereken ozmotik basıncı değiştirerek kök uzamasını engellediğini açıklamışlardır (Nable, 1991; Paull et al., 1992; Soylu et al., 2004).

Arpa hasadı sonunda saksı topraklarının bazı kimyasal analiz sonuçları çizelge 5’de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre artan bor dozları karşısında toprakların pH ve EC değerleri kontrole göre artmış ancak halde buğday topraklarında da olduğu gibi sınır değerleri değiştirmemiştir. Toprakların pH’sı alkali, EC değeri ise tuzsuz sınıftadır. Arpa topraklarının P, K, Ca ve Na değerleri kontrole göre çok az değişiklik göstererek artmış ancak bu artışlar istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur. Oertli and Grgurevic (1975) ortam pH’sına bağlı olarak arpa bitkisinde artan pH

ile bor alınımının hızla azaldığını bildirmişlerdir. Artan dozlarda bor uygulamaları saksı topraklarının bor içeriğini 0.57 mg kg^{-1} ’den 11.27 mg kg^{-1} ’a yükseltmiş ve istatistiki açıdan bu artış önemli bulunmuştur. Bulgular, buğday saksılarının toprak analiz sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Aynı toprak aynı miktarda sulama yapıldığı halde en yüksek (5 mg l^{-1}) bor uygulama dozundaki toprak boru buğday da 12.18 mg kg^{-1} iken arpada bu değer 11.27 mg kg^{-1} olarak ölçülmüştür. Bu da arpanın buğdaya göre boru topraktan daha fazla kaldırdığını göstermektedir.

Arpanın hasat sonunda yapılan tüm bitki analiz sonuçları ve morfolojik özellikleri (Çizelge 6) incelendiğinde, artan bor uygulamaları arpanın % kuru madde ve başak sayısını kontrole göre azaltmış ve toksite etkisini göstermiştir. Ancak bu değişimler istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur. Baykal (2004) buğdayına

Çizelge 4. Buğday bitkisinin hasat sonunda bazı morfolojik ve kimyasal özellikleri
Table 4. Some morphological and chemical properties of post harvest wheat plant

Bor Dozu (mg l^{-1})	Kuru Ağırlık (g)	Kuru Madde %	Bitki Boyu (cm)	Başak Sayısı (adet)	N	P	K	Ca	Bor (Yaprak+Sap) (mg kg^{-1})	Bor (Kök)
							(%)			
Kontrol	12.77	67.49	58.6 a	11.67	1.84 c	0.20	1.88 c	1.10 c	9.83 g	1.67 e
0.5	12.25	58.88	53.4 b	9.67	1.77 d	0.22	2.55 bc	1.44 bc	12.12 f	3.86 d
1	12.10	59.45	52.1 b	10.67	2.48 ab	0.23	2.87 ab	1.56 ab	19.87 e	10.57 cb
2	11.81	58.02	52.7 b	9.00	2.69 b	0.24	3.28 a	1.63 a	23.30 d	18.99 c
3	11.58	55.78	52.3 b	10.33	2.55 ab	0.24	3.01 ab	1.68 a	31.44 c	31.18 b
4	10.51	55.00	49.8 c	8.67	2.95 a	0.27	2.72 b	1.50 ab	44.47 b	23.71 bc
5	9.85	58.73	44.0 d	9.33	2.22 ab	0.22	2.89 b	1.66 a	48.61 a	59.25 a
Ortalama	11.54	59.05	51.86	9.90	2.36	0.23	2.74	1.51	27.09	21.43
LSD	ns	ns	2.24	ns	0.64	ns	0.44	0.18	1.69	74.43

Çizelge 5. Arpa hasadı sonunda analiz edilen toprakların bazı kimyasal özellikleri
Table 5. Some chemical properties of soils analyzed at the end of barley harvest

Bor Doz (mg l^{-1})	pH	EC (dS m^{-1})	P	K	Ca	Na	B
					(mg kg^{-1})		
Kontrol	8.08	0.422	35	137	1713	60	0.57 g
0.5	8.14	0.443	34	132	1817	58	1.28 f
1	8.25	0.452	36	125	1877	68	1.65 e
2	8.29	0.468	34	134	1783	50	3.70 d
3	8.34	0.485	38	130	1573	45	5.94 c
4	8.36	0.502	37	131	1763	62	6.71 b
5	8.33	0.528	38	135	1790	56	11.27 a
Ortalama	8.26	0.47	36	132	1760	57	4.45
LSD	-	-	ns	ns	ns	ns	0.41

benzer şekilde uygulanan B konsantrasyonlarının bitkinin oransal su içeriği üzerinde önemli etkisinin olmadığını göstermiştir. Arpa bitki boyunda ise benzer şekilde toksite etkisini göstermiş ve kontrole göre bitki boyları azalmıştır. Bu değişimler istatistiki açıdan önemli $p < 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Arpa bitkisinin tüm bitki analiz sonucunda artan bor dozları kontrole göre toplam azot içeriğini arttırmış ancak bu artış istatistiki önemsiz bulunmuştur. Mahboobi et al. (2000) toksik B konsantrasyonlarında arpa genotiplerinde toplam protein miktarındaki değişimi incelemişler ve B stresinin kök ve yaprak dokularındaki protein sayısında ve miktarında artışlara ve azalmalara neden olduğunu saptamışlardır. Artan bor seviyeleri bitkinin P, K, Ca ve Na içeriğini artan dozlara paralel olarak arttırmış ve bu artışlar istatistiki açıdan $p < 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Arpa bitkisinin bor içeriği 6.88 mg kg^{-1} 'den 38.88 mg kg^{-1} 'e kadar yükselmiş ve bu artış istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Nable (1988) yaptığı su kültürü çalışmasında 5 arpa ve 6 buğday genotipinin bütün organlarındaki B miktarının ve toplam B içeriklerinin birbirinden oldukça farklı olduğunu bulmuştur. Söz konusu çalışmada bütün genotiplerin dokularındaki B miktarının artan B uygulamaları ile artış gösterdiği, buna paralel olarak da bitki büyümesinin yavaşladığı ve B toksisitesi semptomlarının arttığı gözlenmiştir. Nable et al. (1997)

değişik arpa genotiplerinin yüksek konsantrasyonda B uygulamalarına karşı tepkileri test edilmiş ve B'dan dolayı bitki büyümesinin yavaşladığını belirlemişlerdir. Arpa kökünün bor içerikleri kontrolde 10.71 mg kg^{-1} ve en yüksek B uygulamasında 54.79 mg kg^{-1} olduğu belirlenmiş ve elde edilen artış istatistiki açıdan $p < 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Benzer durum buğday bitkisinin kök analiz sonuçlarında da görülmüştür. Kök bor içeriklerinin tüm bitki bor içeriklerinden farklı olarak her iki bitkide de benzer olduğu ve yaklaşık aynı değerlerde değiştiği görülmüştür. Akçam Oluk et. al. (2006) ayçiçeği köklerinde toksik seviyede B ($24.8 \text{ mg B kg}^{-1}$) uygulamasının ksilem kol sayısının azalmasına neden olurken lateral kök oluşumunu arttırdığını bildirmiştir. Kökün bor içeriğindeki artışın buğday bitkisinde de arpa bitkisinde de daha fazla olduğunu ve borun ilerleyen dönemlerde köklerde biriktiğini göstermektedir (Çizelge 4-6).

Tahıl türlerinin ve çeşitlerinin B toksisitesinden etkilenmelerinin nedeni, tahıllardan özellikle buğday ve arpanın topraktaki ve dokularındaki B'un fazlalığına diğer bitki türleriyle karşılaştırılamayacak kadar büyük bir duyarlılık göstermesine bağlanmaktadır. Bitkilerin büyük bir bölümünde B toksite zararı 100 mg/kg B düzeyinde meydana gelirken, buğday ve arpada 50 mg/kg B düzeyinde görülebildiğini bildirmişlerdir (Gupta, 1985; Bergmann, 1992).

Çizelge 6. Arpa bitkisinin hasat sonunda bazı morfolojik ve kimyasal özellikleri
Table 6. Some morphological and chemical properties of post harvest barley plant

Bor Dozu (mg l^{-1})	Kuru Ağırlık (g)	Kuru Madde (%)	Bitki Boyu (cm)	Başak Sayısı (adet)	N	P	K	Ca	Na	Bor	Bor	
										(Yaprak+Sap)	(Kök)	
											(%)	(mg kg^{-1})
Kontrol	12.53	70.27	53.3 a	4	1.74	0.24 b	2.81 b	1.36 b	0.10 bc	6.88 g	1.71 b	
0.5	11.97	63.42	52.6 a	2	1.69	0.25 b	2.48 b	1.11 b	0.07 c	8.46 f	3.80 b	
1	11.81	67.18	44.8 b	2	1.86	0.24 b	3.56 a	1.31 b	0.08 b	11.29 e	11.81 b	
2	11.63	60.65	44.7 b	1	1.86	0.22 a	3.51 a	1.40 b	0.10 b	14.20 d	13.19 b	
3	11.14	62.45	43.0 ab	2	1.95	0.25 ab	3.75 a	1.81 a	0.12 a	22.55 c	45.89 a	
4	10.56	58.71	38.6 bc	0	2.09	0.28 a	3.60 a	1.93 a	0.13 a	34.87 b	38.76 a	
5	9.87	57.56	33.9 c	0	2.14	0.25 b	3.69 a	1.86 a	0.13 a	38.88 a	54.79 a	
Ortalama	11.35	62.89	44.41	1	1.91	0.25	3.34	1.54	0.10	19.59	24.66	
LSD	ns	ns	5.73	-	ns	0.03	0.52	0.33	0.03	1.06	21.68	

SONUÇ

Bor tarım ve çevre açısından önemli bir mikro elementtir. Bitkiler için genel olarak bor düşük dozlarda gerekli, yüksek dozlarda ise toksik etkiye sahiptir. Bu yüzden, özellikle toprakta ve sulardaki bor düzeyleri ile reaksiyonlarının bilinmesi gerekir. Bu çalışmada yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan Kaşifbey ekmeklik buğday çeşidi ile Barbaros (6 sıralı) arpa çeşidi sulu ve sera koşullarında artan bor konsantrasyonlarında yetiştirerek gelişme durumları, bora karşı dayanıklılıkları ve toksite durumları belirlenmiştir.

Deneme sonuçları incelendiğinde hem topraklarda

hem de buğday ve arpa bitki ve kök örneklerinde kontrole göre bor dozları arttıkça bor miktarları da artmıştır. Toprakların diğer özelliklerinde önemli bir değişiklik olmazken, artan bor dozları ile paralel olarak bitki kuru ağırlığı, % kuru madde ve bitki boyunda, başak sayısında kontrole göre azalma görülmüş ancak istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır. Ayrıca bor toksitesi belirtilerinin buğdayda arpayı göre daha belirgin şekilde özellikle 1-2 mg l⁻¹ dozunda da görüldüğü belirlenmiştir. Bu gözlem de arpa bitkisinin buğdaya göre bitki ve köklerinde yaklaşık olarak aynı miktarlarda bor içermesine rağmen dayanıklılığının daha fazla olduğunu sonucunu vermiştir.

KAYNAKLAR

- Akçam Oluk, E., H. Demiray ve D. Yardım. 2006. Bor fazlalığının ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.cv.Sambro No.5) bitkisinin in vitro koşullarda kök gelişimi ve anatomisi üzerine etkileri, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 43(2): 145-152.
- Alkan, A., B. Torun, A. Özdemir, G. Bozbay ve İ. Çakmak. 1997. Değişik buğday ve arpa çeşitlerinde bor toksisitesi üzerine çinkonun etkisi. I. Ulusal Çinko Kongresi, 779-782, (Eskişehir 12-16 Mayıs 1997).
- Anonim, 2000. Türkiye Cumhuriyeti Tarım Bakanlığı. Erişim adresi: www.tarim.gov.tr.
- Anonim, 2015. Food and Agriculture Organization of The United Nations (FAO). Erişim tarihi: Ocak 2015.
- Aydemir, O. 1997. Toprak Verimliliği II, Toprak- Bitki İlişkileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 192; Sayfa 115, Erzurum.
- Aydın G, Seferoğlu S (1999) Aydın Yöresinde Kullanılan Bazı Sulama Sularının Bor Konsantrasyonlarının Bitki Beslemesi ve Toprak Kirliliği Açısından İncelenmesi. Proje No: TOGTAG-1767, Aydın.
- Başalp, A., I. Öncel ve E. Koç. 2011. Bor (B) toksisitesine toleranslı ve duyarlı buğday fidelerinde bazı fizyolojik ve biyokimyasal değişimlerin belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 15-3: 135-141.
- Baykal, Ş.A. ve Öncel, I., 2006. Buğday Fidelerinin Bor Toksisitesine Toleransında Çözünür Fenolik ve Çözünür Protein Miktarındaki Değişmeler. C.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi Cilt 27:1.
- Bergmann, W. 1992. Nutritional Disorders of Plants. pp. 289-294. Gustav Fischer Verlag Jena.
- Bouyoucos, G.J. 1951. A recalibration of hydrometer for making mechanical analysis of soils. Agron J., 43: 434-437.
- Brown, PH., N. Bellaloui, M.A. Wimmer, E.S. Bassil, J. Ruiz, H. Hu, H. Pfeffer, F. Dannel and V. Römhald. 2002. Boron in plant biology, Plant Biology, 4: 205-223.
- Cartwright, B., B.A. Zarcinas and L.R. Spoucer. 1986. Boron toxicity in South Australian barley crops. Australian Journal of Agricultural Research 37: 351-359.
- Choi, E., P. Kolesik, A. McNeill, H. Collins, Q. Zhang, B. Huynh, R. Graham and J. Stangoulis. 2007. The mechanism of boron tolerance for maintenance of root growth in barley (*Hordeum vulgare* L.), Plant Cell and Environment, 30: 984-993.
- Coughlin, J.R. 1998. Source of human exposure: overview of water supplies as sources of boron. Biol. Trace Elem. Res. 66(1-3): 87-100
- Dell, B. and L. Huang. 1997. Physiological response of plants to low boron. Plant and Soil. Vol., 193(1-2): 103-120.
- Dhankar, O.P. and S.S. Dahiya. 1980. The effect of different levels of boron and soil salinity on the yield of dry matter and its mineral composition in Ber (*Zizyphus rotundifolia*). Pp.396-403. International Symposium of Salt Affected Soils. Karnal, India.
- Gezgin, 2003. Buğdayın gübrelenmesi. Konya Ticaret Borsası Dergisi, Sayfa 22-27, Yıl:6, Sayı: 4, Konya.
- Grewelling, T. and M. Peech. 1960. Chemical Soil Test. Cornell University Agricultural Expt. Sta. Bull., No 960.
- Gupta, U.C., Y.W. Jame, C.A. Campbell, A.S. Leyshon and W. Micholaichuk. 1985. Boron toxicity and deficiency. A review Ca. J. Soil Sci., 65, 381-409.
- Hızalan, E. ve H. Ünal. 1966. Topraklarda Önemli Kimyasal Analizler. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları 278, Yardımcı Ders Kitabı 97, A.Ü. Basımevi, Ankara.
- Jackson, M.L. 1962. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall. Inc., New York.
- Kacar, B. ve A. İnal. 2008. Bitki Analizleri. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Kacar, B. ve V. Katkat. 1998. Bor, Bitki Besleme, 417S 441, 595 s. Nobel Yayınevi. ISBN:9755918345.
- Kalaycı, M., A. Alkan, I. Çakmak, O. Bayramoğlu, A. Yılmaz, M. Aydın, V. Ozbek, H. Ekiz and F. Ozberisoy. 1998. Studies on differential response of wheat cultivars to boron toxicity. Euphytica 100:123-129.
- Kanber, P. 2007. Aydın li Bazı Yeraltı ve Yerüstü Su Kaynaklarının Kirlilik Durumlarının Belirlenmesi. ADÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aydın.
- Kaptan, M.A., 2013. Pamukta (*Gossypium hirsutum* L.) Bor Toksisitesi ve Humik Madde Uygulamasının Etkileri. ADÜ. Fen Bilimleri. Doktora Tezi.
- Kaur, S., Ford, R., Nicolas, M., Taylor, P.W.J. 2008. Genetics of tolerance to high concentrations of boron in Brassica rapa. Euphytica, 162: 31-38.
- Khan, N., K.J. Young and J.N. Gartrell. 1999. Research Officers, Boron toxicity in barley. Division of Plant Research, Agriculture Western Australia, Farmnote, 85.

- Mahboobi, H., M. Yücel and H.A. Öktem. 2000. Changes in total protein profiles of barley cultivars in response to toxic boron concentration. *Journal of Biological Sciences*, 23(3) 391-399.
- Marks, E.S., J. Hart and R.G. Stevens. 1999. *Soil Test Interpretation Guide*. EC 1478. Reprinted August 1999. Oregon State University Extension Service.
- Nable, R.O., J.G. Paull and B. Cartwright. 1991. *Plant and Soil*. 128: 225-232.
- Nable, R.O. 1988. Resistance to boron toxicity amongst several barley and wheat cultivars: A preliminary examination of the resistance mechanism. *Plant Soil* 112:45-52.
- Nable, R.O., S.G. Banuelous and G.J. Paull. 1997. Boron toxicity, *Plant and Soil*, 198, 181-198.
- Neal, C., K.K. Fox, M.L. Harrow and M. Neal. 1998. Boron in the major UK rivers entering the North Sea. *Sci. Total. Environ.*, 210-211:41-52.
- Olertli, J.J. and E. Grgurevic. 1975. Effect of pH on the absorption of boron by excised barley roots. *Agron. J.* 67:278.
- Olsen, S.R., C.V. Cole, E.S. Watanabe and L.A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Department of Agric. Cir. 939. Washington.
- Paull, J.G., Nable, R. O. and Rathjen, A. J. 1992. Physiological and genetic control of the tolerance of wheat to high concentrations of boron and implications for plant breeding. *Plant and Soil*. 146: 251-260.
- Reid, R.J., J.E. Hayes, A. Post, J.C.R. Stangoulis and R.D.A. Graham. 2004. Critical analysis of causes of boron toxicity in plants, *Plant Cell and Environment*, 25, 1405-1414.
- Semiz G. D., 2014. Sulama suyu açısından bor içeriğinin değerlendirilmesi: Uluabat Gölünü besleyen Orhaneli, Emet ve Mustafakemalpaşa Çayları, *JOTAE*, 11 (1), 98-105, 2014.
- Soylu, S., B. Sade, A. Topal, N. Akgün, S. Gezgin, E.E. Hakkı ve M. Babaođlu. 2005. Responses of Irrigated Durum and Bread Wheat Cultivars to Boron Application in a Low Boron Calcareous Soil. *Türk Journal of Agricultural Forestry*, 29, 275-286.
- Taban, S., C. Küttük, A. İnal ve İ. Erdal. 1995. Relationship between boron and calcium in wheat (*Triticum aestivum* L.) Soil Fertility and Fertilizer Management 9 th International Symposium of CIEC, pp 85-90. 25-30 September, 1995, Kuşadası-Turkey.
- Tabelin, C.B., Basri, A.H.M., Igarashi, T., Yoneda, T. 2012. Removal of arsenic, boron, and selenium from excavated rocks by consecutive washingwater. *Air Soil Pollution*, 223: 4153-4167.
- Taner, S., B. Sade, Y. Kaya, S. Çeri ve S. Gezgin. 2003. Bor miktarı Yüksek topraklarda Yetiştirilen Makarnalık Buğday (*Triticum durum* L.) Uygulanan Borun Verim ve Bazı Verim Ögelerine Etkisi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*. Cilt:12 Sayı: 1-2.
- Topal, A., S. Gezgin, N. Akgün, N. Dursun ve M. Babaođlu, M. 2002. Yield and yield attribute of durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) as effected by Boron application. boron in plant and animal nutrition, Edited by Goldbach et al., Kluwer Academic/Plenum Publishers. New York.
- Tuncay, H., 1994. Su Kalitesi ders notları. E.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No 512. Bornova -İzmir.
- Wolf, B., 1971. The Determination of Boron in Soil Extracts, Plant Materials, Composts, Manures, Water and Nutrient Solutions. *Soil Sci. and Plant Analysis* 2, 363-374.
- Wyness, A.J., R.H. Parkman and C. Neal. 2003. A summary of boron surface water quality data Throughout The European Union. *Sci. Total. Environ.*, 314-316:255-269.