

Karabuğday bitkisinde bor alınımı ve toksitesi üzerine potasyum uygulamalarının etkisi

Damla YAZICI¹, Kürşat KORKMAZ¹

¹Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ordu

Alınış tarihi: 20 Nisan 2020, Kabul tarihi: 5 Haziran 2020

Sorumlu yazar: Kürşat KORKMAZ, e-posta: korkmaz60@gmail.com

Öz

Bu çalışmada, karabuğday bitkisinde bor alınımı ve toksitesi üzerine potasyum uygulamalarının etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, karabuğday bitkisine 6 farklı bor (B) (0, 2.5, 5, 10, 20 ve 40 mg B kg⁻¹) ve potasyum (K) (0, 25, 50, 100, 200 ve 400 mg K kg⁻¹) uygulanarak, tesadüf parsellerinde faktöriyel dağılım deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak sera denemesi yürütülmüştür. Araştırmada; kuru madde, bitkilerde kaldırılan B ve K miktarları ve bunların bitki dokularındaki konsantrasyonları belirlenmiştir. Bor ve K uygulamalarının kuru madde, kaldırılan B ve K miktarı ve bunların bitki dokularındaki konsantrasyonları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Karabuğday'da en yüksek kuru madde (23.51 g saksı⁻¹) bor uygulaması yapılmayan kontrol dozunda elde edilirken, en düşük kuru madde (14.87 g saksı⁻¹) 40 mg B kg⁻¹ dozunda elde edilmiştir. Karabuğdaya uygulanan 40 mg kg⁻¹ bor dozunda %37'lik önemli bir kuru madde azalışına yol açmıştır. Potasyum uygulamasında en yüksek kuru madde (22.74 g saksı⁻¹) 100 mg K kg⁻¹ dozunda elde edilirken, en düşük kuru madde (15.99 g saksı⁻¹) potasyum uygulaması yapılmayan kontrol dozunda elde edilmiştir. Bor ve potasyum arasındaki ilişki incelendiğinde, potasyum uygulanmayan koşullarda bitkilerde bor, 82.81 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Bitkilerde bor konsantrasyonu 50 mg K kg⁻¹ dozuna kadar artarken (90.94 mg kg⁻¹), 400 mg K kg⁻¹ dozunda bitki dokularında bor konsantrasyonu (66.90 mg kg⁻¹) önemli bir şekilde azalmıştır. Bitkilerde B konsantrasyonuna benzer şekilde kaldırılan B miktarı da 50 mg K kg⁻¹ uygulamasına kadar (1.79 g saksı⁻¹) artmış ve 400 mg K kg⁻¹

dozunda (1.31 g saksı⁻¹) azaltmıştır. Sonuç olarak, karabuğday bitkisinin gelişimi üzerine B ve K uygulamalarının düşük dozlarda olumlu etkileri olduğu gözlenmiştir. Artan dozlarda bor uygulamalarının karabuğday gelişimini olumsuz etkilediği ve yüksek potasyum uygulamalarının bor toksitesinin giderilmesinde olumlu etkileri olduğu söylenebilir.

Anahtar kelimeler: Bor gübrelemesi, potasyum gübrelemesi, bor toksisitesi.

The effect of potassium applications on toxicity and uptake of boron in buckwheat

Abstract

In this study, it was aimed to determine the effect of potassium applications on toxicity and uptake of boron in buckwheat. For this purpose, 6 different boron (B) (0, 2.5, 5, 10, 20 and 40 mg kg⁻¹) and potassium (K) (0, 25, 50, 100, 200 and 400 mg kg⁻¹), 3 replicated as greenhouse experiments were conducted according to the factorial distribution experiment design in random plots. In the study; dry matter, B and K uptake in plants and their concentrations in plant tissues were determined. The effect of B and K applications on dry matter, the amount of B and K uptake and their concentrations in plant tissues were found to be statistically significant. The highest dry matter in buckwheat was obtained in non-boron control dose (23.51 g pot⁻¹), while the lowest dry matter (14.87 g pot⁻¹) was obtained in 40 mg B kg⁻¹ dose. Boron in buckwheat caused a 37% significant decrease at the dose of 40 mg kg⁻¹ in dry matter. In terms of potassium

applications, the highest dry matter (22.74 g pot⁻¹) was obtained at 100 mg K kg⁻¹ dose, while the lowest dry matter (15.99 g pot⁻¹) was obtained at control dose without potassium. When the relationship between boron and potassium was examined, boron in plants was determined as 82.81 mg kg⁻¹ without potassium. While the boron concentration increased (90.94 mg kg⁻¹) up to 50 mg K kg⁻¹ dose, 400 mg K kg⁻¹ dose significantly reduced (66.90 mg kg⁻¹) boron concentration in plant tissues. Similar to B concentration in plants, the B uptake was increased (1.79 g pot⁻¹) up to 50 mg K kg⁻¹ application and reduced at a dose of 400 mg K kg⁻¹ (1.31 g pot⁻¹). As a result, it is observed that low doses of B and K applications have positive effects on the growth of buckwheat. It can be said that increasing doses of boron applications adversely affect the growth of buckwheat and high potassium applications have positive effects on elimination of boron toxicity.

Keywords: Boron fertilization, potassium fertilization, boron toxicity.

Giriş

Günümüzde tüm dünya ülkelerinin önemle üzerinde durduğu konuların başında yetersiz ve dengesiz beslenme gelmektedir. Artan nüfusun dünyanın besin kaynaklarına yaptığı baskı nedeniyle besin maddesine olan ihtiyaç her geçen gün artarak devam etmektedir ve artan bu ihtiyacın karşılanması zorunludur. Tahıllar tüm dünyada özellikle de gelişmekte olan ülkelerde temel besin kaynağıdır. Ancak son yıllarda meydana gelen çevresel bozulmaların etkisiyle ortaya çıkan iklim değişiklikleri ve bunun yanı sıra yanlış tarımsal uygulamalar sebebiyle ortaya çıkan verim kayıpları dikkate alındığında dünya tahıl üretim alanları ve üretim miktarının da giderek azaldığı görülmektedir. Bu nedenle dünyada giderek artan gıda yetersizliği ve beslenme sorunları insanoğlunun tahıllara alternatif olabilecek farklı ürünler üzerinde yoğunlaşmasına neden olmaktadır. Tahıllara alternatif olabilecek bitkiler arasında çok yönlü kullanım alanına sahip olması ve hızlı gelişme özelliğinden dolayı karabuğday öncelikli olarak araştırılması gereken bitkilerdendir (Min ve ark., 2004; Inamullah ve ark., 2012, Kara ve ark., 2016).

Karabuğday (*Fagopyrum esculentum Moench*); tek yıllık otsu bir bitki olup, *polygonaceae* familyasına aittir (Kara ve Telli, 2016). Karabuğday'ı tahıllardan ayıran temel farklılık; tek çenekli (monokotiledon) olmayıp, çift çenekli (dikotiledon) bir bitki olmasıdır

(Dizlek ve ark., 2009). *Fagopyrum* cinsinin dünyada yaklaşık olarak 15 türü yayılış göstermekte, bunlardan sadece yaygın olan karabuğday (*Fagopyrum esculentum Moench*) ve tatar karabuğdayının (*Fagopyrum tataricum L. Gaertn.*) kültürü yapılmaktadır (Ohnishi, 1994). Dünyada karabuğday üretimi 2010 yılında yaklaşık 1.4 milyon ton iken 2017 yılına gelindiğinde 3.8 milyon tona yükselirken dekara ortalama verimi ise yaklaşık 100 kg'dır (Anonim, 2017). Bitkilerde verimin ve kalitenin artırılması için, toprakta noksan olan besin elementlerinin gübreleme yoluyla karşılanması gerekmektedir. Gübreleme bitkilerde verim düşüklüğünün önemli sebeplerinden birisidir. Günümüzde Türkiye'de bitkisel üretim içerisinde kullanılan gübrelerin büyük bir çoğunluğunu sadece N, P ve K'lı gübreler oluşturmaktadır. Doğru ve dengeli bir gübrelemenin bitkisel üretimdeki verim artışına etkisi ise %50-75 arasında olup bazı toprak koşullarında ve ürünlerde bu oran daha da yükselebilmektedir (Şahin, 2016). Üreticiler gübreleme konusunda yeterli bilgi ve beceriye sahip değildir. Topraklarda ve bitkilerde makro elementler ile birlikte zorunlu bulunması gereken mikro elementlere olan ilgi son yıllarda daha da dikkat edilmesi gereken bir konu haline gelerek giderek önem kazanmaktadır. Bu husus mikro element uygulamalarının yapılmaması veya uygulandığı zaman ise yanlış zaman ve miktarda uygulamalar nedeniyle ciddi verim kayıplarına yol açmasından kaynaklanmaktadır (Kılıç ve Korkmaz, 2012). Mikro besin elementlerinin noksanlığının yanı sıra fazlalığı da üretimin, verimin ve kalitenin azalmasına neden olmaktadır (Taban ve Erdal, 2000). Mikro besin elementi bozuklukları arasında bor toksitesi ve noksanlığı ise bitkisel üretimi sınırlandıran faktörlerin başında gelmektedir. Türkiye'de özellikle Batı Anadolu Bölgesi'nin dünyadaki B rezervlerinin %61'ine sahip olduğu ve bölgede B toksitesinin su kaynaklarını ve tarım alanlarını etkileyen önemli bir problem olduğu bilinmektedir (Nebiler ve ark., 1999; Özkurt, 2000).

Türkiye topraklarının B yarıyışlılığı, yüksek pH (%85.5) ve kireç (%56.4), ağır bünyeli (killi-tın-kil) toprak tekstürü (%61.9) ve düşük organik madde içeriği (%94) sebebiyle oldukça düşüktür ve yüksek verim ve kaliteye sahip bir bitkisel üretim modeli için B uygulanması ülkemiz için kaçınılmaz gözükmektedir (Barut ve ark., 2018). Bitkilerin ihtiyaç duydukları B miktarı oldukça azdır ancak yeterlilik ve toksite sınırı arası oldukça dar olması

nedeniyle ciddi beslenme problemleri ortaya çıkmaktadır. Normal beslenen bitkiler 20-100 mg kg⁻¹ arasında B içerirler ve bitki kuru maddesinde 20 mg kg⁻¹ B kritik düzey olarak belirtilmiştir (Barut ve ark., 2018). Borun bitkiler için yararlı hale gelmesini etkileyen bazı faktörler vardır. Bunlar; toprağın organik madde içeriği, pH, Ca ve K içeriği, kil tipi ve miktarı ile ıslanma ve kuruma gibi faktörlerdir (Yalın ve ark., 2019). Bu koşullardan farklı olarak aşırı yağış alan asit topraklarda B borik asit B(OH)₃ olarak yıkanarak ortamda uzaklaşma eğilimindedir. Toprakların kil ve kireç kapsamı yüksek olduğunda da anyon adsorpsiyonu nedeniyle topraklarda bor yarayışlılığı azalmaktadır (Özkutlu ve ark., 2017a).

Bor bitki bünyesinde de önemli roller üstlenmektedir. Bitkilerde fenolik bileşiklerin ve nükleik asit sentezinde, karbohidrat ve protein metabolizmasında, şekerlerin taşınmasında, hücre duvarı sentezinde ve yapısında, ligninleşmede, oksin metabolizmasında, polen çimlenmesinde ve polen tüpünün gelişiminde önemli işlevler üstlenmektedir (Zafar-ul-Hy ve ark., 2016). Bitki bünyesinde B'un hareketliliği immobil olarak ifade edilmektedir ve sınırlıdır. Bitkilerin B'u pasif absorpsiyon yolu ile B(OH)₃ şeklinde aldıkları bilinmesine rağmen, biraz da olsa aktif absorpsiyon yolu ile B(OH)₄ şeklinde de alınır. Borun bitkide yukarı doğru taşınmasında ksilem yoluyla taşınım etkindir bu nedenle bitkinin su alınımı ve transpirasyon bor taşınımında son derece önemlidir. Borun topraklarda mevcut olan yarayışlılığının düşüklüğü ve bitki bünyesine alım ve taşınım sorunlarından dolayı borun yarayışlılığını ve alınımını olumlu yönde etkileyecek stratejiler üzerinde durulması gereklidir. Bu kapsamda bitki türleri arasındaki farklılıkların dikkate alınması, borlu gübre uygulamaları, toprak düzenleyicilerin kullanılması gibi birçok farklı strateji olmasına karşın bor ve diğer elementler arasındaki ilişkilerin ortaya koyulması pratikte çok daha fazla yarar sağlayacaktır. Bitkilerde B alımı ve taşınımı üzerine topraklarda bulunan diğer besin elementlerinin etkilerinin araştırılması önemli bir konudur. Özellikle borun ksilem ile taşınması ve taşınımın transpirasyona bağlı olması nedeniyle bitkilerde osmotik dengenin sağlanmasında etkili olan potasyum ile arasındaki ilişkinin bor yarayışlılığı açısından önemli olabileceğini düşündürmektedir. Borun topraklara uygulanması bitkilerde potasyum içeriğini yükseltirken benzer şekilde de bor ve potasyum arasında karşılıklı sinerjik ilişki olduğu bilinmektedir (Zafar-ul-Hy ve ark., 2016). Potasyum

bitkiler tarafından iyon (K⁺) şeklinde alınmaktadır ve bitkilerde 200 den fazla enzimin yapısında yer almasının yanı sıra bitkilerde su dengesi ve fotosentez ürünlerinin taşınmasında oldukça etkilidir. Konuyla ilgili literatürler incelendiğinde bor toksite ya da noksanlık sınırları ile ilgili olarak karabuğday bitkisinde yürütülmüş bir araştırmaya rastlanamamıştır. Ayrıca potasyum uygulamalarının bitkilerde stres koşullarına olan olumlu etkileri de düşünüldüğünde bor alınımı üzerine yapacağı etkilerin belirlenmesi yararlı olacaktır. Bu nedenle yürütülen bu çalışmada karabuğday bitkisinde bor alınımı ve toksitesi üzerine potasyum uygulamalarının etkisinin belirlenmesinin yanı sıra karabuğday bitkisinin gelişimi üzerine bor ve potasyum uygulamalarının etkilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Ordu Üniversitesi araştırma uygulama arazisinden yüzeyden 0-30 cm derinlikten alınan düşük bor ve potasyum içeriğine sahip toprak deneme materyali olarak kullanılmıştır. Araştırmada kullanılacak toprak örneği temiz bir zemin üzerinde gölgede bir hafta süre ile hava kuru hale gelinceye kadar bekletilmiştir. Toprak örneğindeki iri taşlar ve bitkisel atıklar elle ortamdaki uzaklaştırılmıştır ve kesekler tahta tokmaklar ile yapısı bozulmayacak şekilde parçalanarak 4 mm'lik elekten geçirilen toprak deneme için hazır hale getirilmiştir. Toprak özelliklerine ait veriler Çizelge 1'de verilmiştir.

Konu ile ilgili deneme, Ordu Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü araştırma serasında her saksıya 3 kg toprak gelecek şekilde kurulmuştur. Deneme Aktaş Karabuğday çeşidinde, 6 farklı dozda Bor (0, 2.5, 5, 10, 20, 40 mg B kg⁻¹) ve Potasyum (0, 25, 50, 100, 200, 400 mg K kg⁻¹) uygulanarak tesadüf parsellerinde faktöriyel dağılım deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Bor kaynağı olarak borik asit (H₃BO₃) ve potasyum kaynağı olarak K₂SO₄ kullanılmıştır. Ayrıca tüm saksılara temel gübreleme olarak çözelti halinde ekimle birlikte 100 mg kg⁻¹ olacak şekilde N (NH₄ NO₃) ve 100 mg kg⁻¹ P (CaHPO₄·2H₂O) verilmiş ve toprakla iyice karıştırılmıştır. Yürütülen saksı denemesinde 8 adet tohum ekilmiş ve çıkış sağlandıktan sonra 3 bitki kalacak şekilde bitkiler seyreltilmiştir. Ekimi takiben saksılar saf su ile sulanmış ve 8 hafta sonunda bitkiler, bor ve potasyuma bağlı olarak gelişim farklılıklarının meydana geldiği dönemde hasat edilmiştir. Hasat işlemi gerçekleştirildikten sonra

bitki örnekleri saf su ile yıkanarak 65 °C de sabit ağırlığa gelinceye kadar etüvde kurumaya bırakılmıştır (Kaçar ve İnal, 2008). Bitki örneklerinde kuru madde verimleri belirlendikten sonra agat değirmeninde öğütülmüştür. Öğütülen bitki örneklerinden 0.200 g tartılarak yüksek sıcaklığa dayanıklı porselen krozelere konmuştur.

Kuru yakma yöntemine göre kül fırınında 500 °C' de 6 saat süreyle yanan numunelerden elde edilen küle 2 ml 1/3 HCl ilave edilip saf su ile 20 ml' ye tamamlandıktan sonra mavi-bant filtre kağıdı ile süzülerek örneklerin analize hazırlama işlemi tamamlanmıştır (Kaçar ve İnal 2008).

Çizelge 1. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Tekstür	pH	EC	O.M	CaCO ₃	N	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn	B
		dS m ⁻¹	-----%					-----mg kg ⁻¹ -----				
Kumlu Tın	7.8	0.176	0.27	5.26	0.014	7.1	64.7	15.2	1.6	5.6	2.6	0.2

Bitki örneklerinde potasyum miktarı Flamme Fotometrede (Kaçar ve İnal, 2008), bor analizi ise azometin-H çözeltisi ile oluşturduğu sarı renk kompleksi yoğunluğunun 420 nanometre dalga boyuna ayarlanmış spektrofotometrede belirlenmiştir (Wolf, 1971; Wolf, 1974). Karabuğday tarafından kaldırılan bor ve potasyum; bitkilerin kuru madde miktarı ile dokularda bulunan besin elementinin konsantrasyonu göre (g saksı⁻¹) hesaplanmıştır. Araştırmada elde edilen veriler SAS v. 9.0 istatistik programında varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamaların karşılaştırılmasında LSD (Least Significant Differences) metodu kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Karabuğdayda Gövde Kuru Madde Miktarı

Araştırmada kullanılan karabuğday bitkisinin 6 farklı dozda bor (0, 2.5, 5, 10, 20 ve 40 mg B kg⁻¹) ve potasyum (0, 25, 50, 100, 200 ve 400 mg K kg⁻¹) uygulamaları altında ortalama kuru madde miktarları Çizelge 2'de verilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre bor, potasyum ve bor ile potasyum interaksiyonu uygulamalarının karabuğdayda kuru madde miktarı üzerine etkisi önemli (P<0.001) bulunmuştur.

Çizelge 2. Karabuğday Bitkisinin Kuru Madde Miktarı (g saksı⁻¹)

	0	2.5	5	10	20	40	Ortalama
0	17.70 k-m	18.05 j-m	17.12 k-m	17.08 lm	15.96 mn	10.04 p	15.99 C
25	24.63 ab	24.33 a-c	23.54 a-e	23.46 a-e	21.00 e-i	11.00 op	21.33 B
50	25.21 a	25.40 a	25.06 a	23.87 a-d	18.91 h-l	13.50 no	21.99AB
100	24.14 a-c	23.69 a-d	23.25 a-e	23.87 a-d	21.82 c-g	19.67 g-k	22.74 A
200	25.26 a	24.89 a	23.02 a-f	22.08 b-g	21.36 d-h	18.65 i-l	22.54 A
400	24.14 a-c	24.36 a-c	24.60 ab	23.53 a-e	20.44 f-j	16.34 lm	22.23 AB
Ortalama	23.51 A	23.45 A	22.76 AB	22.31 B	19.92 C	14.87 D	
LSD K	***	1.05					
LSD B	***	1.05					
LSD BxK	***	2.58					

*** istatistiksel olarak P<0.001 düzeyinde önemlidir.

Karabuğdayda bor uygulamalarının bitki kuru madde miktarı üzerine etkileri değerlendirildiğinde en yüksek kuru madde 23.51 g saksı⁻¹ ile bor uygulaması yapılmayan kontrol dozunda ve en düşük kuru madde ise 40 mg B kg⁻¹ dozunda 14.87 g saksı⁻¹ ile elde edilmiştir (Çizelge 2). Karabuğday bitkisinde kuru madde miktarları bu iki değer arasında dağılım göstermiştir. Özellikle

karabuğdayda meydana gelen kuru madde azalışının yüksek bor uygulamasından kaynaklı toksiteye bağlı olarak ortaya çıktığı görülmektedir. Bitki kuru ağırlıkları incelendiğinde 10 mg kg⁻¹ bor dozuna kadar kuru madde bakımından uygulamalar arasında bir farklılık olmadığı gözlenirken artan dozlarda bor ciddi kuru madde azalışlarına yol açmıştır. Karabuğdaya uygulanan bor 20 mg kg⁻¹

dozunda %10 ve 40 mg kg⁻¹ dozunda ise %37'lik önemli bir kuru madde azalışına yol açmıştır. Konuyla ilgili yapılan benzer çalışmalarda karabuğday ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamasına rağmen buğday (Arı Baykal ve Öncel, 2006), ayçiçeği (Bektaş ve Çelik, 2016), çilek (Ozkutlu ve ark., 2017b), fasulye (Cömert ve Kale Çelik, 2017), mısır (Çelik ve ark., 2017) gibi farklı bitkilerde uygulanan bor dozundaki artışa bağlı olarak kuru madde konsantrasyonunda önemli düşüşler olduğu belirtilmiştir.

Karabuğdayda potasyum uygulamalarının bitki kuru madde miktarı üzerine etkileri değerlendirildiğinde en yüksek kuru madde 22.74 g saksı⁻¹ 100 mg K kg⁻¹ dozunda ve en düşük kuru madde ise potasyum uygulaması yapılmayan kontrol dozunda 15.99 g saksı⁻¹ ile elde edilmiştir (Çizelge 2). Karabuğday bitkisinde kuru madde miktarları bu iki değer arasında dağılım göstermiştir. Karabuğdayda potasyum dozları arasında kontrole göre 100 ve 200 mg K kg⁻¹ dozlarında önemli bir artış sağlanmıştır. Potasyum uygulamasının daha da artırılması ise bitkilerde kuru madde üzerine etki etmezken 100 mg kg⁻¹ K dozunda elde edilen kuru maddeye göre bir miktar azalışa yol açmıştır (Çizelge 2). Konuyla ilgili yapılan benzer çalışmalarda karabuğday ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamasına rağmen üzüm (Aydın ve ark., 2005), domates (Tuna ve ark., 2016), biber (Kılıç, 2010), ayçiçeği (Bektaş ve Çelik, 2016), mercimek (Tepe ve Aydemir, 2017), soya fasulyesi (Gowthami ve ark., 2018) gibi farklı bitkilerde uygulanan potasyum dozundaki artışa bağlı olarak bitkilerde kuru madde konsantrasyonunda önemli artışlar olduğunu belirtmişlerdir.

Araştırma sonuçları incelendiğinde (Çizelge 2), bor ve potasyum interaksiyonu arasında istatistiksel olarak P<0.001 düzeyinde fark görülmüştür. Çizelge 2 incelendiğinde karabuğday bitkisindeki bor ve potasyum interaksiyonunun kuru madde miktarları 10.04 g saksı⁻¹ ile 25.40 g saksı⁻¹ arasında değiştiği görülmektedir. Araştırma sonuçlarına göre; en yüksek kuru madde 25.40 g saksı⁻¹ ile 2.5 mg B kg⁻¹ ile 50 mg K kg⁻¹ interaksiyonundan elde edilirken en düşük kuru madde 10.04 g saksı⁻¹ ile 40 mg kg⁻¹ dozunda uygulanan bor ile potasyum uygulaması yapılmayan kontrol dozu interaksiyonunda belirlenmiştir. Araştırma sonuçları değerlendirildiğinde, bor ve potasyumun birlikte uygulanması bitki kuru ağırlığında düşük dozlarda olumlu etki gösterirken artan dozlarda bor uygulamalarının karabuğdayda olumsuz etkileri

olduğu ancak kontrol ile karşılaştırıldığında potasyum uygulamalarının bu olumsuz etkileri hafifletebileceği gözlenmiştir (Çizelge 2). Sonuçlar irdelendiğinde, en yüksek doz olan 40 mg kg⁻¹ B uygulaması ele alındığında kontrol koşullarında 17.70 g saksı⁻¹ kuru madde elde edilirken 40 mg kg⁻¹ B dozunda önemli bir düşüş meydana gelerek kuru madde miktarı 10.04 g saksı⁻¹ olarak belirlenmiştir yine aynı yüksek bor dozuna 100 mg kg⁻¹ K ilave edilmesi ile kuru madde miktarı 19.67 g saksı⁻¹ olarak belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre özellikle K ilave edilmesinin yüksek bor koşullarında kuru madde kayıplarını azaltacağı sonucuna varılmıştır. Konuyla ilgili yapılan benzer çalışmalarda karabuğday ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamasına rağmen mısırdaki 2.5 ve 5 mg kg⁻¹ bor uygulamaları en yüksek kuru madde verimini üretirken artan dozlarda bor uygulamalarının kuru madde miktarında azalmalara neden olduğu bildirilmiştir (Çelik ve ark., 2017). Mısır bitkisine uygulanan potasyum dozundaki artışa bağlı olarak bitkilerde kuru madde konsantrasyonunda önemli artışlar olduğunu belirtmişlerdir (Demirel ve ark., 2014). Konuyla ilgili olarak, Bektaş ve Çelik, (2016) ayçiçeğinde yaptıkları çalışmada artan dozlarda bor uygulamalarının bitkilerde kuru madde miktarını önemli ölçüde düşürürken aynı zaman da potasyum alınımını da olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir.

Karabuğdayda Bor Konsantrasyonu

Araştırmada kullanılan karabuğday bitkisinin 6 farklı dozda bor (0, 2.5, 5, 10, 20 ve 40 mg B kg⁻¹) ve potasyum (0, 25, 50, 100, 200 ve 400 mg K kg⁻¹) uygulamaları altında ortalama bor konsantrasyonları Çizelge 3'de verilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre bor, potasyum ve bor ile potasyum interaksiyonu uygulamalarının karabuğdayda bor miktarı üzerine etkisi önemli (P<0.001) bulunmuştur.

Karabuğdayda bor uygulamalarının bitkide bor miktarı üzerine etkileri değerlendirildiğinde en yüksek bor miktarı 164.92 mg kg⁻¹ ile 40 mg B kg⁻¹ dozunda ve en düşük bor miktarı ise bor kontrol dozunda 32.24 mg kg⁻¹ ile elde edilmiştir (Çizelge 3).

Karabuğday bitkisinde bor miktarları bu iki değer arasında dağılım göstermiştir. Yapılan istatistik analizlerine göre bor uygulamalarının bitki bor miktarı üzerine etkisinin önemli (P<0.001) olduğu tespit edilmiştir. Yapılan uygulamalara göre bitkide bor miktarları sırasıyla 32.24, 42.29, 49.98, 66.19, 107.68 ve 164.92 mg kg⁻¹ olacak şekilde artan bor dozlarına göre değişiklik göstermiştir.

Çizelge 3. Karabuğdayda Bor Konsantrasyonu (mg kg⁻¹)

	0	2.5	5	10	20	40	Ortalama
0	23.05 o	54.73 k-m	60.36 j-l	90.54 g-i	129.22 c-e	138.98 c-d	82.81 A
25	47.74 l-n	38.27 l-o	54.05 k-m	80.66 h-j	120.48 e-g	169.38 a-b	83.76 A
50	48.56 l-n	51.44 k-m	55.97 k-m	88.34 g-i	122.91 d-f	178.43 a	90.94 A
100	31.10 m-o	40.60 l-o	52.95 k-m	40.88 l-o	105.62 e-g	152.01 b-c	70.69 B
200	23.05 o	49.38 k-n	49.79 k-n	48.97 l-n	73.25 i-k	164.68 a-b	68.19 B
400	18.93 o	19.34 o	26.75 n-o	47.74 l-n	102.61 f-h	186.03 a	66.90 B
Ortalama	32.24 E	42.29 D	49.98 D	66.19 C	107.68B	164.92 A	
LSD K	***	9.91					
LSD B	***	9.91					
LSD KxB	***	237					

*** istatistiksel olarak P<0.001 düzeyinde önemlidir.

Konuyla ilgili yapılan benzer çalışmalarda karabuğday ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamasına rağmen buğday (Taban ve Erdal, 2000, Baykal ve Öncel, 2006; Hamurcu ve ark., 2008), ve mısır (Hamurcu ve ark., 2016) bitkilerinde uygulanan bor dozundaki artışa bağlı olarak bitkilerde bor konsantrasyonunda önemli artışlar olduğu belirtilmiştir.

Karabuğdayda potasyum uygulamalarının bitkide bor miktarı üzerine etkileri değerlendirildiğinde en yüksek bor miktarı 90.94 mg kg⁻¹ 50 mg K kg⁻¹ dozunda ve en düşük bor miktarı ise 400 mg K kg⁻¹ dozunda 66.90 mg kg⁻¹ ile elde edilmiştir (Çizelge 3). Karabuğday bitkisinde bor miktarları bu iki değer arasında dağılım göstermiştir. Karabuğdayda artan dozda potasyum uygulamalarının bitki bor miktarı üzerine önemli etkisi olduğu tespit edilmiştir. Araştırma sonuçları incelendiğinde potasyum uygulaması yapılmayan kontrol koşullarında bitkilerde bor konsantrasyonunun 82.81 mg kg⁻¹ olduğu belirlenirken, potasyum uygulamalarının bitkilerde bor konsantrasyonunu 50 mg K kg⁻¹ uygulamasına kadar artırırken (90.94 mg kg⁻¹) potasyum dozunun daha da artması ile bitki dokularında bor konsantrasyonunun (66.90 mg kg⁻¹) önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir.

Araştırma sonuçları incelendiğinde (Çizelge 3), bor ve potasyum interaksiyonu arasında istatistiksel olarak (P<0.001) önemli bir fark olduğu saptanmıştır. Karabuğday bitkisindeki bor ve potasyum interaksiyonunun bor konsantrasyonunun 18.93 mg kg⁻¹ ile 186.03 mg kg⁻¹ arasında değiştiği görülmektedir. Araştırma sonuçlarına göre; en yüksek bitki bor konsantrasyonu 186.03 mg kg⁻¹ ile

40 mg B kg⁻¹ ile 400 mg K kg⁻¹ ve 178.43 mg kg⁻¹ ile 40 mg B kg⁻¹ ile 50 mg K kg⁻¹ interaksiyonlarından elde edilirken, en düşük bor konsantrasyonu 18.93 mg kg⁻¹ ile 400 mg K kg⁻¹ uygulanan bor uygulaması yapılmayan kontrol dozunda belirlenmiştir (Çizelge 3). Potasyum ve bor uygulanmayan koşullarda bitki dokularında 23.05 mg kg⁻¹ bor olduğu saptanırken artan potasyum uygulamaları bor konsantrasyonunu kontrole göre önemli ölçüde artırarak 50 mg kg⁻¹ dozunda 48.56 mg kg⁻¹e kadar yükseltmiştir. Potasyumun 100 ve 200 mg kg⁻¹ uygulamaları da kontrole göre bor konsantrasyonunu artırır da artan potasyum 400 mg kg⁻¹ dozunda kontrole göre azaltarak 18.93 mg kg⁻¹e düşürmüştür. Potasyum ve bor arasındaki ilişkinin belirlenebilmesi açısından kuru madde ve bitki dokularında ki B konsantrasyonlarının birlikte değerlendirilmesi oldukça yararlı olacaktır ve bu sonuçlara göre özellikle bor toksitesi olan alanlarda bitkilere potasyum uygulamasının bitki dokularında bor konsantrasyonunu azaltabileceği ve bor fazlalığından kaynaklanan olumsuz koşulları hafifletebileceğini düşündürmektedir.

Araştırma sonuçlarına göre artan dozlarda bor uygulamaları bitki dokularında bor konsantrasyonunu önemli düzeyde artırmıştır. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde karabuğdayda 20 mg B kg⁻¹ uygulanması sonrasında bitki dokularında bulunan 100 mg kg⁻¹ bor konsantrasyonunun kritik seviye olabileceği görülmüştür. Bitki dokularında biriken bor kuru madde veriminde azalmalara yol açarak toksik etkinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Konuyla ilgili olarak yapılan çalışmalarda artan dozlarda bor uygulamalarının bitki dokularında bor konsantrasyonunu artırdığını

bildirmektedir (Zafar-ul-Hye ve ark., 2016; Çelik ve ark., 2017; Sharma ve ark., 2017). Ayrıca bir çok araştırmada da yüksek potasyum uygulamalarının bor alınımında antogonistik sonuçlar da doğurabileceğini bildirmişlerdir (Tariq ve Mott, 2006; Sharma ve ark., 2017; Sathi Babu ve ark., 2017).

Karabuğdayda Potasyum Konsantrasyonu

Araştırmada kullanılan karabuğday bitkisinin 6 farklı dozda bor (0, 2.5, 5, 10, 20 ve 40 mg B kg⁻¹) ve potasyum (0, 25, 50, 100, 200 ve 400 mg K kg⁻¹) uygulamaları altında ortalama potasyum konsantrasyonları Çizelge 4'de verilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre bor, potasyum (P<0.001) ve bor ile potasyum interaksyonu (P<0.01) uygulamalarının karabuğdayda potasyum konsantrasyonu üzerine etkisi önemli bulunmuştur.

Karabuğdayda bor uygulamalarının bitkide potasyum miktarı üzerine etkileri değerlendirildiğinde en yüksek potasyum miktarı %1.71 ile 40 mg B kg⁻¹ dozunda ve en düşük potasyum miktarı ise bor uygulaması yapılmayan kontrol dozunda %1.31 ile elde edilmiştir (Çizelge 4). Karabuğday bitkisinde potasyum miktarları bu iki değer arasında dağılım göstermiştir. Karabuğdayda

potasyum konsantrasyonu artan bor uygulamalarına bağlı olarak önemli düzeyde artış göstermiştir. Konuyla ilgili yapılan benzer çalışmalarda karabuğday ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamasına rağmen bor uygulamalarının bitkilerde K alınımında olumlu etki gösterdiği tespit edilmiştir (Tepe ve Aydemir, 2017).

Karabuğdayda potasyum uygulamalarının bitkide potasyum miktarı üzerine etkileri değerlendirildiğinde en yüksek potasyum miktarı %1.58 ile 400 mg K kg⁻¹ dozunda ve en düşük potasyum miktarı ise potasyum uygulanmayan kontrol koşullarında ve 25 ile 50 mg K kg⁻¹ potasyum uygulaması yapılan dozlarda (sırasıyla %1.45, %1.38 ve %1.39) elde edilmiştir (Çizelge 4). Karabuğday bitkisinde potasyum miktarları bu değerler arasında dağılım göstermiştir. Konuyla ilgili yapılan benzer çalışmalarda karabuğday ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamasına rağmen anason (Yağmur, 2008), mısır (Martineau ve ark., 2017) ve mercimek (Tepe ve Aydemir, 2017) gibi farklı birçok bitkide potasyum uygulamalarına bağlı olarak potasyum konsantrasyonunda önemli artışlar olduğu belirtilmiştir.

Çizelge 4. Karabuğdayda Potasyum Konsantrasyonu (%)

	0	2.5	5	10	20	40	Ortalama
0	1.36 g-j	1.37 f-j	1.41 f-j	1.46 e-h	1.51 d-f	1.59 c-e	1.45 B
25	1.29 j	1.30 j	1.31 i-j	1.34 g-j	1.36 g-j	1.67 b-c	1.38 C
50	1.29 j	1.30 j	1.31 h-j	1.36 g-j	1.40 f-j	1.67 b-c	1.39 C
100	1.31 h-j	1.35 g-j	1.37 f-j	1.41 f-j	1.62 b-d	1.69 b-c	1.46 B
200	1.27 j	1.30 i-j	1.45 e.i	1.62 b-d	1.66 b-c	1.74 b	1.51 B
400	1.34 h-j	1.41 f-j	1.57 c-e	1.49 d-g	1.74 b	1.93 a	1.58 A
Ortalama	1.31 D	1.34 D	1.40 C	1.45 C	1.55 B	1.71 A	
LSD K	***	0.06					
LSD B	***	0.06					
LSD KxB	**	0.15					

, * sırasıyla istatistiksel olarak P<0.01 ve P<0.001 düzeyinde önemlidir.

Araştırma sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4), bitkilerde potasyum konsantrasyonu üzerine bor ve potasyumun birlikte uygulanması istatistiksel olarak (P<0.01) önemli etki göstermiştir. Çizelge 4 incelendiğinde karabuğday bitkisindeki bor ve potasyumun birlikte uygulandığı koşullarda potasyum konsantrasyonu %1.27 ile %1.93 arasında değiştiği görülmektedir. Araştırma sonuçlarına göre;

en yüksek potasyum konsantrasyonu %1.93 ile 40 mg B kg⁻¹ ile 400 mg K kg⁻¹ interaksyonlarından elde edilirken, en düşük potasyum ise %1.29, %1.29 ve %1.27 ile 25 mg K kg⁻¹, 50 mg K kg⁻¹ ve 200 mg K kg⁻¹ uygulamalarının bor uygulaması yapılmayan kontrol dozu ile interaksyonunda elde edilmiştir. Konuyla ilgili olarak karabuğdayda bir literatüre rastlanmamıştır. Bu çalışmaya benzer şekilde mısır

bitkisinde yürütülen bir çalışmada araştırmacılar bor uygulamalarının potasyum alımına etki etmediğini ancak yüksek dozlarda bor uygulamalarının potasyum alımını olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir (Çelik ve ark., 2017).

Karabuğdayda Gövde Tarafından Kaldırılan Bor Miktarı

Araştırmada kullanılan karabuğday bitkisinin 6 farklı dozda bor (0, 2.5, 5, 10, 20 ve 40 mg B kg⁻¹) ve potasyum (0, 25, 50, 100, 200 ve 400 mg K kg⁻¹) uygulamaları altında ortalama gövde tarafından kaldırılan bor miktarları Çizelge 5'de verilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre bor, potasyum ve bor ile potasyum interaksiyonunun karabuğdayda kaldırılan bor miktarı üzerine etkisi önemli (P<0.001) bulunmuştur.

Karabuğday bitkisinde gövde tarafından kaldırılan bor miktarları artan bor uygulamalarıyla beraber artmıştır. Deneme sonuçları incelendiğinde kaldırılan bor miktarı ortalama olarak 2.46 mg saksı⁻¹ ile 40 mg B kg⁻¹ dozunda ve en düşük bor uygulaması yapılmayan kontrol dozunda 0.77 mg saksı⁻¹ ile elde edilmiştir (Çizelge 5). Karabuğday bitkisinin gövde tarafından topraktan kaldırdıkları bor miktarları bu iki değer arasında dağılım göstermiştir.

Karabuğday bitkisinde gövde tarafından topraktan kaldırılan bor miktarı üzerine potasyum

uygulamalarının etkileri incelendiğinde (Çizelge 5) artan potasyum uygulamalarıyla beraber bor alınımında önemli artışlar olduğu belirlenmiştir. Bitkiler tarafından kaldırılan B miktarında 50 mg kg⁻¹ potasyum dozuna kadar önemli bir artış meydana gelirken, bu dozdan sonra K dozuna bağlı olarak kaldırılan B miktarı azalma eğilimindedir. Araştırma sonuçlarına göre en yüksek kaldırılan bor (1.79 mg B saksı⁻¹) 50 mg K kg⁻¹ dozunda ve en düşük kaldırılan bor ise potasyum uygulanmayan kontrol koşullarında (1.23 mg B saksı⁻¹) ve 400 mg K kg⁻¹ (1.31 mg saksı⁻¹) dozundan elde edilmiştir (Çizelge 5). Karabuğday bitkisinde gövde tarafından topraktan kaldırdıkları bor miktarları bu değerler arasında dağılım göstermiştir.

Karabuğday bitkisinde gövde tarafından topraktan kaldırılan bor miktarı üzerine bor ve potasyum interaksiyonu da istatistiksel olarak (P<0.001) önemli çıkmıştır. Çizelge 5 incelendiğinde, en yüksek kaldırılan bor miktarı 2.99, 3.09, 3.07 mg B saksı⁻¹ ile 100, 200 ve 400 mg kg⁻¹ potasyum ile en yüksek bor uygulaması olan 40 mg kg⁻¹ bor interaksiyonlarından elde edilirken ve en düşük kaldırılan bor miktarı ise bor ve potasyum uygulaması yapılmayan kontrol dozunda 0.41 mg B saksı⁻¹ ile elde edilmiştir. Karabuğday bitkisinde gövde tarafından topraktan kaldırdıkları bor miktarları bu iki değer arasında dağılım göstermiştir.

Çizelge 5. Karabuğdayda Kaldırılan Bor Miktarı (mg B saksı⁻¹)

	0	2.5	5	10	20	40	Ortalama
0	0.41 n	0.99 g-m	1.01 g-l	1.53 d-g	2.06 b-d	1.40 e-h	1.23 C
25	1.17 f-j	0.93 h-n	1.27 f-i	1.89 b-e	2.37 b	1.86 b-e	1.58 AB
50	1.22 d-i	1.31 f-i	1.41 e-h	2.11 b	2.35 b	2.34 b	1.79 A
100	0.77 i-n	0.95 h-n	1.23 f-i	0.97 h-m	2.31 b	2.99 a	1.54 B
200	0.58 k-n	1.23 f-i	1.15 f-j	1.08 f-k	1.56 c-f	3.09 a	1.45 BC
400	0.46 mn	0.47 l-n	0.66 j-n	1.11 f-k	2.09 bc	3.07 a	1.31 C
Ortalama	0.77 E	0.98 DE	1.12 D	1.45 C	2.12 B	2.46 A	
LSD K	***	0.22					
LSD B	***	0.22					
LSD BxK	***	0.54					

*** istatistiksel olarak P<0.001 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 5 incelendiğinde bor uygulanmayan koşullarda karabuğday tarafından kaldırılan bor değerlerini 0.41 ile 1.22 mg B saksı⁻¹ arasında değiştiği görülmektedir. Sonuçlar irdelendiğinde 50 mg kg⁻¹ dozuna kadar uygulanan potasyum

topraklarda düşük bor koşullarında bor alınımını artırdığı görülmektedir. Potasyum 50 mg kg⁻¹ dozundan sonra artan dozlarda potasyum bitkilerde bor alınımını azaltmaktadır ancak bu azalışa rağmen kontrol ile karşılaştırıldığında kaldırılan bor miktarı

daha yüksek olarak belirlenmiştir. Potasyum uygulamalarının bitkiler tarafından kaldırılan B üzerine olan etkileri dikkat çekicidir ve düşük dozlarda K uygulamaları bor alınımını teşvik ederken artan dozlarda K uygulanması bor alınımında azalmalar meydana getirmiştir.

Potasyum uygulanmayan koşullarda bor uygulamaları altında karabuğday tarafından kaldırılan bor değerlerinin 0.41 ile 2.06 mg B saksı⁻¹ arasında değiştiği görülmektedir. Topraklarda düşük potasyum koşullarında bor uygulaması ile birlikte 20 mg kg⁻¹ B dozuna kadar kaldırılan bor miktarı artarken ortama ilave edilen yüksek seviyede B (40 mg kg⁻¹) uygulamasıyla birlikte karabuğdayda kaldırılan B'un 1.40 mg B saksı⁻¹ olduğu görülmektedir. Kaldırılan B seviyesindeki bu azalışın karabuğdayda ortaya çıkan B toksitesi nedeniyle kuru maddede meydana gelen ciddi azalıştan kaynaklandığı düşünülmektedir. Sonuçlar karabuğday tarafından kaldırılan B açısından değerlendirildiğinde kuru maddede meydana gelen azalma aşırı bor uygulamalarının bitkilerde toksite gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte uygulanan B'un karabuğday tarafından yüksek miktarlarda kaldırılarak bitki dokularına alınabileceği belirlenirken yüksek düzeyde kaldırılan B'un bitkilerde kuru madde artışına dönüşmezken bunun yerine olumsuz etkiler ortaya çıkaracağı sonucuna varılmıştır.

Karabuğdayda Gövde Tarafından Kaldırılan Potasyum Miktarı

Araştırmada kullanılan karabuğday bitkisinin 6 farklı dozda bor (0, 2.5, 5, 10, 20 ve 40 mg B kg⁻¹) ve potasyum (0, 25, 50, 100, 200 ve 400 mg K kg⁻¹) uygulamaları altında ortalama gövde tarafından

kaldırılan potasyum miktarları Çizelge 6'de verilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre bor, potasyum (P<0.001) ve bor ile potasyum interaksiyonunun (P<0.01) karabuğdayda kaldırılan K miktarı üzerine etkisi önemli bulunmuştur.

Karabuğday bitkisinde gövde tarafından kaldırılan potasyum miktarı incelendiğinde (Çizelge 6), bor uygulamalarının kaldırılan potasyum üzerine etkisi 0, 2.5, 5, 10 ve 20 mg kg⁻¹ dozlarında istatistiksel olarak aralarında fark gözükmemekle aynı grupta yer alırken, yüksek seviyede (40 mg kg⁻¹) bor uygulandığında önemli düzeyde azalmıştır. Karabuğdayda en yüksek kaldırılan potasyum miktarı kontrol ile aynı grupta olmasına karşın 322.71 mg K saksı⁻¹ ile 10 mg kg⁻¹ B dozunda elde edilirken en düşük kaldırılan potasyum miktarı 257.04 mg K saksı⁻¹ ile 40 mg B kg⁻¹ dozunda elde edilmiştir (Çizelge 6). Karabuğday bitkisinde gövde tarafından kaldırılan potasyum miktarları bu iki değer arasında dağılım göstermiştir. Sonuçlar irdelediğinde yüksek bor uygulamaları kaldırılan K miktarını önemli ölçüde azalmıştır.

Karabuğday bitkisinde gövde tarafından topraktan kaldırılan potasyum miktarları üzerine potasyum uygulamalarının etkileri incelendiğinde (Çizelge 6) artan potasyum uygulamalarıyla beraber potasyum alınımında önemli artışlar olduğu belirlenmiştir. Karabuğdayda en yüksek kaldırılan potasyum miktarı 346.17 mg K saksı⁻¹ ile 400 mg kg⁻¹ K dozunda ve en düşük kaldırılan potasyum miktarı ise kontrol dozunda 229.51 mg K saksı⁻¹ ile elde edilmiştir (Çizelge 6). Karabuğday bitkisinde gövde tarafından topraktan kaldırdıkları potasyum miktarları bu iki değer arasında dağılım göstermiştir.

Çizelge 6. Karabuğdayda Kaldırılan Potasyum Miktarı (mg K saksı⁻¹)

	0	2.5	5	10	20	40	Ortalama
0	240.76 ef	247.42 ef	238.89 ef	249.48 ef	241.13 ef	159.40 h	229.51 C
25	317.27 bc	316.32 bc	308.14 bd	316.05 bc	286.03 c-e	183.86 gh	287.94 B
50	324.63 bc	329.92 bc	329.72 bc	324.86 bc	264.96 d-f	227.86 fg	300.33 B
100	319.65 bc	320.02 bc	319.20 bc	336.09 a-c	353.86 ab	331.81 bc	329.62 A
200	316.73 bc	324.02 bc	333.32 bc	357.34 ab	354.83 ab	3254 bc	335.60 A
400	322.88 bc	3469 ab	385.45 a	352.43 ab	356.78 ab	314.86 b-d	346.17 A
Ortalama	306.99 A	313.71 A	319.12 A	322.71 A	309.60 A	257.04 B	
LSD K	***	20.55					
LSD B	***	20.55					
LSD BxK	**	50.33					

,* istatistiksel olarak P<0.01 ve P<0.001 düzeyinde önemlidir.

Araştırma sonuçları incelendiğinde karabuğday bitkisinde gövde tarafından topraktan kaldırılan potasyum miktarı üzerine bor ve potasyum interaksyonu istatistiksel olarak ($P < 0.01$) önemli çıkmıştır. Çizelge 6 incelendiğinde, en yüksek kaldırılan potasyum miktarı $385.45 \text{ mg K saksı}^{-1}$ ile 400 mg kg^{-1} K ile 5 mg kg^{-1} B interaksyonundan elde edilirken en düşük kaldırılan potasyum miktarı ise $159.40 \text{ mg K saksı}^{-1}$ ile potasyum uygulaması yapılmayan kontrol dozu ile 40 mg kg^{-1} B interaksyonundan elde edilmiştir (Çizelge 6). Karabuğday bitkisinde gövde tarafından topraktan kaldırdıkları bor ve potasyum interaksyonu bu iki değer arasında dağılım göstermiştir. Sonuçlar irdelendiğinde potasyum uygulaması yapılmayan kontrol koşullarında uygulanan B karabuğday tarafından kaldırılan potasyum üzerine 20 mg kg^{-1} B dozuna kadar istatistiksel olarak bir etki yapmazken 40 mg kg^{-1} B uygulamasında negatif etki göstererek kaldırılan potasyum da önemli düzeyde azalmaya yol açmıştır. Bu sonuçlar yüksek dozlarda bor uygulamasının potasyum alınımını olumsuz etkilediğini gösterirken B ve K interaksyonlarında birlikte değerlendirildiğinde uygun dozlarda ise kaldırılan potasyum ve bor uygulamaları arasında sinerjik bir ilişkinin olduğunu göstermektedir.

Sonuç ve Öneriler

Araştırma sonuçları incelendiğinde, B ve K uygulamalarının kuru madde, kaldırılan B ve K miktarı ve bunların bitki dokularındaki konsantrasyonları üzerine önemli etkileri olduğu bulunmuştur. Araştırma sonuçlarına göre artan dozlarda bor uygulamaları bitki dokularında bor konsantrasyonunu önemli düzeyde artırmıştır. Bitki dokularında artan B konsantrasyonu kuru madde veriminde azalmalara yol açarak toksik etkinin ortaya çıkmasıyla sonuçlanmıştır. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde karabuğdayda 20 mg B kg^{-1} uygulanması sonrasında bitkilerde kuru madde önemli ölçüde azalmıştır ve bu uygulama dozunda karabuğday dokularında B konsantrasyonu ortalama 100 mg kg^{-1} olarak ölçülmüştür. Bu değer karabuğday için toksite sınır değeri olabileceği belirlenmiştir. Potasyum alınımı açısından irdelendiğinde yüksek dozlarda bor uygulamasının potasyum alınımını olumsuz etkilediği, uygun dozlarda ise kaldırılan potasyum ve bor uygulamaları arasında sinerjik bir ilişkinin olduğu söylenebilir. Sonuç olarak, karabuğday bitkisinin gelişimi üzerine B ve K uygulamalarının düşük

dozlarda olumlu etkileri olduğu gözlenirken artan dozlarda bor uygulamalarının karabuğday gelişimini olumsuz etkilediği ve potasyum uygulamalarının bor toksitesinin giderilmesinde olumlu etkileri olduğu söylenebilir.

Teşekkür

Bu araştırma, Ordu üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi tarafından BY-1726 numaralı proje olarak desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Anonim (2017). Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/country_profiles/index/en/?iso3=TUR-(Erişim tarihi 05.03.2020).
- Arslan, N. (2014). Karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench) hem gıda hem de ilaç hammaddesi. *Gıda Hattı*, 48, 6869.
- Baykal, Ş., & Öncel, I. (2006). Buğday fidelerinin bor toksitesine toleransında çözünür fenolik ve çözünür protein miktarındaki değişimler. *Fen Bilimleri Dergisi*, 27(1), 13-27.
- Aydın, Ş., Akgül, A., & Çoban, H. (2005). Alaşehir yöresi bağlarında yapraktan potasyum (K) uygulamalarının verim ve bazı kalite özellikleri üzerine etkisi. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1(1), 23 -27.
- Barut, H., Aykanat, S., Aşikli, S., & Selim, E. (2018). Bitkisel Üretimde Bor. *International Journal of Eastern Mediterranean Agricultural Research*, 1(1), 33-46.
- Beştaş, Z., & Çelik, H. (2016). Effects of boron resources and increasing application doses on dry matter, boron and potassium uptake of sunflower. *Radovi Poljoprivrednog Fakulteta Univerziteta u Sarajevu (Works of the Faculty of Agriculture University of Sarajevo)*, 61(66 (1)), 228-232.
- Cömert, A., ve Kale Çelik, S. (2017). Farklı toprak bünyelerinde sulama suyu bor düzeylerinin fasulye bitkisi verimi üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21(3), 323-331.
- Çelik, H., Turan, M. A., Aşık, B. B., & Katkat, A. V. (2017). Evaluation of analytical methods for boron determination in maize shoots. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 48(21), 2573-2581.
- Demirel, K., Çamoğlu, G., İnalpulat, M., Kahrıman, F., & Genç, L. (2014). Tuz ve potasyum uygulamalarının mısırın yaprak su durumu ile bazı agronomik ve yansıma özelliklerine etkileri. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2 (1), 1-9.

- Dizlek, H., Özer, M.S., İnanç, E., & Gül, H. (2009). Karabuğday'ın (*Fagopyrum esculentum Moench*) bileşimi ve gıda sanayinde kullanım olanakları. *Gıda*, 34(5), 317-324.
- Gowthami, P., Rao, G. R., Rao, K. L. N., & Lal, A. M. (2018). Effect of foliar application of potassium, boron and zinc on quality and seed yield in soybean. *International J Chemical Stud*, 6(1), 142-144.
- Hamurcu, A., Gezgin, S., Topal, A., Babaoğlu, B., & Hakkı, E. E. (2008). Ekmeklik buğdayda bor toksitesine dirençlilik kazandırabilecek genetik kaynakların belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22 (46), 43-47.
- Hamurcu, M., Özdemir, C., Kocabaş, O., Hakkı, E. E., Demiral, T., & Gezgin, S. (2016). Toksikite düzeyinde bor uygulamalarının besin çözültüsü koşullarında hibrit mısır çeşitlerinin anatomik özellikleri üzerine etkisi. *Bor Dergisi, Boron 1* (2), 53 – 59.
- Inamullah I., Saqib G., Ayub M., Khan A.A., Anwar S., & Khan S. A. (2012). Response of common buckwheat to nitrogen and phosphorus fertilization. *Sarhad Journal of Agriculture*, 28(2), 171-178.
- Kacar, B., & Inal, A. (2008). Plant analysis. Nobel publication, Ankara.
- Kara, B., Çelebi, F. G., Kara, N., & Atar, B. (2016). Efficiency of different nitrogen forms in buckwheat (*Fagopyrum esculentum Moench*). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4(6), 515-518.
- Kara, B., & Telli, M. (2016). Karabuğdayın (*Fagopyrum esculentum Moench*) fosfor kullanım etkinliği. *Derim*, 33(2), 327-336.
- Kılıç, R. (2010). Sera koşullarında potasyum uygulamalarının farklı biber genotiplerinin gelişimi üzerine etkisi ve bitkilerde potasyum etkilerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu Üniversitesi, Ordu.
- Kılıç, R., & Korkmaz, K. (2012). Kimyasal gübrelerin tarım topraklarında artık etkileri. *Research Journal of Biology Sciences*, 5(2), 87-90.
- Martineau, E., Domec, J. C., Bosc, A., Denoroy, P., Fandino, V. A., Lavres Jr, J., & Jordan-Meille, L. (2017). The effects of potassium nutrition on water use in field-grown maize (*Zea mays* L.). *Environmental and experimental botany*, 134, 62-71.
- Min, W., Yi-min, W., & Jin-ming, G. (2004). Analysis of fatty acid and unsaponifiable matter from tartary buckwheat oil and buckwheat oil by GC/MS. *Advances in Buckwheat Research*, 723.
- Nebiler, H., Erdoğan, Y., Olgun, A., & Yerlikaya, C. (1999). The effect of Bor in vineyard. 1st. Symposium on protection of environmental and Erhami Karaçam, Kütahya.
- Ohnishi O. (1994). Buckwheat in Karakoram and the Hindukush. *Fagopyrum*, 14, 17–25.
- Özkurt, Ş. (2000). Boron accumulation in carp's tissues (*Cyprinus carpio* L., 1758) in dam lakes Çatören and Kunduzlar (Kırka- Eskişehir). *Turk J. Biol.*, 24, 663-676.
- Özkutlu, F., Korkmaz, K., Şahin, Ö., Akgün, M., Ete, Ö., Taşkın, B., Özcan, B., & Aygün, A. (2017a). Ordu ve Samsun yörelerindeki fındık bahçelerinin bor beslenme durumunun belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6(1), 53-62 (2017a).
- Özkutlu, F., Ete, Ö., Akgün, M., Akdin, F., Tutuş, Y., & Özcan, B. (2017b). Boron fertilization effects on strawberry plant for preventing decomposed shaped fruit generation and on mineral content of leaves. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6(2), 153-160.
- Sathi Babu, N., Sinha, A. K., Medda, P. S., & Ghosh, A. (2017). Impact of potassium-boron interaction on leaf nutrient content and nut setting of coconut. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(12), 4025-4037.
- Sharma, R. P., Sepehya, S., Kumar, P., & Sharma, G. D. (2017). Influence of potassium, zinc and boron on productivity of wheat in an acid Alfisol. *Himachal Journal of Agricultural Research*, 43(1), 16-22.
- Şahin, G. (2016). Türkiye'de gübre kullanım durumu ve gübreleme konusunda yaşanan problemler. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 22(1), 19-32.
- Taban, S., & Erdal, İ. (2000). Bor uygulamasının değişik buğday çeşitlerinde gelişme ve toprak üstü aksamda bor dağılımı üzerine etkisi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24, 255 – 262.
- Tariq, M., & Mott, C. J. B. (2006). Effect of applied boron on the accumulation of cations and their ratios to boron in radish (*Raphanus sativus* L.). *Soil and Environment*, 25, 40–47.
- Tepe, H. D., & Aydemir, T. (2017). Farklı konsantrasyonlarda tuz stresi uygulanmış mercimek bitkilerine (*Lens culinaris*) bor ilavesinin bitki mineral değişimi üzerindeki etkileri. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 13 (3), 769-775.
- Tuna, A. L., Yıldıztekin, M., Köşkeroğlu, S., & Yokaş, İ. (2016). Tuz etkisi altındaki domates bitkisinde potasyum ve kalsiyum antioksidatif sistemi etkiler mi? *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 4(1), 71-78.

- Wolf, B. (1971). The determination of boron in soil extracts, plant materials, composts, manures, water and nutrient solutions. *Soil Science and Plant Analysis*, 2, 363-374.
- Wolf, B. (1974). Improvements in the azomethine-H method for the determination of boron. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 5, 39-44.
- Yağmur, B. (2008). Farklı seviyelerde uygulanan potasyumun anasonun verim ve yaprak besin maddesi içeriğine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 46 (1), 17-24.
- Yalın, S. B., Orman, Ş., Ok, H., & Zambak Özgür, A. (2019). Antalya ilinde yetiştirilen kışlık ekmeçlik buğdayın bor beslenme durumunun belirlenmesi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32(Özel Sayı), 157-161.
- Zafar-ul-hye, M., Imran, M., & Ahmad, M. (2016). Influence of boron fertilization on growth and yield of wheat crop under salt stress environment. *Soil & Environment*, 35(2), 181-186.