



T. C.

ORDU ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KARABUĞDAY BİTKİSİNDE BOR ALINIMI VE
TOKSİTESİ ÜZERİNE POTASYUM UYGULAMALARININ
ETKİSİ**

DAMLA YAZICI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

ORDU 2019

T.C.
ORDU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

**KARABUĞDAY BİTKİSİNDE BOR ALINIMI VE TOKSİTESİ ÜZERİNE
POTASYUM UYGULAMALARININ ETKİSİ**

DAMLA YAZICI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORDU 2019

TEZ ONAY

Damla YAZICI tarafından hazırlanan “**KARABUĞDAY BİTKİSİNDE BOR ALINIMI VE TOKSİTESİ ÜZERİNE POTASYUM UYGULAMALARININ ETKİSİ**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 22.08.2019 tarihinde yapılmış ve jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ BİLİM DALI YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman
Prof. Dr. Kürşat KORKMAZ

Jüri Üyeleri

Danışman
Prof. Dr. Kürşat KORKMAZ
Toprak Bilimi Bitki Besleme Bölümü, Ordu
Üniversitesi

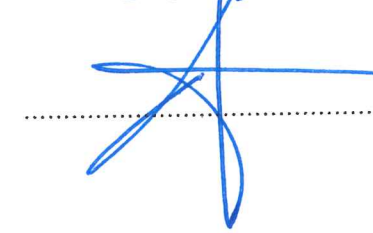
Üye
Prof. Dr. Faruk ÖZKUTLU
Toprak Bilimi Bitki Besleme Bölümü, Ordu
Üniversitesi

Üye
Prof. Dr. Nazım ŞEKEROĞLU Gıda
Mühendisliği, Kilis 7 Aralık Üniversitesi

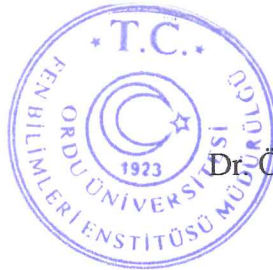
İmza







10/09/2019 tarihinde enstitüye teslim edilen bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 13/09/2019 tarih ve 2019/617 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Enstitü Müdürü
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Sami GÜLER



TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.



Damla YAZICI

Bu tez, BY-1726 numaralı BAP projesi ile desteklenmiştir.

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

KARABUĞDAY BİTKİSİNDE BOR ALINIMI VE TOKSİTESİ ÜZERİNE POTASYUM UYGULAMALARININ ETKİSİ

DAMLA YAZICI

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ, 46 SAYFA

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. KÜRŞAT KORKMAZ)

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 sera denemesi yürütülmüştür. Araştırmada; kuru madde, bitkilerde kaldırılan B ve K miktarları ve bunların bitki dokularında ki konsantrasyonları belirlenmiştir. Bor ve K uygulamalarının kuru madde, kaldırılan B ve K miktarı ve bunların bitki dokularında ki 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 belirlendi. 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 konsantrasyonunu (66.90 mg kg⁻¹) önemli bir şekilde azaltmıştır. 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.

ABSTRACT

THE EFFECT OF POTASSIUM APPLICATIONS ON TOXICITY AND UPTAKE OF BORON IN BUCKWHEAT

DAMLA YAZICI

ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

SOIL SCIENCE AND PLANT NUTRITION

MASTER THESIS, 46 PAGES

(SUPERVISOR: PROF. DR. KÜRŞAT KORKMAZ)

At 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 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 is examined, boron in plants is 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.

TEŞEKKÜR

Tez konunun belirlenmesi, çalışmanın yürütülmesi ve yazımı esnasında baőta danışman hocam Sayın Prof. Dr. Kürşat KORKMAZ'a ve tez yazım aőamasında desteklerini esirgemeyen Arő. Gör. Mehmet AKGÜN, Arő. Gör. Özlem ETE AYDEMİR ve Arő. Gör. Selahattin AYGÜN'e teşekkür ederim.

Aynı zamanda, maddi ve manevi desteklerini her an üzerimde hissettiğim babam Erdal YAZICI, annem Nejla YAZICI, abim Selçuk YAZICI, yengem Hande YAZICI, kız kardeőim Ezgi YAZICI ŐENGÜL, eniőtem Selman Oğuz ŐENGÜL, erkek kardeőim Okan YAZICI, arkadaőım Elif ARSLAN ve ailesine teőekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışmada emeiği geçen iç arkadaőlarım baőta olmak üzere herkese destek ve katkılarından dolayı içtenlikle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ BİLDİRİMİ	I
ÖZET	II
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜR	IV
İÇİNDEKİLER	V
ÇİZELGE LİSTESİ	VI
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ	VII
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	7
2.1 Karabuğday	7
2.2 Topraklarda ve Bitkilerde Bor	9
2.3 Topraklarda ve Bitkilerde Potasyum.....	14
2.4 Bor ve Besin Maddeleri Arasındaki Etkileşimler	17
3. MATERYAL VE METOD	19
3.1 Materyal	19
3.1.1 Deneme Toprağının Özellikleri	19
3.2 Metot	19
3.2.1 Sera Denemesi.....	19
3.2.2 Toprak Örneklerinde Yapılan Rutin Analizler ve Uygulama Metotları	19
3.2.2.1 Toprakta Bitkiye Yararışlı Bor Analizi	19
3.2.2.2 Toprak Reaksiyonu (pH).....	20
3.2.2.3 Toprakta Total Tuz (EC).....	20
3.2.2.4 Toprak Tekstürü	20
3.2.2.5 Toprağın Kireç İçeriği.....	20
3.2.2.6 Organik Madde.....	20
3.2.2.7 Yararışlı Demir (Fe), Çinko (Zn), Bakır (Cu) ve Mangan (Mn).....	20
3.2.2.8 Yararışlı Fosfor (P).....	21
3.2.2.9 Ekstrakte Edilebilir Potasyum (K)	21
3.2.2.10 Toprakta Sıcak Suda Erir Formda Yararışlı Bor (B) Analizi	21
3.2.3 Bitki Örneklerinde Yapılan Rutin İşlemler	21
3.2.3.1 Bitki Örneklerinin Analize Hazırlanması.....	21
3.2.3.2 Bitki Örneklerinde Potasyum Analizi	21
3.2.3.3 Bitki Örneklerinde Bor Analizi	22
3.2.3.4 Verilerin Değerlendirilmesi	22
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	23
4.1 Karabuğdayda Gövde Kuru Madde Miktarı	23
4.2 Karabuğdayda Bor Konsantrasyonu	25
4.3 Karabuğdayda Potasyum Konsantrasyonu.....	27
4.4 Karabuğdayda Gövde Tarafından Kaldırılan Bor Miktarı	29
4.5 Karabuğdayda Gövde Tarafından Kaldırılan Potasyum Miktarı	31
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	34
6. KAYNAKLAR	37
ÖZGEÇMİŞ	46

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 Karabuğday, Kinoa, Yulaf, Buğday, Amarat Bitkilerinin Kimyasal Bileşiminin % Olarak Karşılaştırılması.....	3
Çizelge 4.1 Karabuğday Bitkisinin Kuru Madde Miktarı	24
Çizelge 4.2 Karabuğdayda Bor Konsantrasyonu	26
Çizelge 4.3 Karabuğdayda Potasyum Konsantrasyonu	28
Çizelge 4.4 Karabuğdayda Kaldırılan Bor Miktarı.....	30
Çizelge 4.5. Karabuğdayda Kaldırılan Potasyum Miktarı	32

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

%	:	Yüzde
Al	:	Alüminyum
ATP	:	Adenosin-trifosfat
B	:	Bor
B(OH)₃	:	Borik Asit
B(OH)₄⁻	:	Tetrahidroksibrat
CaCl₂	:	Kalsiyum Klorür
CH₃COONH₄	:	Amonyum Asetat
Cu	:	Bakır
Ca	:	Kalsiyum
°C	:	Santigrat Derece
Da	:	Dekar
DTPA	:	Dietilen Triamin Penta Asetik Asit
Fe	:	Demir
g	:	Gram
HCl	:	Hidroklorik Asit
K	:	Potasyum
kg	:	Kilogram
M	:	Molar
Mn	:	Mangan
Mg	:	Magnezyum
Mo	:	Molipten
mol	:	Kütle Ağırlığı
mg	:	Miligram
N	:	Azot
Na	:	Sodyum
OM	:	Organik Madde
Ox-B	:	Oksitlere Bağlanmış B
Org-B	:	Organik Olarak Bağlanmış B
P	:	Fosfor
pH	:	Ortamda bulunan H ⁺ konsantrasyonunun negatif logaritması
ppm	:	Part Per Million (Milyonda Bir Kısım)
Rs-B	:	Kolay Çözünebilir B
Res-B	:	Residual B
Spa-B	:	Spesifik Olarak Adsorbe Edilmiş B
To-B	:	Toplam B
Zn	:	Çinko

1. GİRİŞ

Günümüzde yaşam yüksek oranda bitkisel kaynaklı gıdalara bağlı olarak devam etmektedir. İnsanlar hayatlarına devam edebilmek için, besinlerini bitkilerden ya da bitkilerle beslenen hayvanlardan sağlamaktadır. Bitkiler insanların ilaç, süs, kozmetik, giyim, barınma gibi gereksinimlerini karşılamaktadır. Dünya nüfusunun %75'inin temel gıda ihtiyacını buğday, mısır, pancar, patates, çeltik, fasulye vb. besin maddeleri oluşturmaktadır (Özgen ve ark., 2000). 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 karabuğday öncelikli olarak araştırılması gerekmektedir.

Karabuğday bitkisinin, geçmişi çok eskilere dayanmakta ve kökeni Orta Asya'dır. İlk olarak Çin, Kazakistan ve Japonya'da yetiştirilmeye başlanan karabuğday daha sonra Rusya, Ukrayna, ABD ve Avrupa'ya yayılmıştır. Karabuğday bitkisi ilerleyen zamanlarda doğu, batı ve daha soğuk iklim bölgelerine yayılmıştır. 2000'li yılların başından itibaren Türkiye'de karabuğday üzerine ar-ge ve üretim çalışmaları yapılmaya başlamıştır (Dizle ve ark., 2009; Arslan, 2014).

Karabuğday (*Fagopyrum esculentum Moench*); tek yıllık otsu bir bitki olup, *polygonaceae* familyasına aittir (Inamullah ve ark., 2012). Karabuğday'ı tahıllardan ayıran temel farklılık; tek çenekli (monokotiledon) olmayıp, çift çenekli (dikotiledon) bir bitki olmasıdır (Dizle 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). Karabuğday çok yönlü kullanım alanına sahip olan bitkilerdendir. Karabuğday hızlı gelişme özelliğine sahip olup, 10-14 hafta gibi kısa sürede olgunlaşarak hasat olgunluğuna gelmektedir (Janos ve Gocs, 2009). Karabuğday bitkisi tohumdan gelişip tekrar tohum verecek hale gelene kadar geçen dönemin kısa olması sebebiyle önemli bir alternatif kültür bitkisi olmasının yanı sıra ikinci ürün olarak yetiştirilme imkânı olan önemli bir besin kaynağıdır (Min ve ark., 2004; Inamullah ve ark., 2012).

Türkiye'de kültürü yapılmayan, fakat dünyanın birçok ülkesinde üretilen ve ekonomik değeri yüksek olan karabuğday aynı zamanda tüketimi her geçen gün artan ve çok yönlü kullanım alanına sahip olan bitkilerdendir. Özellikle çölyak hastalarının gıda kaynağı olarak kullanmak zorunda oldukları karabuğday tohumu ya da mamül ürünlerinin tamamı ülkemize ithal edilmekte bu hastalık ülkemiz nüfusunun yaklaşık 300 bin kişisini etkilemektedir (Acar ve ark., 2011). Çölyak hastalarının diyetinde gluten önemli bir problem oluşturmaktadır. Karabuğday bitkisinin hem tohumlarından hem de herbasından faydalanılmaktadır. Karabuğday bitkisinin tohumları temel aminoasitleri bulundurmasının yanı sıra kimyasal olarak serbest gluteni içermemesi ile buğday, arpa, yulaf ve çavdar gibi diğer tahıl kökenli besin kaynaklarından ayrılırlar. Ülkemizde son yıllarda alternatif bitkilerin tarımda kullanım isteği hızla artmaktadır. Özellikle su ve besin maddesi tüketimi az olan ürün arayışları ön plana çıkmaktadır. İç Anadolu Bölgesinde su kaynaklarının azalması ve toprakların çoraklaşmaya başlamasıyla birlikte mevcut üretilen tahıl, baklagil ve diğer endüstri bitkileri ile münavebeye girebilecek karabuğday gibi alternatif olabilecek bitkiler bölgenin tarımsal olarak gelişmesinde önemli bir katkı oluşturacaktır. Son yıllardaki doğal ve bitkisel ürünlere olan taleplerin artması nedeniyle, hammaddesi bitki olan ilaç, gıda ve fonksiyonel ürünlerin dünyada olduğu gibi ülkemizde de artış göstermektedir (Kan, 2011). Karabuğday bu kapsamda artan taleplerin karşılanmasında kullanılacak bir gıda ve ilaç sanayi bitkisidir. Türkiye'de

karabuğdayın verimli ve kaliteli üretilmesi sonucu karabuğday bitkisine dayalı endüstriyel yatırımları da beraberinde getirecektir. Karabuğday bitkisinin besin değeri son derece yüksektir. Karabuğday bileşiminde yüksek düzeyde protein, diyet lif, vitamin, mineral madde, temel çoklu doymamış yağ asitleri, rutin ve quercetin gibi antioksidanları içeren, kalitesi yüksek önemli bir gıda ham bileşeni olup, fonksiyonel gıda endüstrisi için çok önemli bir potansiyele sahiptir (Acar ve ark., 2011). Karabuğday diğer bitkiler tahılların besin içeriği ile karşılaştırıldığında benzer içeriklere sahiptir (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1 Karabuğday, Kinoa, Yulaf, Buğday, Amarat Bitkilerinin Kimyasal Bileşiminin % Olarak Karşılaştırılması (Coulter ve Lorenz, 1990; Krauss ve ark., 2000)

BİLEŞEN	Amarat	Kinoa	Karabuğday	Yulaf	Buğday
Nişasta	67.3	69	67.2	-	61
Protein	15.2	13.3	10.9	13	11.7
Yağ	8	7.5	2.7	7.5	2
Mineral	3.2	2.6	1.59	3.1	1.8

Bitkilerde verimin ve kalitenin artırılması için, toprakta noksan olan besin elementlerin gübreleme yoluyla karşılanması gerekmektedir. Gübreleme bitkilerde verim düşüklüğünün önemli sebeplerinden birsidir. Bitkisel üretimde girdiler arasında gübreleme önemli bir yer tutmaktadır. Günümüzde Türkiye'de bitkisel üretim içerisinde gübrelemenin %15–20'lik bir payı vardır ve kullanılan gübrelerin büyük bir çoğunluğunu da 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. Bu husus mikro element uygulamalarının yapılmadığını ve uygulandığı zaman ise yanlış zaman ve miktarda uygulamalar nedeniyle ciddi verim kayıplarına yol açtığını doğrular niteliktedir. 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. Mikro elementler toprakta ve bitki dokularında çok küçük

miktarlarda bulunurlar. Mikro besin elementlerinin topraktaki yarayırlı miktarı ve bitkideki miktarları çok düşük olmalarına rağmen noksanlık olduğunda makro elementler ile aynı şekilde tarımsal üretimde verim ve kalitenin azalmasına neden olur (Alkan, 1998). Bazı durumlarda bitkilerde mikro besin elementi eksikliği görülme dahi bitkiye mikro besin elementi verildiğinde verimde artış sağlandığı görülmüştür. Bölgesel olarak görülen mikro besin elementi noksanlıkları yakın bir zamanda, üzerinde çalışılmaz ve noksanlık tanımlamaları tam olarak yapılmaz ise, bitkisel üretimi olumsuz etkilemesi kaçınılmaz görülmektedir.

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). Bitkilerin büyüüp gelişmesi, verimli ve kaliteli ürünler elde edilmesi için B elementinin toprakta yeterli miktarda olması gerektiğini bildirmiştir (Anonim, 2018).

Türkiye topraklarının B yarayırlılığı 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 dardır. Normal beslenen bitkiler 20-100 mg kg⁻¹ arasında B içerirler ve bitki kuru maddesinde 20 mg kg⁻¹ B’u kritik düzey olarak belirtilmiş (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 yarayırlılığı azalmaktadır (Özkutlu ve ark., 2017).

Bor bitki bünyesinde de önemli roller üstlenmektedir. Bitkilerde fenolik bileşiklerin ve nükleik asit sentezinde, karbonhidrat 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. Bitkilerde bor taşınımı bakımından bitki türleri arasında hatta aynı türün çeşitleri arasında önemli farklılıklar olduğu belirtilmiştir (Çakıcı ve Aslan, 2012). Bitkilerin bor alım kapasiteleri ve bor noksanlığına karşı duyarlılıkları oldukça değişiklik gösterirken çift çenekli bitkiler, tek çeneklilerden daha fazla bor alma kapasitesine sahiptirler (Demirtaş, 2005). Borun topraklarda mevcut olan yarayırlılığının düşüklüğü ve bitki bünyesine alım ve taşınım sorunlarından dolayı borun yarayırlılığını 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 son derece önemli etkileri olduğu saptanmıştır. Özellikle borun ksilem ile taşınması ve taşınımın transpirasyona bağlı olması potasyum ile arasındaki ilişkinin bor yarayırlılığı 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^+) şekilde 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 yapılacak olan tez çalışmasında doğru ve dengeli bir gübre kullanımının sağlanmasına katkı sağlamak amacıyla bor ve potasyum uygulamalarının karabuğday bitkisinin gelişimi üzerine etkilerinin araştırılmasının yanı sıra bor alınımı üzerine potasyum uygulamalarının etkilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1 Karabuğday

Karabuğday (*Fagopyrum esculentum Moench*); tek yıllık otsu bir bitki olup, *polygonaceae* familyasına aittir (Inamullah ve ark., 2012). Karabuğday'ı tahıllardan ayıran temel farklılık; tek çenekli (monokotiledon) olmayıp, çift çenekli (dikotiledon) bir bitki olmasıdır (Dizle ve ark., 2009). Kronik hastalıkların tedavisinde olumlu etkileri olan besleyici bir gıda olarak bilinen karabuğday, pseudo-tahıl özelliği göstermektedir ve büyük bir ekolojik uyarlılığa sahiptir. Zorlu iklim ve toprak koşullarına sahip bölgeler de dahil hemen hemen her bölgede yetişebilmesine rağmen çoğunlukla kuzey yarımkürede yetişmektedir (Kılıç ve Elmacı, 2018). En fazla karabuğday üretimi yapan ülkeler Rusya, Çin, Ukrayna Fransa ve Kazakistan'dır (Anonim, 2019). FAOSTAT (Food and Agricultural Organization of The United Nations, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü) verilerine göre 2017 yılındaki karabuğday üretimi dünya çapında toplam 3.827.748 tondur. 2017 yılında karabuğday üretimi Asya'da 1.619.429 ton ile dünyadaki karabuğday üretiminin yaklaşık %40'ını oluşturmaktadır. Dünyada en fazla üretim 1.524.280 ton ile Rusya ve sırası ile Çin (1.447.292) ve Ukrayna (180.440) takip etmektedir (Anonim, 2019). En fazla yetiştirilen türlerin, yaygın karabuğday olarak bilinen *Fagopyrum esculentum Moench* ve Tartar karabuğdayı olarak bilinen *Fagopyrum tataricum* (L.) *Gaertn* olduğu ifade edilmektedir. Bu iki önemli tür dışında *Fagopyrum cymosum* türü ise çok yaygın yetiştirilmemekle birlikte özellikle Çin tıbbında önemli bir yere sahiptir. Kısa mevsim mahsulü olan karabuğday, düşük verimli veya asitli topraklarda iyi yetişmektedir. Hızlı büyüyen ve tek yıllık bitki sınıfına girmektedir (Zhu, 2016; İnanır ve ark., 2019). Bitki hızlı gelişme özelliğine sahip olup, 10-12 hafta gibi kısa sürede olgunlaşarak hasat olgunluğuna gelmektedir (İnanır ve ark., 2019). Bu da bitkiyi vejetasyon süresi kısa olan bölgeler için önemli bir alternatif kültür bitkisi olarak değerlendirmenin yanı sıra vejetasyon süresi uzun olan bölgeler için ise ikinci ürün için önemli bir bitki haline getirmektedir. Karabuğday bitkisi genellikle nemli ve serin iklimde daha iyi yetişen bir bitkidir. Ekimden itibaren 3-5 gün içerisinde çimlenme ve çıkış yapan karabuğday bitkisi, gelişme periyodunun kısa olması (10-12 hafta) ve gelişme döneminde sıcaklık isteğinin yüksek olmamasından

dolayı yüksek rakımlarda da yetişebilmektedir. Hem ilkbahar hem de sonbahar aylarındaki soğuklar (<5 °C) ve don olayı bitkide ani ölüme neden olmaktadır. Ayrıca çiçeklenme dönemindeki yüksek sıcaklık ve kuru hava çiçeklenmeyi olumsuz etkileyerek tohum oluşumu engellemektedir. Minimum çimlenme sıcaklığı 7 °C'nin altında olmamalıdır ve 40 °C'ye kadar sıcaklıklarda çimlenme görülmektedir. Birkaç yıl kadar canlılığını sürdüren karabuğday tohumları bitkisel üretim için bir yıldan daha eski tohumlar kullanılmamalıdır (Kan, 2014).

Son yıllarda geliştirilen glutensiz ekmek, makarna ve bisküvi gibi gıda ürünleri tahıl benzeri olarak sınıflandırılan pseudotahıllardan (tahıl benzeri) üretilmektedir. Amarant, kinoa ve karabuğday pseudo-tahıl sınıfına ait gıdalara örnek verilebilir (Yıldız ve Yalçın, 2013; Zhu, 2016). Karabuğday gluten içermemesi nedeniyle de, çölyak hastaları ve gluten intoleransı olan kişiler tarafından da son yıllarda giderek artan bir tüketim miktarına sahiptir (Kılıç ve Elmacı, 2018). Karabuğday genel olarak pirinç, sorgum, mısır, buğday ve diğer tahıllardan daha zengin mineral içeriğine sahiptir (Kılıç ve Elmacı, 2018). Karabuğday tanesinde bulunan bazı mineraller Steadman ve ark., (2001) tarafından K (565 mg/100g), P (490 mg/100g), Mg (267 mg/100g), Ca (19,7 mg/100g), Fe (3,03 mg/100g), Zn (2,92 mg/100g), Mn (1,64 mg/100g) olarak bildirilmiştir. Karabuğday Cu, Zn, Se, Mn, gibi önemli mikroelementleri, K, Ca, Na, Mg gibi makroelementleri (Crista ve Smietana, 2008), polifenoller, flavonoidler, organik asitler, inositol gibi temel fonksiyonel bileşenleri ve (Peng ve ark., 2012) yüksek düzeyde protein, diyet lif, vitamin, mineral madde, temel çoklu doymamış yağ asitlerini içermesiyle (Dizlek ve ark., 2009) besleyici değeri yüksek bir üründür. Demir içeriği ise tüm tahıl ve baklagil grubu gıdalar arasında en yüksektir. Sıklıkla anemi sorunu yaşayan insanlar, hamile bayanlar ve bebekler için ideal bir üründür (Rajbhandari, 2004). Karabuğday proteini, aminoasit kompozisyonu ile diğer tahıl proteinlerine göre besinsel olarak üstün olması yanında yüksek biyolojik değeri olan proteinlerin en iyi kaynaklarından biridir (Mariotti ve ark., 2013). Bu proteinlerin hayvansal kaynaklı proteinlere benzerliği çoktur (Rajbhandari, 2004). Değerli proteinler ile birlikte profilaktik değere sahip flavanoid, fagopirin ve tiamin bağlayıcı proteinleri içerir (Crista ve Smietana, 2008). Bu proteinlerin kolesterol düşürücü ve antihipertansiyon etkisi vardır (Live Zhang, 2001).

Ülkemizde son yıllarda alternatif bitkilerin tarımı arayışı hızla artmaktadır. Özellikle su ve besin maddesi tüketimi az olan ürün arayışları ön plana çıkmaktadır. İç Anadolu Bölgesinde su kaynaklarının azalması ve toprakların çoraklaşmaya başlamasıyla birlikte mevcut üretilen tahıl, baklagil ve diğer endüstri bitkileri ile münavebeye girebilecek karabuğday gibi alternatif olabilecek bitkiler bölgenin tarımsal olarak gelişmesinde önemli bir katma değer oluşturacaktır. Son yıllardaki doğal ve bitkisel ürünlere olan taleplerin artması nedeniyle, hammaddesi bitki olan ilaç, gıda ve fonksiyonel ürünlerin dünya ticari hacmine paralel olarak ülkemizde de artış göstermektedir (Kan, 2011). Karabuğday bu kapsamda artan taleplerin karşılanmasında değerlendirilecek bir gıda ve ilaç sanayi bitkisidir. Karabuğday bitkisinin ekonomik ve beslenme fizyolojisi açısından sahip olduğu özelliklerinden dolayı ekim alanlarının gelecekte artması beklenmektedir. Türkiye’de karabuğdayın verimli ve kaliteli üretilmesi sonucu karabuğday bitkisine dayalı endüstriyel yatırımları da beraberinde getirecektir.

2.2 Topraklarda ve Bitkilerde Bor

Bor, 3A grubunda ilk sırada yer alan 5 atom numarasıyla 10.811 g/mol kütle ağırlığıyla kimyasal sembolü B olan yarı metal özelliğe sahip mikro besin elementidir (Uluişik ve ark., 2018). Topraklarda toplam bor miktarı genellikle çok düşük düzeyde olup, 20-200 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir (Katar ve ark., 2014). Bor topraklarda değişik formlarda bulunmaktadır ve birkaç kategoriye ayrılarak toprak bor’unun fraksiyonu ve her bir fraksiyonun bitkiye elverişliliği birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır (Harmankaya ve Gezgin, 2005; Padbhushan ve Kumar, 2017; Patra ve ark., 2018). Padbhushan ve Kumar, (2017) topraklarda B’u; kolay çözünebilir B (Rs-B), spesifik olarak adsorbe edilmiş B (Spa-B), oksitlere bağlanmış B (Ox-B), organik olarak bağlanmış B (Org-B), residual B (Res-B) olarak Toplam B (To-B) ile birlikte 6 grupta sınıflandırmıştır. Bitkilere en yararlı form olan kolay çözünebilir B, toprak partikülleri tarafından zayıf bağlı ve bitkiye yararlı olan bor olarak ifade edilirken topraklarda toplam bor’un %1-2’lik kısmını oluşturmaktadır. Bitkilere en fazla yararlı ikinci bor formu ise topraklarda organik madde ve kil yüzeylerine adsorbe olarak tutunan spesifik olarak adsorbe edilmiş B formudur. Bitkiye yararlı olarak ifade edilen kalıcı fraksiyonlar ise oksitlere

bağlanmış B (Ox-B), organik olarak bağlanmış B (Org-B), residual B (Res-B) dan oluşmaktadır. Bu kalıcı fraksiyonlar toplam B'un %87.4-99.7'lik kısmını oluşturmaktadır. Topraklarda B fraksiyonları bulunuş miktarına göre ise Res B > Org-B > Spa-B > Rs-B > Ox-B sıralandırılanmaktadır. Patra ve ark., (2018) ise topraklarda B fraksiyonlarını belirlemek için yürüttükleri çalışmada toplam B'un; %0.64'ü kolay çözünebilir B, %4.74'ü spesifik olarak adsorbe edilmiş B, %5.84'ü oksitlere bağlanmış B, %4.69 organik olarak bağlanmış B ve %84.06'sı ise Residual B (%84.06) olduğunu tespit etmişler ve topraklarda B fraksiyonlarını bulunuş miktarına göre ResB>Ox-B>Org-B>Spa-B>Rs-B olarak belirtmişlerdir. Topraklar genel olarak içerdikleri bor durumlarına göre birçok araştırmacı tarafından farklı gruplandırma sınıflarına ayrılmıştır. Doğan ve ark., (2005) ve Uygan ve Çetin, (2004) toprakları bor içeriklerine göre az borlu orta borlu yüksek borlu, çok yüksek borlu topraklar olarak dört farklı grup altında sınıflandırmışlardır. Araştırmacılar, bu sınıflandırmada, az borlu topraklar 0.7 ppm'e kadar bor içermekle ve hiçbir bitki için sorun teşkil etmemekte, orta borlu topraklar 0.7-15 ppm bor içermekte ve bazı bitkiler için sorun yaratmadığı, yüksek B'lu topraklar 15-75 ppm bor içermekle ve çoğunlukla bitkiler için tehlikeli çok yüksek B'lu topraklar ise 75 ppm den fazla bor içermekte olup bütün bitkiler için tehlikeli olarak bildirilmiştir (Uygan ve Çetin, 2004). Taban ve ark., (2004) ise toprakları yarışlı bor içerikleri bakımından <0.4 mg kg⁻¹ çok düşük, 0.5-0.9 mg kg⁻¹ düşük, 1.0-2.4 mg kg⁻¹ yeterli, 2.5-4.9 mg kg⁻¹ yüksek ve >5.0 mg kg⁻¹ çok yüksek bor içeriğine sahip topraklar olarak gruplandırmışlardır. Budak ve Günel, (2015) ise toprakta bor içeriği 1 mg kg⁻¹den düşük olduğunda bitkilerde bor noksanlığının gözükebileceğini ve 5 mg kg⁻¹'in üstüne çıktığında ise bor fazlalığı nedeniyle bitkilerde toksik etkilerin ortaya çıkarak ürün kayıplarının oluşabileceğini belirtmişlerdir. Bor bu açıdan değerlendirildiğinde noksanlık ve toksite sınırı birbirine oldukça yakın olması sebebiyle üzerinde durulması gereken önemli mikroelementlerden birisidir.

Genel olarak toprak çözeltisinin pH değeri 6.3-6.5 olduğunda, bor alımı bitkiler tarafından en yüksek düzeyde gerçekleşmektedir. Artan pH değerlerinde ise bor alımı net bir şekilde düşüş göstermektedir. Diğer yandan iri taneli kumlu topraklarda yıkanma çok, adsorpsiyon ve organik madde miktarı az olduğundan bor yönünden

fakirdir (Ayvaz, 2002). Topraklarda B yarayırlılığı üzerine toprak reaksiyonunu (pH), toprak tekstürünü, kil mineralinin tipini, Al ve Fe oksit ve (oksi) hidroksitleri, karbonatları ve organik madde (OM) miktarını içeren çeşitli toprak kimyasal özelliklerine bağlıdır (Padbhushan ve ark., 2019). Ayrıca topraklarda bor yarayırlılığı toprak nemi, toprak sıcaklığı, ıslanma ve kuruma gibi faktörlerden de etkilenmektedir (Budak ve Günal, 2015; Yalın ve ark., 2019). Organik madde topraktaki B'un alınabilirliğini etkileyen önemli bir faktördür ve toprağın aktif olan kısmıdır. Organik maddenin önemli bir kısmını oluşturan humus, B'a karşı çok yüksek bir afiniteye ve kimyasal bağlantıya sahiptir bu nedenle toprakta B'un fiksasyonunda önemli bir rol oynar (Özbek, 2006). Toprak içinde fazla ve az miktarda bor bulunması bitki gelişimi için olumsuz yönde etki yapmakta ve bitki türleri arasında da bor'a karşı duyarlılık durumlarına bitki fizyolojisi etki etmektedir. Toprakların hafif bünyeli, asit veya yüksek alkali, organik maddesi az, kireç içeriği yüksek olması istenmiş olmasına rağmen çok kurak ve çok fazla yağış alan yerlerde yaşayan bitkilerde bor elementinden yeterince yararlanamaz ve bor noksanlığı ortaya çıkar (Yalçın ve Çimrin, 2017). Kuru topraklarda borun yarayırlılığı B noksanlığına neden olacak kadar düşüktür. Kuruma toprak çözeltisindeki B'un hareketliliğinin azalmasına neden olarak B'un bitkiler tarafından alınımını azaltmaktadır. B absorpsiyonunun, toprak sıcaklığının artmasıyla arttığı bilinmektedir, bununla birlikte kurak bölgelerde topraklarda su yetersizliği nedeniyle borun hareketliliği ve taşınımı olumsuz etkilendiğinden dolayı bitkilerde B noksanlığı ortaya çıkmaktadır (Özbek, 2006). Toprakların kil ve kireç kapsamı yüksek olduğunda da anyon adsorpsiyonu nedeniyle topraklarda bor yarayırlılığı azalmaktadır (Özkutlu ve ark., 2017). Bununla birlikte kurak ve yarı kurak koşullarda düşük yağış nedeniyle bor birikerek bitkiler için toksik düzeye de ulaşabilmektedir. Kurak bölgelerde sıklıkla yeraltı sularında bor konsantrasyonu yüksektir ve sıcaklık nedeniyle meydana gelen evapotranspirasyonun etkisiyle de yüzey topraklarında bor seviyesi toksik seviyelere ulaşabilir. Bu koşulların aksine aşırı yağış alan asit topraklarda ise bor, B(OH)₃ olarak yıkanarak ortamdan uzaklaşma eğilimindedir (Gupta ve Solanki, 2013). Türkiye'de bor ile yürütülen çalışmalar özellikle kurak ve yarı kurak alanlarda yoğunlukla çalışılmıştır ve sonuçlara göre toprakların elverişli B miktarlarının 0.01 ile 63.9 mg kg⁻¹ arasında değiştiği ve toprakların %26.6'sında bölgenin önemli bitki

gurubunu oluşturan tahıllar için B noksanlığı ($<0.5 \text{ mg kg}^{-1}$) ve %18 'inde ise B toksitesi ($>3.0 \text{ mg kg}^{-1}$) bulunduğu belirlenmiştir (Özbek, 2006). Gezgin ve ark., (2002)'nin Konya topraklarının B kapsamlarının belirlenmesi için yaptıkları bir çalışmada, ortalama olarak 2.48 ppm B içerdiklerini ve toprakların elverişli B kapsamının %26.5'inde yetersiz ($<0.5 \text{ ppm}$), %64.3'ünde yeterli ($0.5-5 \text{ ppm}$) ve %9.2'sinde toksik ($>5 \text{ ppm}$) düzeyde olduğunu bildirmişlerdir. Karadeniz bölgesinde bor çalışmalarına son yıllarda ağırlık verilmesine rağmen çalışmalar yetersiz kalmaktadır. Bölge topraklarının asitli olması nedeniyle bu bölge topraklarında da B'un topraklarda davranışının bir sonucu olarak B noksanlığının ortaya çıkması kaçınılmaz bir sonuçtur. Ordu, Samsun illerinden alınan toprak örneklerinde toprakların B miktarlarını belirlemek üzere yürütülen bir çalışmada toprakların B miktarlarının %71 oranında noksan olduğu bildirilmiştir (Özkutlu ve ark., 2017). Konuyla ilgili olarak yürütülen bir diğer çalışmada ise Tarakçıoğlu ve ark., (2003) Ordu ilinde toprakların %93.9'unda B noksanlığı olduğunu belirtmişlerdir.

Bor, bitkilerin vejetatif ve generatif gelişimlerini etkileyen, metabolik faaliyetlerini devam ettirebilmeleri için gerekli olan bir mikro besin elementidir. Borun bitki metabolizmasındaki kesin rolü tam olarak bilinmemesine rağmen yetersiz veya aşırı miktarda B alımına bağlı olarak da bitkilerde çok sayıda metabolik bozukluklar ortaya çıkmaktadır (Akın, 2018). Bor'un bitkilerce yararlı formu toprakta çözünebilen, bağımsız, iyonize olmamış H_3BO_3 , $\text{B}(\text{OH})_3$ veya iyon $\text{B}(\text{OH})_4^-$ şeklindedir (Akçam-Oluk ve Demiray, 2004). Toprak çözeltisinde çeşitli formlarda bor bulunur, ancak toprak pH'sının 5.5-7.5 değerlerinde, en elverişli form olan borik asittir ($\text{B}(\text{OH})_3$). Bitkilerin bor'u topraktan $\text{B}(\text{OH})_3$ şeklinde aldıkları kabul edilir (Camacho-Cristóbal ve ark., 2008). Bor bitki bünyesinde fenolik bileşiklerin ve nükleik asit sentezinde, karbonhidrat 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; Uluşık ve ark., 2018).

Bitkilerin B kapsamı $20-100 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişiklik göstermektedir. Bitki türleri hatta aynı türün çeşitleri arasında bitki dokularındaki B miktarları farklılık göstermesine rağmen bitki kuru maddesinde 20 mg kg^{-1} B birçok bitki açısından

kritik noksanlık düzeyi olarak belirtilmiştir (Barut ve ark., 2018). Gupta ve Solanki, (2013) ise bitki kuru maddesinde bor kritik sınırlarının 10-50 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Bitki bünyesinde B'un hareketliliği immobil olarak ifade edilmektedir ve sınırlıdır. Bitkilerde B alımını ksilemde gerçekleşirken floem hareketliliğinin sınırlı olması sebebiyle bitkilerde farklı organlara taşınmasında düşük hareketliliğe sahiptir ve immobile olarak ifade edilmektedir (Mattos ve ark., 2017). Bor'un bitkiler tarafından pasif absorpsiyon yolu ile B(OH)₃ alındığı bilinmesine rağmen, az da olsa aktif absorpsiyon yolu ile de B(OH)₄ şeklinde de alınır. Borun alınması ve iletim borularında taşınması bitkinin su alımı ile yakından ilgilidir. Bor'un topraklardan alınarak bitkilerde yukarı doğru taşınmasında ksilem yoluyla taşınımı nedeniyle de bitkinin su alımını ve transpirasyon bor taşınımını etkilemektedir. B transpirasyona bağlı olarak taşınmasını, yaprak uçları ve kenarlarında B birikiminin nedenini de açıklamaktadır. B'un yapraklarda bu şekilde birikmesi toksik etkilere neden olmaktadır. Bazı bitkiler B birikiminin neden olacağı toksik etkilerden korunmak için ve fazla tuzun bitkilerden atılmasında kullanılan gutasyon damlaları içinde B'u dışarı atma mekanizmasını geliştirmiştir (Özbek, 2006). Ksilemin yanı sıra bor floem yoluyla da hem üreme hem de vejetatif dokulara da taşınabilmektedir, ancak bu özellik bitki türleri arasında değişiklik göstermektedir. Bor'un floem taşınmasına aracılık ettiği ileri sürülen bir mekanizma, taşıyıcı moleküller olarak bilinen bor-diol komplekslerinin oluşumuyla ilişkilidir. Bor bitki dokularında cis-hidroksil şeker alkollerinin (mannitol ve sorbitol) gruplarına bağlanarak da floemde taşınabilir. Bununla birlikte, floem yoluyla, özellikle genç dokulara B taşınması, bu tür karbonhidratları üretemeyen bitkilerde de meydana gelebilmesine rağmen bor'un floem taşınımından sorumlu moleküler mekanizması tam olarak anlaşılamamıştır (Camacho-Cristóbal ve ark., 2008).

Bitkilerde bor taşınımı bakımından bitki türleri arasında hatta aynı türün çeşitleri arasında önemli farklılıklar olduğu belirtilmiştir (Çakıcı ve Aslan, 2012). Bitkilerin bor alım kapasiteleri ve bor noksanlığına karşı duyarlılıkları oldukça değişiklik gösterirken çift çenekli bitkiler, tek çeneklilerden daha fazla bor alma kapasitesine sahiptirler (Demirtaş, 2005). Bitkilerin ihtiyaç duydukları B miktarı oldukça azdır ancak yeterlilik ve toksite sınırı arası oldukça dardır. Bitki gelişimi açısından bor

oldukça önemli bir mikro elementtir artan bor uygulamaları bitki gelişimini önemli ölçüde artırırken bor noksanlığında bitki gelişimi önemli ölçüde azalmaktadır. Konuyla ilgili olarak yürütülen bir çalışmaya çalışmalarda Singh ve ark., (2007) bakla, Horuz ve Özcan, (2017) mısır, Gülümser ve ark., (2005), Cömert ve Çelik, (2017) ve Barut ve ark., (2018) fasulye, Tepe ve Aydemir, (2017) mercimek ve Katar ve ark., (2014) aspir gibi farklı bitkilerde bor uygulamalarının bitkilerde verimi etkileyen önemli bir faktör olduğunu belirtmişlerdir.

2.3 Topraklarda ve Bitkilerde Potasyum

Potasyum dünyada yer kabuğunda yedinci en çok bulunan elementtir. Topraklarda potasyum konsantrasyonu %0.04 ve 3.00 arasında değişiklik göstermektedir. (Ashley ve ark., 2006). Genel olarak yer kabuğu %2.3 oranında potasyum içermektedir ve potasyumun büyük bir bölümü kil minerallerine bağlı olarak bulunmaktadır, bu nedenle kil minerallerince zengin topraklar genellikle potasyumca zengindir (Güneş ve ark., 2000). Toprakta bulunan potasyumun %90-98'i bitkiler tarafından yararlanılamaz, %1-10'u güç yararlanılabilir, %1-2'si de kolay yararlanılabilir durumda bulunmaktadır (Güzel ve ark., 2002). Yağışın fazla olduğu kaba bünyeli mineral ve organik topraklar ile tropik bölge topraklarında potasyum yıkanma ile kayba uğramakta ve potasyum noksanlığı ortaya çıkabilmektedir. Potasyumun bitkilere uygulanmasında toprakta potasyum düzeyinin analizlerle belirlenmesi gerekmektedir. Toprağa uygulanacak olan potasyumlu gübre miktarı belirlenirken bitki çeşidi, uygulanan tarım sistemi ve toprağın bitki tarafından yararlanılabilir potasyum içeriği gibi çeşitli etmenlerin dikkate alınması gereklidir (Güngör ve ark., 2005).

Toprak çözeltisinde bulunan çeşitli elementlerin kil mineralleri tarafından, kil tabakaları arasında hapsedilerek, bitkilere yararlı ya da az yararlı hale dönüşmesi olayına, genel olarak fiksasyon denir (Mola ve Towfighi, 2018). Toprakta fiksasyona uğrayan elementlerin başında potasyum ve amonyum gelmektedir. Bu iki elementin iyonik yarıçaplarının sonucu olarak, toprakta fikse olma olasılığı çok yüksektir. Toprağa gübrelerle verilen potasyum ve amonyum iyonlarının, toprak özelliklerine bağlı olarak bir bölümü fikse edilmektedir. Fikse edilmiş potasyum ve

amonyum iyonlarından bitkiler ve mikroorganizmalar çok az yararlanabilmektedir (Eroğlu, 2005).

Potasyum (K^+) tüm bitkiler tarafından bitki besin elementlerine göre azottan sonra en fazla alınan bitki besin elementlerinden biridir (Güzel ve ark., 2002). Bitkilerden kaliteli ürün ve yüksek verim alınabilmesi için potasyum elementi önemli bir yere sahiptir. Potasyumun çeşitli kültür bitkilerinde kalite ve verimi arttırdığı, yapılmış pek çok sayıda araştırma ile kanıtlanmıştır (Martineau ve ark., 2017; Dhillon ve ark., 2019; Jasar ve ark., 2019). Potasyum bitkilerde mobil şekilde bulunur bitkilerde yaşlı yapraklardan genç yapraklara doğru sürekli hareket halindedir. Potasyumu topraktan bitkiler K^+ formunda alırlar. Bitkilerin gereksinimini duyduğu K^+ 'un büyük bir bölümü bitkinin vejetatif gelişme döneminde alınır (Wang ve Wu, 2017).

Potasyum gerek bitki dokularındaki miktarı gerekse fizyolojik, metabolik ve biyokimyasal işlevleri yönünden bitki gelişmesi için gereksinim duyulan ve bitkilerin büyüme ve gelişme dönemleri boyunca topraktan en çok kaldırdıkları bitki besin elementlerinden biridir. Potasyumun bu işlevleri ile birlikte, bitkilerde ürünün miktarı ve ürün kalitesi artar. Potasyum fotosenteze, enzim aktivitesine, fotosentez ürünlerinin ve bitki besin elementlerinin taşınmalarına yardım eder, protein oranını artırır, turgoru ve bitki su tüketimini dengeler. Potasyum ayrıca fotosentezi ve ardından karbonhidrat translokasyonu ve metabolizmasını düzenler ve sonuçta ürün verimini ve kalitesini etkilemektedir (Tuna ve ark., 2016; Wang ve Wu, 2017; Yağmur ve Okur, 2017).

Potasyum elementinin bitki bünyesindeki işlevi katalitik (etkileyici) olup çeşitli enzimlerin aktivasyonu, azot metabolizması, karbonhidrat metabolizması ve proteinlerin yapımı, fizyolojik yönden çeşitli organik asitlerin nötrleştirilmesi, mineral bitki besin elementleri işlevlerinin denetlenmesi ve düzenlenmesi, yaprak yüzeylerinde bulunan stoma (gözenek) açıklıklarının su durumuna göre düzenlenmesi ve meristematik dokunun gelişiminin hızlandırılması gibi birçok fizyolojik işlevlere etki etmektedir (Kıllı ve Küçükler, 2005).

Potasyum, verimin yanında ürünün kalitesini ve hasat sonrası raf ömrünü uzatmaktadır. Ayrıca bitkilerin tuzluluk, don, kuraklık, havasız toprak koşulları ve

alkalik gibi hastalık gibi abiyotik ve biyotik stres etmenlerine karşı dayanıklı olmasını sağlamaktadır. Yeterli miktarda potasyum ile beslenmiş bitkiler stres koşullarında da iyi ürün verebilmektedir (Ali ve Rab, 2017). Potasyum elementi ile beslenme bitkilerin toplam fenol içeriğini artırır. Fenoller suberin ve lignin habercisi olarak görev yapmaları nedeniyle bitki bünyesinde mekanik bariyer oluşturarak, bitkilerin savunma mekanizmasında önemli rol oynamaktadırlar (Öktüren ve ark., 2005). K noksanlığının olduğu alanlarda tuzluluk bitkilerde daha fazla olumsuz etkide bulunurken, potasyumun yeterli ve yüksek olduğu bölgelerde ise tuzluluk bitkilerde daha az olumsuz etki yapmaktadır (Volkov, 2015).

Bitkide potasyum belli enzimlerin katalizörü veya aktivatörüdür. Kök gelişmesinin ve tüm bitkinin sağlıklı olmasını ve direncini etkiler. Organik tuzlar şeklinde depolanır veya taşınır, stoma hücreleriyle turgoru kontrol eder, floemde magnezyumun taşınımını ve fotosentezi artırır. Bitkide potasyum hareketli bir element olduğu için yetersizlik belirtileri önce yaşlı yapraklarda görülür. Potasyum noksanlığının tipik belirtisi yaprak kenarlarında sarı-klorotik ve ölü nekrotik bölgeler görülmesidir (Özyiğit ve Bilgin, 2014).

Su dengesi üzerine potasyum bitkilerde önemli bir etkiye sahiptir. Yeterli K bulunmaması durumunda bitkide büyüme oranının ve hücre büyüklüğünün azalmasına paralel olarak bitki dokularında su miktarı da azalmaktadır. K genç bitki dokularında turgor oluşumunda ve hücre büyümesinde önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle K eksikliğinde hücre organellerinde ve bitki dokularında anormal gelişmeler görülür ve bu bitkilerde turgor basıncı düşer (Kacar ve Katkat, 2006). Potasyum, bitkinin tuz ve su stresine karşı toleransını arttırmaktadır. K bitkide yeterli düzeylerde bulunduğu transpirasyon kontrol altına alınmaktadır.

Potasyum noksanlığında, bitkilerde turgor basıncı düşer, su noksanlığı ile bitkiler gevşek dokulu bir yapıya sahip olur ve hücre organellerinde anormal gelişmeler görülür. Ligninleşme azalır, bitkilerde kök ve tepe büyümesi olumsuz şekilde etkilenir, absorbe edilen azot bağımsız aminoasitlerine dönüştürüldüğü için protein sentezi yeterince gerçekleştirilemez, dondan zarar gören bitkilerde sapın kuvvetli gelişmemesi nedeniyle yatma olur (Kacar ve ark., 2002).

2.4 Bor ve Besin Maddeleri Arasındaki Etkileşimler

Potasyum ve Bor'un bitki fizyolojisindeki rolleri nedeniyle, bu iki bitki besin elementinin bitki gelişimi üzerindeki etkileri önemlidir. Hem K hem de B, bitkide tampon görevi görür ve iletken dokuların bakımı için gereklidir (Mengel ve Kirkby, 2001). Optimal bir B seviyesinin, hücre zarındaki K geçirgenliğini arttırdığı tespit edilmiştir (Schon ve ark., 1990). B elementinin toksik seviyelerinde, mısır ve sorgum bitkilerinde (İsmail, 2003), turpta (Tariq ve Mott, 2006), domateste (Huang ve Snapp, 2009) ve pirinçte (Kumar ve ark., 1981) artan B içeriğiyle birlikte bitkilerde K içeriğinde de artış olduğu bildirilmiştir. B yüksek dozlarda uygulandığında kolaylıkla toksite göstermektedir ve büyüme ortamına uygulanan K'un bitkilerde B toksitesinin olumsuz etkilerinin giderilmesine de etkin rol oynadığı bildirilmiştir (Çıkkılı ve ark., 2013; Samet ve ark., 2013).

Samet ve ark., (2015) biber bitkisinde 3 farklı K (0, 200 ve 400 mg kg⁻¹) ve 4 farklı B seviyesinin (0, 5, 10 ve 20 mg kg⁻¹) büyüme ve mineral besin içeriği üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Potasyumun bitkilerde B toksitesine bağlı olarak bitki büyümesi üzerindeki inhibe edici etkisini kısmen hafiflettiğini belirtmişlerdir. Ayrıca bitkilere artan dozlarda ilave edilen B'un, bitkilerde Fe, Cu, P, Mn, Mg, Na ve Ca'nın konsantrasyonunu arttırırken, K, Ca, Na, P ve Mg konsantrasyonu azalttığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar, büyüme ortamına K'un ilave edilmesinin, bitki büyümesindeki azalma ve aşırı B'un neden olduğu mineral dengesizliklerin azaltılmasında da etkili olabileceğini ifade etmişlerdir.

Sathi Babu ve ark., (2017) hindistan cevizi bitkisinde 3 farklı seviyede K (900, 1200 ve 1500 g K₂O) ve B (25, 50 ve 100 g boraks) uygulaması yaparak bitki gelişimi ve K ve B arasındaki ilişkiyi ortaya koymaya çalışmışlardır. Yürütülen çalışmada yaprak K içeriğinin, düşük düzeydeki B seviyeleri için artış eğilimi gösterdiğini belirtirken ve artan miktarda B uygulamasıyla bitkilerde B içeriğinin de önemli ölçüde arttığını belirtmişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre artan düzeyde K uygulamaları bitkilerde B içeriğini azaltmıştır. Araştırmacılar, bu etkinin bitkilere aşırı potasyum uygulamasından kaynaklanabileceği sonucuna varmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, yaprak B içeriği bakımından, düşük potasyum uygulamaları ile bor arasında sinerjistik etkileşimin, yüksek K koşullarında ise antagonistik etkileşimin

olduğunu göstermiştir. Yapılan araştırmalar, bitkilerde K ve B arasında bir dengenin bulunduğu ve kullanılabilir B içeriği dūřuk topraklar da uygulanan K'un, B alımını azaltarak bitkide bor noksanlığına neden olabileceğini ifade etmektedir (Aydın ve ark., 2003). Bor ile potasyum arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır. Potasyum ve B arasındaki ilişkinin diğer bir boyutu da bitkiye aşırı potasyum uygulaması yapılmışsa bitkinin verim dūřuřünü önlemek için bor uygulaması yapılmasının bitkilerde potasyum alımını azaltacağı ve bitkilerde gözlemlenebilecek olan toksik etkilerin azaltılabileceği yönündedir (Ho, 2000). Birçok araştırıcıya göre, büyüme ortamındaki B'un bitkiye yararılışlı K'un alımını olumlu etkilediği ve B ile K arasında sinerjik bir ilişkinin olduğu bildirilmiştir (Tariq ve Mott, 2006).

Sharma ve ark., (2017) bor, potasyum ve çinko uygulamalarının etkilerini araştırdıkları bir çalışmada bor uygulamalarının bitkilerde potasyum içeriğini önemli ölçüde artırdığını ve bunun bor ve potasyum arasında olan sinerjik ilişkiden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1 Materyal

3.1.1 Deneme Toprağının Özellikleri

Ordu üniversitesi araştırma uygulama arazisinde düşük bor ve potasyum içeriğine sahip toprak 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 ortamdan uzaklaştırılmıştır ve örnekteki kesekler tahta tokmaklar ile yapısı bozulmayacak şekilde parçalanmıştır. Daha sonra 4 mm'lik elekten geçirilen toprak deneme materyali olarak kullanılmıştır.

3.2 Metot

3.2.1 Sera Denemesi

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.

Ekimi takiben bitkilerde Bor ve Potasyuma bağlı olarak gelişim farklılıklarının meydana geldiği dönemde, yaklaşık 8 hafta boyunca saf su ile sulanarak ve sonunda toprak yüzeyinin 1 cm üzerinde, tüm bitiler eşit seviyeden kesilerek hasat edilmiştir. Hasat işlemi gerçekleştirildikten sonra bitki örnekleri saf su ile yıkanarak 65 °C de sabit ağırlığa gelinceye kadar etüvde kurumaya bırakılmıştır.

3.2.2 Toprak Örneklerinde Yapılan Rutin Analizler ve Uygulama Metotları

3.2.2.1 Toprakta Bitkiye Yararışlı Bor Analizi

Toprakta sıcak su çıkartılan ekstraksiyonu sonrası, Azometin-H ile oluşturulan kompleksin renk yoğunluğuna dayanılarak belirlenmiştir (Wolf, 1971).

3.2.2.2 Toprak Reaksiyonu (pH)

1:2.5 oranında toprak su (10g/25ml) karışımının çalkalama makinesinde çalkalanmasında sonra, cam elektrotlu pH-metre yardımıyla ölçülmüştür (Richard, 1954).

3.2.2.3 Toprakta Total Tuz (EC)

Toprak ile deiyonize su veya başka çözeltilerin belirli oranlarda karıştırılması şeklinde hazırlanan solüsyonun birim hacminden geçen elektiriğin ölçülmesi esasına dayanır (Richard, 1954).

3.2.2.4 Toprak Tekstürü

Toprak taneciklerinin büyüklüklerine göre kum, silt ve kil olarak toprak içerisindeki yüzde içerikleri, Bouyoucos hidrometre yöntemi ile ölçülmüştür. Bu yöntemde, taneciklerin süspansiyonda çökme hızından büyüklükleri hesaplanmıştır. Toprakların tekstürlerine göre; Bouyoucos, (1951)'deki tekstür üçgeni esas alınarak tekstür sınıfları belirlenmiştir.

3.2.2.5 Toprağın Kireç İçeriği

Toprakta bulunan kalsiyum karbonatın seyreltik hidroklorik asit (HCl) ile tepkimesi sonucu açığa çıkan karbondioksit miktarının kapalı bir sistemde standart sıcaklık ve basınç altındaki karbondioksit gazı hacminden hesaplandığı, kalsimetrik yöntem ile ölçülmüştür (Schlichting ve Blume, 1966).

3.2.2.6 Organik Madde

Walkey-Black ıslak yakma yöntemiyle toprakta bulunan karbonun saptanması ve buradan organik madde miktarının hesaplanması Nelson ve Sommers, (1982)' da belirtildiği şekilde yapılmıştır.

3.2.2.7 Yarayışlı Demir (Fe), Çinko (Zn), Bakır (Cu) ve Mangan (Mn)

Lindsay ve Norvell, (1978) tarafından açıklandığı gibi, toprak-çözelti oranı 1:2 olacak şekilde 0.005 M DTPA (diethil triamin penta asetik asit) + 0.01 M CaCl₂ + 0.1 M TEA (trietanolamin) karışım çözeltisi (pH:7.3) ile 2 saat çalkalanarak ekstrakte edilen süzükte Fe, Zn, Cu ve Mn Analytikjena AAS atomik absorpsiyon spektrofotometresinde belirlenmiştir.

3.2.2.8 Yarayışlı Fosfor (P)

Yarayışlı fosfor analizi Olsen ve ark., (1954) tarafından sodyum bikarbonat çözeltilisi kullanılarak yapılan yöntemin değiştirilmiş şeklinde, askorbik asit ve çok düşük konsantrasyonda antimonil içeren asitlendirilmiş tek bir amonyum molibdat çözeltilisi kullanılması ile yapılmıştır (Watanabe ve Olsen, 1965).

3.2.2.9 Ekstrakte Edilebilir Potasyum (K)

Jackson, (1958) tarafından bildirildiği şekilde, toprak örnekleri 1.0 N nötr (pH: 7.0) amonyum asetat ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) ile ekstrakte edilerek süzükteki potasyum (K) fleymfotometre ile belirlenmiştir.

3.2.2.10 Toprakta Sıcak Suda Erir Formda Yarayışlı Bor (B) Analizi

Toprağın sıcak su ekstraktındaki bor miktarı, ICP-OES'de okunarak doğrudan veya Azometin H ile oluşturulan kompleksin renk yoğunluğuna dayanılarak belirlenmiştir (Wolf, 1971).

3.2.3 Bitki Örneklerinde Yapılan Rutin İşlemler

3.2.3.1 Bitki Örneklerinin Analize Hazırlanması

Bitki örneklerinde kuru madde verimleri belirlendikten sonra agat değirmeninde öğütölmüştür. Öğütölen bitki örneklerinden 0.200 g tartılarak yüksek sıcaklığa dayanıklı cam şişelere ve 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 süzölerek örneklerin analize hazırlama işlemleri tamamlanmıştır.

3.2.3.2 Bitki Örneklerinde Potasyum Analizi

Bitki örneklerinin kuru veya yaş yakma yöntemlerinden biri ile yakılmasıyla elde edilmiş bitki çözeltilisinin (Hanlon ve De Vore, 1989), aleve püskürtölmesi ile oluşan potasyuma özgül ışığın intensitesinin fleymfotometrede (Mathis, 1956) belirlenmesi esasını dayanır.

3.2.3.3 Bitki Örneklerinde Bor Analizi

Bitki örneğinin kuru yakma yöntemiyle yakılarak elde edilmiş bitki çözeltilisindeki (Isaac ve Berger, 1971) borun, azometin-H çözeltilisi ile oluşturduğu sarı renk kompleksi yoğunluğunun 420 nanometre dalga boyuna ayarlanmış spektrofotometrede belirlenmesi (Wolf, 1971; Wolf, 1974) esasına dayanılarak yapılmıştır.

3.2.3.4 Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışma 3 tekrarlı olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre serada saksı denemesi şeklinde yürütülmüştür. Araştırmada elde edilen veriler SAS v. 9.0 istatistik programında varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamaların karşılaştırılmasında LSD (Least Significant Differences) metodu kullanılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 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 4.1’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.

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 4.1). 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), 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 4.1). 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 4.1). 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.

Çizelge 4.1 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-ı	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 ı-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.

Araştırma sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.1), bor ve potasyum interaksyonu arasında istatistiksel olarak P<0.001 düzeyinde fark görülmüştür. Çizelge 4.1 incelendiğinde karabuğday bitkisindeki bor ve potasyum interaksyonunun kuru madde miktarları 10.04 g ile 25.40 g arasında değiştiği görülmektedir. Araştırma sonuçlarına göre; en yüksek bitki kuru ağırlığı 25.40 g saksı⁻¹ ile 2.5 mg B kg⁻¹ ile 50 mg K kg⁻¹ interaksyonundan elde edilirken en düşük kuru madde 10.04 g ile 40 mg kg⁻¹ dozunda uygulanan bor ile potasyum uygulaması yapılmayan kontrol dozu interaksyonunda 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 4.1). 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.

4.2 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 miktarları Çizelge 4.2.'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 bitki de 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 4.2). 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 bitki de 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. 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), mısır (Hamurcu ve ark., 2016) uygulanan bor dozundaki artışa bağlı olarak bitkilerde bor konsantrasyonunda önemli artışlar olduğunu belirtmişlerdir.

Karabuğdayda potasyum uygulamalarının bitki de 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 4.2). 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 incelendiğindeki potasyum uygulaması yapılmayan kontrol koşullarında bitkilerde bor konsantrasyonunun 82.81 mg kg⁻¹ olduğu belirlenirken, potasyum uygulamalarının bitkilerde bor içeriğini 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.

Çizelge 4.2 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-ı	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-ı	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 ı-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	***	24.27					

*** istatistiksel olarak P<0.001 düzeyinde önemlidir.

Araştırma sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.2), bor ve potasyum interaksyonu arasında istatistiksel olarak (P<0.001) önemli bir fark olduğu saptanmıştır. Karabuğday bitkisindeki bor ve potasyum interaksyonunun bor konsantrasyonu 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 interaksyonlarından 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 4.2). 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⁻¹'e kadar yükseltmiştir. Potasyumun 100 ve 200 mg kg⁻¹ uygulamaları da kontrole göre bor konsantrasyonunu artırsa da artan potasyum 400 mg kg⁻¹ dozunda kontrole göre azaltarak 18.93 mg kg⁻¹'e 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.

Araştıma 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).

4.3 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 4.3'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 bitki de 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 4.3). 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 bitki de 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) ile elde edilmiştir (Çizelge 4.3). 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 birçok bitkide potasyum uygulamalarına bağlı olarak potasyum konsantrasyonunda önemli artışlar olduğu belirtilmiştir.

Çizelge 4.3 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 4.3), bitkilerde potasyum konsantrasyonu üzerine bor ve potasyumun birlikte uygulanması istatistiksel olarak ($P<0.01$) önemli etki göstermiştir. Çizelge 4.3 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} interaksiyonlarından 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 interaksiyonunda elde edilmiştir. Konuyla ilgili olarak karabuğdayda bir literatüre rastlanmamıştır. Bu çalışmaya benzer şekilde mısır bitkisinde yürütülen bir çalışmada araştırmacılar bor uygulamalarının potasyum alınımına etki etmediğini ancak yüksek dozlarda bor uygulamalarının potasyum alınımını olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir (Çelik ve ark., 2017).

4.4 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 4.4’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 4.4). 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 4.4) 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 4.4). Karabuğday bitkisinde gövde tarafından topraktan kaldırdıkları bor miktarları bu değerler arasında dağılım göstermiştir.

Çizelge 4.4 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.

Karabuğday bitkisinde gövde tarafından topraktan kaldırılan bor miktarı üzerine bor ve potasyum interaksyonu da istatistiksel olarak (P<0.001) önemli çıkmıştır. Çizelge 4.4 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 interaksyonlarından 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 4.4 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 madde de meydana gelen ciddi azalıştan kaynaklandığı düşünülmektedir. Sonuçlar karabuğday tarafından kaldırılan B açısından değerlendirildiğinde kuru madde de 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.

4.5 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 4.5'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 4.5), bor uygulamalarının kaldırılan potasyum üzerine etkisi 0, 2.5, 5, 10 ve 20 mg kg⁻¹ dozlarında istatistiksel olarak aralarında fark gözükmeyerek 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 4.5). 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 4.5) 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 4.5). Karabuğday bitkisinde gövde tarafından topraktan kaldırdıkları potasyum miktarları bu iki değer arasında dağılım göstermiştir.

Çizelge 4.5. 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	324.44 bc	335.60 A
400	322.88 bc	344.59 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 4.5 incelendiğinde, en yüksek kaldırılan potasyum miktarı 385.45 mg K saksı⁻¹ ile 400 mg kg⁻¹ K ile 5 mg kg⁻¹ B

interaksiyonundan elde edilirken en düşük kaldırılan potasyum miktarı ise 159.40 mg K saksı⁻¹ ile potasyum uygulaması yapılmayan kontrol dozu ile 40 mg kg⁻¹ B interaksiyonundan elde edilmiştir (Çizelge 4.5). Karabuğday bitkisinde gövde tarafından topraktan kaldırdıkları bor ve potasyum interaksiyonu 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 interaksiyonlarında birlikte değerlendirildiğinde uygun dozlarda ise kaldırılan potasyum ve bor uygulamaları arasında sinerjik bir ilişkinin olduğunu göstermektedir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, karabuğday bitkisinde bor alınımı ve toksitesi üzerine potasyum uygulamalarının etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma sonuçları incelendiğinde, B ve K uygulamalarının kuru madde, kaldırılan B ve K miktarı ve bunların bitki dokularında ki konsantrasyonları üzerine önemli etkileri olduğu bulunmuştur.

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. 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 bir kuru madde azalışına yol açmıştır.

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 Karabuğdayda kuru madde açısından değerlendirildiğinde potasyum uygulamaları bitki kuru ağırlığını önemli düzeyde artırmıştır ancak bu artış 100 mg kg⁻¹ K uygulamasına kadar önemli etki ederken artan dozlarda potasyumun kuru madde miktarına etkisi önemli bulunmamıştır.

Potasyum ve bor arasındaki ilişkinin belirlenebilmesi açısından kuru madde ile bitki dokularında ki B ve K konsantrasyonlarının birlikte değerlendirilmesi oldukça yararlı olacaktır. Karabuğdayda artan dozlarda potasyum uygulamalarının karabuğdayda bor konsantrasyonu üzerine etkisi incelendiğinde, potasyum uygulaması yapılmayan kontrol koşullarında bitkilerde bor konsantrasyonunun 82.81 mg kg⁻¹ olduğu belirlenirken, potasyum uygulamalarının bitkilerde bor içeriğini 50 mg K kg⁻¹ dozuna kadar artırdığı (90.94 mg kg⁻¹) ve potasyum dozunun daha da artması ile bitki

dokularında bor konsantrasyonunun (66.90 mg kg^{-1}) önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir. Bu sonuçlar, özellikle bor toksitesi olan alanlarda bitkilere potasyum uygulamasının bitki dokularında bor konsantrasyonunu azaltabileceğini ve bor fazlalığından kaynaklanan olumsuz koşulların hafifletebileceğini düşündürmektedir. Karabuğdayda bor ve potasyum uygulamalarının bitki de potasyum konsantrasyonu üzerine etkileri değerlendirildiğinde artan bor ve potasyum uygulamalarına bağlı olarak bitki dokularında potasyum konsantrasyonu da önemli düzeyde artış göstermiştir.

Karabuğday bitkisinde gövde tarafından kaldırılan bor miktarı artan bor uygulamalarıyla beraber artmıştır. Araştırma sonuçlarına göre en yüksek kaldırılan bor miktarı ortalama olarak $2.46 \text{ mg saksı}^{-1}$ ile 40 mg B kg^{-1} dozunda ve en düşük bor uygulaması yapılmayan kontrol dozunda $0.77 \text{ mg saksı}^{-1}$ ile elde edilmiştir. Karabuğday bitkisinde gövde tarafından topraktan kaldırılan bor miktarı üzerine potasyum uygulamalarının etkilerinin önemli olduğu belirlenmiştir. Bitkiler tarafından kaldırılan B miktarı 50 mg K kg^{-1} uygulamasına kadar artış gösterirken, bu dozdan sonra K dozuna bağlı olarak azalma eğilimindedir. Potasyum uygulanmayan koşullarda bor uygulamaları altında karabuğday tarafından kaldırılan bor değerlerinin 0.41 ile $2.06 \text{ mg B saksı}^{-1}$ 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 $1.40 \text{ mg B saksı}^{-1}$ olduğu görülmektedir. Kaldırılan B seviyesindeki bu azalışın karabuğdayda ortaya çıkan B toksitesi nedeniyle kuru madde de meydana gelen ciddi azalıştan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Karabuğday bitkisinde gövde tarafından kaldırılan potasyum miktarı incelendiğinde kaldırılan potasyum miktarı artan potasyum uygulamaları ile artış gösterirken bor uygulamalarına bağlı olarak azalmıştır. Karabuğdayda en yüksek kaldırılan bor miktarı $322.71 \text{ mg saksı}^{-1}$ ile 10 mg B kg^{-1} ve en düşük kaldırılan potasyum miktarı $257.04 \text{ mg saksı}^{-1}$ ile 40 mg B kg^{-1} dozunda elde edilmiştir.

Karabuğday bitkisinde kaldırılan potasyum miktarları üzerine potasyum uygulamalarının etkileri incelendiğinde artan potasyum uygulamalarıyla beraber potasyum alınımında önemli artışlar olduğu belirlenmiştir. Karabuğdayda en yüksek kaldırılan potasyum miktarı 346.17 mg saksı⁻¹ ile 400 mg K kg⁻¹ dozunda ve en düşük kaldırılan potasyum miktarı ise potasyum kontrol dozunda 229.51 mg saksı⁻¹ ile elde edilmiştir. Bitkiler tarafından kaldırılan potasyum açısından sonuçlar irdelendiğinde, uygulanan potasyumun kaldırılan potasyum miktarını arttığı, buna karşın artan bor dozlarına bağlı olarak da kaldırılan potasyum miktarının önemli ölçüde azaldığı görülmektedir.

Karabuğday bitkisinde gövde tarafından kaldırılan potasyum üzerine bor ve potasyum interaksiyonu incelendiğinde, en yüksek kaldırılan potasyum miktarı 385.45 mg saksı⁻¹ ile 400 mg K kg⁻¹ ile 5 mg B kg⁻¹ interaksiyonlarından elde edilirken ve en düşük kaldırılan potasyum miktarı ise 159.40 mg saksı⁻¹ ile potasyum uygulaması yapılmayan kontrol dozu ve 40 mg B kg⁻¹ interaksiyonlarından elde edilmiştir.

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. Araştırma sonuçları 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.

6. KAYNAKLAR

- Acar, R., Güneş, A., Topal, İ., & Gummadov, N. (2011). Farklı bitki sıklıklarının karabuğday'da (*Fagopyrum esculentum Moench.*) verim ve bazı verim unsurlarına etkisi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 25(3), 47-51.
- Alkan, A. (1998). Farklı tahıl ürünleri ile buğday ve arpa çeşitlerinin bor toksisitesine dayanıklılığının araştırılması ve dayanıklılıkta rol alan faktörlerin belirlenmesi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Adana.
- Ali, S. G., & Rab, A. (2017). The influence of salinity and drought stress on sodium, potassium and proline content of *Solanum lycopersicum* L. cv. Rio grande. *Pakistan Journal of Botany*, 49 (1), 1-9.
- Anonim, (2017). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/countryprofiles/index/en/?iso3=TUR->(Erişim tarihi 05.04.2017).
- Anonim, (2019). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#data-> (Erişim tarihi 16.08.2019).
- Arı Baykal, Ş., & Öncel, I. (2006). Buğday fidelerinin bor toksisitesine toleransında çözümlü fenolik ve çözümlü protein miktarındaki değişimler. *Fen Bilimleri Dergisi*, Cilt:27, Sayı:1.
- Arslan, N. (2014). Karabuğday (*Fagopyrum esculentum Moench*) hem gıda hem de ilaç hammaddesi. *Gıda Hattı*, 48, 6869.
- Akın, F. (2018). Farklı miktarlarda bor uygulanan *puccinellia distans* bitkisinde enerji metabolizması ve taşıma ile ilişkili genlerin qrt-pcr analizi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, KONYA.
- Aydın, A., Kant, C., & Ataoğlu, N. (2003). Erzurum ve Rize yöresi toprak örneklerine uygulanan farklı dozlardaki bor ve fosforun mısır (*Zea mays*)'ın kuru madde miktarı ve mineral içeriğine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36 (2), 125-129.
- Aydın, Ş., Akgül, A., & Çoban, H. (2005). Alaşehir yöresi bağlarında yapraklardan potasyum (K) uygulamalarının verim ve bazı kalite özellikleri üzerine etkisi. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1.1, 23 -27.
- Akçam-Oluk, E., & Demiray, H. (2004). Bor elementinin Sambro no. 3 ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) çeşidinin büyümesi üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41(1).
- Ayvaz, M. (2002). Bazı arpa çeşitlerinde borun büyüme ve gelişme üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Bornovai, İZMİR.

- Ashley, M. K., Grant, M., & Grabov, A. (2006). Plant response to potassium deficiencies: a role for potassium transport proteins. *Journal of Experimental Botany*, 57, 425–36.
- 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.
- Budak, M., & Günel, H. (2015). Tuzlu-alkali topraklarda bor konsantrasyonunun uzaysal değişkenliğinin jeoistatistiksel analizi ve haritalanması. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52(2), 191-202.
- Bouyoucos, G. J. (1951). A recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, 43, 434-438.
- Camacho-Cristóbal, J. J., Rexach, J., & González-Fontes, A. (2008). Boron in plants: deficiency and toxicity. *Journal of Integrative Plant Biology*, 50(10), 1247-1255.
- Cikili, Y., H. Samet, & Dursun, S. (2013). Effects of potassium treatment on alleviation of boron toxicity in cucumber plant (*Cucumis sativus* L.). *Soil-Water Journal*, 2(2-1), 719-726.
- Christa, K. & Smietana, M. (2008). Buckwheat grains and buckwheat products – nutritional and prophylactic value of their components– a review. *Czech Journal Food Science*, 26, 153– 162.
- Coulter, L., & Lorenz, K. (1990). Quinoa –composition, nutritional value, food applications. *Lebensm Wiss Technol.* 23, 203-207.
- Cömert, A., & 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.
- Demirtaş, A. (2005). Bitkide bor ve etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36 (2), 217-225.
- Demirel, K., Çamoğlu, G., İnalpulat, M., Kahırman, 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 sanayiinde kullanım olanakları. *Gıda*, 34 (5), 317-324.
- Dhillon, J. S., Eickhoff, E. M., Mullen, R. W., & Raun, W. R. (2019). World potassium use efficiency in cereal crops. *Agronomy Journal*.

- Doğan, G., Sabah, E., & Erkal, T. (2005). Borun çevresel etkileri üzerine Türkiye’de yapılan bilimsel araştırmalar. Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Fuarı, IMCET2005. İzmir, Türkiye.
- Eroğlu, H., & Usta, S. (2005). Alüviyal bir toprakta amonyum – potasyum fiksasyon ilişkileri. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bölümü Anabilim Dalı, Ankara.
- FAOSTAT, (2019). Online Database (Erişim adresi: <http://www.fao.org/faostat/en/>. Erişim tarihi: 15.04.2019).
- Gezgin, S., Dursun, N., Hamurcu, M., Harmankaya, M., Önder, M., Sade, B., Topal, A., Soylu, S., Akgün, N., Yorgancılar, M., Ceyhan, E., Çiftçi, N., Acar, B., Gültekin, İ., Işık, Y., Şeker, C., & Babaoğlu. M. (2002). Determination of B contents of soils in Central Anatolian cultivated lands and its relations between soil and water characteristics, Ed.: Goldbach H. E., Rerkasem, B., Wimmer, M. A., Brown, P. H., Thellier, M., Bell, R. W. Boron in Plant and Animal Nutrition, New York, USA, Kluwer Academic Publishers, 391–400 pp.
- 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 Journal of Chemical Studies*, 6(1), 142-144.
- Gupta, U. C., & Solanki, H. A. (2013). Impact of boron deficiency on plant growth. *International Journal of Bioassays*, 2(7), 1048-1050.
- Guzel, N., Gulut, Y. K., & Büyük, G. (2002). Toprak verimliliği ve gübreler. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Genel Yayınları No:246, Ders Kitapları Yayın No: A-80, 654s, Adana.
- Gülümser, A., Odabaş, M. S., & Özturan, Y. (2005). Fasülyede (*phaseolus vulgaris* L.) yapraktan ve topraktan uygulanan farklı bor dozlarının verim ve verim unsurlarına etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(2), 163-168.
- Güngör, H., N. Gülmezoğlu, & Budak, Z. (2005). Tarımsal üretimde potasyumun yeri ve eskişehir’de potasyum üzerine yapılan çalışmalar. Tarımda Potasyum yeri ve önemi Çalıştayı, 109-114 s, 3-4 Ekim, Eskişehir.
- Güneş, A., Alpaslan, M., & İnal, A. (2000). Bitki besleme ve gübreleme. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1514, Ders kitabı: 467, 576s, Ankara.
- 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 çözeltisi koşullarında hibrit mısır çeşitlerinin anatomik özellikleri üzerine etkisi. *Bor Dergisi*, Boron 1 (2), 53 – 59.

- Ho, S. B. (2000). Boron deficiency of crops in Taiwan (No: Folleto 16296). Food and Fertilizer Technology Center.
- Horuz, A., & Özcan, C. (2017). Kireçli toprakta mısır bitkisine (*Zea mays everta*) uygulanan borun verim ve bor kapsamına etkileri. *Bor Dergisi*, Boron 2 (1), 37 – 42.
- Huang, J. & Snapp, S. S. (2009). Potassium and boron nutrition enhance fruit quality in Midwest fresh market tomatoes. *Communications in Soil Science & Plant Analysis*, 40, 1937-1952.
- 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.
- Ismail, A. M., (2003). Response of maize and sorghum to excess boron and salinity. *Biologia Plantarum*, 47 (2): 313-316.
- Isaac, R. A., & Kerber, J. D. (1971). Atomic absorption and flame photometry: Techniques and uses in soil, plant, and water analysis. *Instrumental methods for analysis of soils and plant tissue*, 17-37.
- İnanır, C., Albayrak, S., & Ekici, L. (2019). Karabuğdayın fitokimyası, farmakolojisi ve biyofonksiyonel özellikleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (16), 713-722.
- Jackson ML., (1958). Soil chemical analysis. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA, 1-498.
- Jasar, M., Khan, K., & Ali, N. (2019). Influence of different potash levels on spring maize hybrids. *Advances in Plants & Agriculture Research*, 9(1), 27-33.
- Janos L., & Gocs L. (2009). Second crop buckwheat in nyirseg regions. *Analele Universității din Oradea, Fascicula: Protecția Mediului*, 19,190-195.
- Kacar, B., Katkat, A. V., & Öztürk, Ş. (2002). Bitki fizyolojisi. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 198, Vipaş Yayın No:74, Bursa.
- Katar, D., Arslan, Y., Kodaş, R., Subaşı, İ., & Mutlu, H. (2014). Bor uygulamalarının aspir (*Carthamus tinctorius L.*) bitkisinde verim ve kalite unsurları üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11 (2).
- Katar, D., Arslan, Y., Kodaş, R., Subaşı, İ., & Mutlu, H. (2014). Bor uygulamalarının aspir (*Carthamus tinctorius L.*) bitkisinde verim ve kalite unsurları üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(2), 71-79.
- Kan, A. (2011). Konya ekolojik koşullarında yetiştirilen karabuğdayın (*Fagopyrum esculentum Moench*) bazı kalite özelliklerinin araştırılması. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25(4), 67-71.
- Kan, A. (2014). A new plant for Turkey; Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). *Biological Diversity and Conservation*, 7/2 (2), 154-158.
- Krauss, M. R., Eckel, R. H., Howard, B., Appel, J. L., Daniels, S. R.; Deckelbaum, R. J.; Erdman, J. W.; Kris-Etherton, P.; Goldberg, I. R. (2001). AHA

- Scientific Statement: AHA Dietary Guidelines Revision: 2000, A Statement for Healthcare Professionals From the Nutrition Committee of the American Heart Association. *The Journal of Nutrition*, 131, 132-146.
- Kılıç, S., & Elmacı, Y. (2018). Buckwheat: composition and potential usages in foods. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6(10), 1388-1401.
- 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.
- Kıllı, F., & Küçükler, A. H. (2005). Farklı ekim zamanı ve potasyum uygulamasının asperde (*Carthamus tinctorius L.*) tohum verimi ve bitkisel özelliklere etkisi. *Tarımda Potasyumun Yeri ve Önemi Çalıştayı*, 101-108
- Kumar, S., Arora, B. R., & Hundal, H. S. (1981). Potassium-boron synergism in the nutrition of rice (*Oryza sativa L.*). *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 29, 563-564.
- Lindsay, W. L., & Norvell W. A. (1978). Development of a DTPA soil test for Zn, Fe, Mn and Cu. *Soil Science Society of America Journal*, 42, 421-428.
- Live, Z., & Zhang, Q. H. (2001). Advances in the development of functional foods from buckwheat. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 41, 451-464.
- 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.
- Mariotti, M., Pagani, M. A., & Lucisano, M. (2013). The role of buckwheat and HPMC on the breadmaking properties of some commercial gluten-free bread mixtures. *Food Hydrocolloids*, 30, 393-400.
- 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.
- Mattos Jr, D., Hippler, F. W., Boaretto, R. M., Stuchi, E. S., & Quaggio, J. A. (2017). Soil boron fertilization: The role of nutrient sources and rootstocks in citrus production. *Journal of integrative agriculture*, 16(7), 1609-1616.
- Mathis, W. T. (1956). Report on the flamephotometric determination of potassium and sodium in plant tissue. *Journal of aoac international*, 39,419-423.
- Mengel, K., & Kirkby, E. A. (2001). Principles of plant nutrition. *Kluwer Academic Publishers*, Dordrecht, 849.

- 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.
- Mola Ali Abasiyan, S., & Towfighi, H. (2018). Kinetics of competitive fixation of potassium and ammonium ions by silt component of soils from different agro-climatic regions. *Communications in soil science and plant analysis*, 49(6), 675-688.
- Nebiler, H., Erdoğan, Y., Olgun, A., Yerlikaya, C. (1999). The effect of Bon in vineyard. *1st. Symposium on protection of environmental and Erhami Karaçam*, Kütahya.
- Nelson, D. W., & Sommers, L. E. (1982). Total carbon, organic carbon and organic matter. In *Methods of Analysis. Chemical and Microbiological Propertise*, 539-580.
- Ohnishi O., (1994). Buckwheat in Karakoram and the Hindukush. *Fagopyrum*, 14, 17-25.
- Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanable, F. S., & Dean, L. A. (1954). Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. *United States Department of Agriculture*, No: 939.
- Öktüren, F., Sönmez, S., & Kocabaş, I. (2005). Potasyumun bitki sağlığı üzerine etkileri. *Tarımda Potasyumun Yeri ve Önemi Çalıştayı*. 94-100.
- Özbek, Z. (2006). Makarnalık buğday çeşitlerinde bor uygulamasına tepkilerin rt-pcr ile izlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, KONYA.
- Özyiğit, Y., & Bilgen, M. (2014). Uzaktan algılama sistemi kullanılarak koyun yumağı (*Festuca ovina* L.) bitkisinde fosfor ve potasyum konsantrasyonlarının belirlenme olanakları. *Anadolu Tarım Bilim Dergisi*, 29(1), 63-69.
- Özgen, M., Adak, S., Söylemezoğlu, G., & Ulukan, H. (2000). Bitki genetik kaynaklarının korunma ve kullanımında yeni yaklaşımlar. Türkiye Ziraat Mühendisliği 5. Teknik Kongresi, 259-284, Ankara.
- Özkurt, Ş. (2000). Boron accumulation in carp's tissues (*Cypriks carpio* L., 1758) in dam lakes Çatören and Kunduzlar (Kırka- Eskişehir). *Turkish Journal Of Biology* 24, 663-676.
- Özkutlu, F., Korkmaz, K., Şahin, Ö., Akgün, M., Ete, Ö., Taşkın, B., Özcan, B., & Aygün, A. (2017). Ordu ve Samsun yörelerindeki fındık bahçelerinin bor beslenme durumunun belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6(1), 53-62.
- Padbhushan, R., & Kumar, D. (2017). Fractions of soil boron: a review. *The Journal of Agricultural Science*, 155(7), 1023-1032.
- Padbhushan, R., Mandal, J., Kumar, S., & Kumar, A. (2019). Chemical fractions and response of cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) to soil applied boron. *Journal of plant nutrition*, 42(5), 491-500.

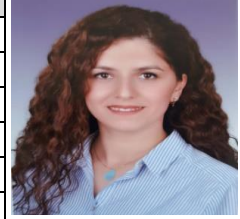
- Patra, A., Sinha, A. K., Rakesh, S., Biswas, S., & Mukhopadhyay, P. (2018). Different fractions of boron in soils of alfisol and entisol of west bengal. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(1), 510-513.
- Peng, L., Wang, S., Zou, L., Zhao, J., & Zhao, G. (2012). HPLC fingerprint of buckwheat from different habitats and varieties. *Pharmacognosy Journal*, 4(31), 5-10.
- Rajbhandari, P. (2004). Eco-physiological aspects of common buckwheat. Proceedings of the 9th International Symposium on Buckwheat. 101-108, Prague.
- Richard, L. A. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Hand Book. No. 60. *US Govt. Press, Washington, DC*, 160.
- Samet, H., Cikili, Y., & Dursun, S. (2015). The role of potassium in alleviating boron toxicity and combined effects on nutrient contents in pepper (*Capsicum annum* L.). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 21(1), 64-70.
- 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.
- Schlichting, E., & Blume, H. (1966). *Bodenkundliches praktikum*. Parey Verlag, Hamburg, Berlin.
- Schon, M. K., Novacky, A., & Blevins, D. G. (1990). Boron induces hyperpolarization of sunflower root cell membranes and increases membrane permeability to K^{+} . *Plant Physiology*, 93, 566-571.
- 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.
- Singh, A. L., Chaudhari, V., & Basu, M. S. (2007). Boron deficiency and its nutrition of groundnut in India. *Advances in plant and animal boron nutrition*. Springer Publishers, Netherlands, 149-162.
- Steadman, K. J., Burgoon M. S., Betty L. A., Edwardson S. E., & Obendorf, L. R. (2001). Minerals, phytic acid, tannin and rutin in buckwheat seed milling fractions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81, 1094-1100.
- Şahin, G. (2016). Türkiye'de gübre kullanım durumu ve gübreleme konusunda yaşanan problemler. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 22(1), 19-32.
- Tarakçıoğlu, C., Yalcın R. S., Bayrak A., Kucuk M., & Karabacak H. (2003). Ordu yöresinde yetiştirilen fındık bitkisinin (*Corylus avellana* L.) beslenme durumunun toprak ve yaprak analizleriyle belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 9, 13-22.
- 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.

- Taban, S., Çıkılı, Y., Kebeci, F., Taban, N., & Sezer, S. M. (2004). Taşköprü yöresinde sarımsak tarımı yapılan toprakların verimlilik durumu ve potansiyel beslenme problemlerinin ortaya konması. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(3), 297-304.
- 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., Köşkeröglü, S., & Yokaş, İ. (2016). Tuz etkisi altındaki domates bitkisinde potasyum ve kalsiyum antioksidatif sistemi etkiler mi? *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 4(1), 71-78.
- Uygan, D., & Çetin, Ö. (2004). Bor'un tarımsal ve çevresel etkileri: seydisuyu su toplama havzası. *II. Uluslararası Bor Sempozyumu*, 23-25.
- Uluisik, I., Karakaya, H. C., & Koc, A. (2018). The importance of boron in biological systems. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 45, 156-162.
- Volkov, V. (2015). Salinity tolerance in plants. Quantitative approach to ion transport starting from halophytes and stepping to genetic and protein engineering for manipulating ion fluxes. *Frontiers in Plant Science*, 6, 873.
- Wang, Y., & Wu, W. H. (2017). Regulation of potassium transport and signaling in plants. *Current opinion in plant biology*, 39, 123-128.
- Watanable, F. S., & Olsen, S. R. (1965) Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO₃ extracts from soil. *Soil Science Society of America, Proceedings*, (29), 677-678.
- 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.
- Yağmur, B., & Bülent, O. (2017). Potasyum ve humik asit uygulamalarının yağlık ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) bitkisinin gelişimine etkisi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 4(3), 210-217.
- 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.

- Yalçın, M., & Çimrin, K. M. (2017). Hatay ili Kırıkhan–Reyhanlı bölgesi çayır-mera topraklarının bor içeriği ve bazı toprak özellikleri ile ilişkilerinin belirlenmesi. *Mesleki Bilimler Dergisi*, 6 (2), 201 – 210.
- Yıldız, N., & Yalçın, E. (2013). Karabuğdayın kimyasal, besinsel ve teknolojik özellikleri. *Gıda*, 38(6), 383–390.
- 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 Environ*, 35(2), 181-186.
- Zhu, F. (2016). Chemical composition and health effects of Tartary buckwheat. *Food Chemistry*, 203, 231-245.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Damla YAZICI
Doğum Yeri	GÜRGENTEPE/ORDU
Doğum Tarihi	01.12.1989
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	05531106513
E-Posta Adresi	damla-yaz@hotmail.com
	
Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Fakülte	Ziraat Fakültesi
Bölümü	Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Mezuniyet Yılı	17.06.2015
Yüksek Lisans	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
Mezuniyet Tarihi	
Yayımlar	