

# Bor Uygulamasının Değişik Buğday Çeşitlerinde Gelişme ve Toprak Üstü Aksamda Bor Dağılımı Üzerine Etkisi

Süleyman TABAN

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, 06110 Ankara-TÜRKİYE

İbrahim ERDAL

Yüzüncüyıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, 65000 Van-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 27.01.1999

**Özet:** Bor uygulamasının buğday çeşitlerinde gelişme ve toprak üstü aksamda bor dağılımı üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanan bu çalışmada, killi tın tekstürlü, %12 kireç içeren, pH sı 7.91 ve bitkiye yararlı bor miktarı  $1.52 \text{ mg kg}^{-1}$  olan toprak örneği kullanılmıştır. Serada 4 ekmeçlik (*Triticum aestivum* L. cv: Bobal-2973, Bezostaya, Kırac, Gerek-79) ve makarnalık (*Triticum durum* L. cv: Çakmak-79 ve Kızıltan-91) buğday çeşitleri ile yürütülen denemede, topraklara bor borik asitten ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) 0, 1 ve  $10 \text{ mg B kg}^{-1}$  olacak şekilde uygulanmıştır.

Buğday çeşitlerinin bor uygulamasına tepkileri ayrımlı olmuştur. Makarnalık çeşitler ekmeçlik çeşitlere göre bordan daha fazla etkilenmiş ve bor uygulaması Bobal-2973 ve Gerek-79 çeşitlerinde kuru ağırlık artışına, Çakmak-79 ve Kızıltan-91 çeşitlerinde ise kuru ağırlık azalışına neden olmuştur.

Bor uygulandığında ve uygulanmadığında, buğday çeşitlerinin tümünde en fazla bor yaprak ucunda belirlenmiş ve bunu yaşlı yaprak takip etmiştir. Toprağa bor uygulanmadığında, çeşitlerin toprak üstü bitki genelinde, yaprak genelinde ve ucu alınan yaprağın kalan kısmında belirlenen bor konsantrasyonları arasında belirgin bir farklılık belirlenememiştir. Toprağa bor uygulandığında, çeşitlerin bora tepkilerinin ayrımlı olmasından dolayı, toprak üstü bitki genelinde, yaprak genelinde ve ucu alınan yaprağın kalan kısmında belirlenen bor konsantrasyonları birbirlerinden ayrımlı olmuştur.

**Anahtar Sözcükler:** Bor, buğday çeşitleri, bor dağılımı

## Effects of Boron on Growth of Various Wheat Varieties and Distribution of Boron in Aerial Part

**Abstract:** The aim of this project was to determine the effects of boron on growth and boron distribution in the aerial part of wheat cultivars. For this purpose, soil samples collected from Kenan Evren training and research farm at the Faculty of Agriculture was used. The soil was clay loam in texture, containing 12% lime, with a pH of 7.91 and  $1.52 \text{ mg kg}^{-1}$  plant available boron. In greenhouse conditions, four *Triticum aestivum* cultivars (Bobal-2973, Bezostaya, Kirac, Gerek-79) and two *Triticum durum* cultivars (Çakmak-79, Kızıltan-91) were grown with boron at levels of 0,1 and  $10 \text{ mg kg}^{-1}$  levels as boric acid ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) to the experimental soils.

Wheat cultivars responded to the application of boron in a different manner. *Triticum durum* cultivars were affected to a much greater extent than *Triticum aestivum* cultivars. Boron applications caused increases in the dry weight of Bobal-2973 and Gerek-79 cultivars while decreasing the dry weight of Çakmak-79 and Kızıltan-91 cultivars.

In soils both with and without added boron, the highest boron concentrations were determined at the leaf-tips of all cultivars, followed by old leaves. When boron was not added to the soils, boron concentrations determined at the aerial part, whole plant, whole leaves and leaves without tips were found not to be significant differences. When boron added to the soils, boron concentrations determined at the aerial part-whole plant, whole leaves and leaves without tips were found to be different from each other.

## Giriş

Borun yüksek bitkiler için mutlak gerekli bitki besin elementi olduğu yaklaşık 76 yıl önce belirlenmesine (1) rağmen, bitki bünyesindeki fonksiyonları tam olarak anlaşılmış değildir. Mevcut bilgilere göre bor, bitki bünyesinde karbohidrat ve protein metabolizmasında, doku farklılaşması, oksin ve fenol metabolizmasında, membran permeabilitesinde, polen çimlenmesinde ve

polen tüpü büyümesinde önemli roller üstlenmektedir (2).

Bor bitki bünyesinde immobil olduğu için hareketi sınırlıdır. Borun bitkide yukarı doğru taşınmasında transpirasyonun etkili olduğu saptanmıştır (3). Bitkiler tarafından bor alınmasının ve farklı organlara taşınmasının bitkinin su alımı ve ksilemdeki hareketi ile yakından ilişkili olduğu ve ayrıca bu taşınmanın bitki türleri arasında büyük farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir

(4). Bu durum borun esas itibarıyla ksilemden taşındığını göstermektedir. Bor taşınmasının daha çok transpirasyona bağlı olması, yaprak uçları ve kenarlarında bor biriminin nedenini de açıklamaktadır. Borun yapraklarda bu şekilde akümüle olması kimi hallerde toksik etkilere neden olabilmektedir. Bazı bitkiler bor akümülesyonunun neden olacağı toksik etkilerden korunmak için, gutasyon damlaları içinde boru dışarı atma mekanizmasını geliştirmişlerdir.

Bitkilerin ihtiyaç duydukları bor miktarı oldukça azdır. Gerek duyulan borun çok az da olsa fazlası, bor noksanlığında olduğu gibi bitkinin gelişmesi üzerine olumsuz etki yapmakta ve gelişme çoğu kez durmaktadır.

Normal beslenen bitkiler 25-100 mg kg<sup>-1</sup> arasında bor içerirler. Scaife ve Turner (5) bitki kuru maddesinde 20 mg kg<sup>-1</sup> boru kritik düzey olarak nitelendirmişlerse de bitkilerin bor kapsamları arasında dikkate değer ayrımlılıklar vardır ve bitkilerin bor kapsamları yetiştirildikleri ortamlarda bulunan yarıyıllı bor miktarı ile yakından ilgilidir. Tahıllar bora karşı duyarlı bitkilerdir (6). Buğday yetişme ortamında 2 mg kg<sup>-1</sup> e kadar boru tolere etmekte ve bu dozun üzerindeki bordan ise olumsuz yönde etkilenmektedir (7). Arpa ve buğday gibi monokotiledon bitkiler 20-70 mg kg<sup>-1</sup> bor kapsamaktadır (8).

Bitki türleri arasında olduğu gibi, aynı türün çeşitleri arasında da bora duyarlılıkta büyük farklılıkların olduğu ve bu farklılıkların nedeninin de bitkilerin bor toksisitesinden aynı derecede fizyolojik olarak etkilenmemesinden kaynaklanmaktadır (9-11). Bor toksisitesine direnç gösteren buğday çeşitleri 150 mg B kg<sup>-1</sup> uygulanan toprakta yetiştirildiklerinde üründe önemli bir azalma göstermezlerken, aynı konsantrasyonda yetiştirilen bora duyarlı çeşitlerde ise şiddetli ürün kayıpları olmakta ve hatta bu çeşitler 25 mg B kg<sup>-1</sup> uygulamasında dahi verim azalması göstermektedir (12). Buğday çeşitlerinin bora gösterdikleri tepkiler ayrımlı olmasına karşın, bor uygulaması çeşitlerin çoğunda kuru ağırlığı azalmaktadır (13, 14).

Bu çalışmada, ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen bazı buğday çeşitlerinin bor uygulamasına gösterdikleri tepki ve borun toprak üstü aksamdaki dağılımı belirlenmeye çalışılmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Araştırmada, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kenan Evren Araştırma ve Uygulama çiftliği Kule serisinden (Kahverengi büyük toprak grubu) alınan toprak örneği kullanılmıştır. Toprak örneğinde tekstür

hidrometre yöntemiyle (15), toprak reaksiyonu (pH) 1:2.5 su ekstraktında (16) ve kireç Scheibler kalsimetresiyle (17) belirlenmiştir. Organik madde Walkley-Black yaş yakma yöntemiyle (18); bitkiye yarıyıllı fosfor NaHCO<sub>3</sub> ile ekstraksiyon sonucu elde edilen süzükte fosfor molibdofosforik mavi renk yöntemine (19) göre ve bitkiye yarıyıllı bor, CH<sub>3</sub>COONa ekstraksiyon yöntemine (20) göre yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre; killi tın tekstüre sahip olan deneme toprağı hafif alkalın reaksiyonlu (pH 7.91) olup %12 kireç içermektedir. Organik maddesi %1.08, bitkiye yarıyıllı fosfor miktarı 13.3 mg kg<sup>-1</sup> olan deneme toprağının bitkiye yarıyıllı bor miktarı ise 1.52 mg kg<sup>-1</sup> dir (20).

Tesadüf parselleri deneme desenine göre üç yinelemeli olarak planlanan sera denemesinde saksılara mutlak kuru toprak ilkesine göre 2000 g toprak konulmuştur. Denemede saksılara bor sırasıyla B<sub>0</sub> (Kontrol), B<sub>1</sub> (1 mg B kg<sup>-1</sup>) ve B<sub>10</sub> (10 mg B kg<sup>-1</sup>) şeklinde H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> ten uygulanmıştır. Ayrıca tüm saksılara temel gübreleme olarak çözelti halinde ekimle birlikte 40 mg P kg<sup>-1</sup> ve 50 mg K kg<sup>-1</sup> KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>'den, azot ise ekimde 50 mg N kg<sup>-1</sup> ve kardeşlenme döneminde de 50 mg N kg<sup>-1</sup> olmak üzere toplam 100 mg kg<sup>-1</sup> olacak şekilde NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> dan verilmiş ve toprakla iyice karıştırılmıştır.

Denemede 4 ekmeklik (*Triticum aestivum* L. cv: Bolal-2973, Bezostaya, Kıraç, Gerek-79) ve 2 makarnalık (*Triticum durum* L. cv: Çakmak-79 ve Kızıltan-91) buğday çeşitleri kullanılmış ve her bir saksıya 16 adet buğday tohumu ekilmiştir. Bitkiler çimlendikten sonra her bir saksıda 10 adet bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır. Denemede belirli zaman aralıklarıyla fenolojik gözlemler yapılarak deneme bitkisindeki gelişmenin seyri kontrol edilmiştir. Sekiz haftalık gelişme sonunda her bir saksıdaki bitkiler a) bitki geneli (toprak üstü aksamın tamamı), b) yaprak geneli, c) yaprak ucu, d) ucu alınan yaprağın kalan kısmı (kalan yaprak) ve e) yaşlı yaprak olmak üzere 5 değişik ögeye ayrılarak hasat edilmiş, yıkanmış, kurutulmuş ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

Her bir ögeye ait örnekler kuru yakma yöntemiyle (21) yakılmış ve elde edilen ekstraktlarda bor Azomethine-H yöntemiyle belirlenmiştir (20). Deneme sonuçlarının varyans analizleri MINITAB paket programıyla, Duncan testi ise MSTAT paket programıyla yapılmıştır.

## Bulgular

### Buğday Çeşitlerinin Kuru Ağırlıkları

Genetik özelliklerindeki farklılıklardan dolayı aynı özellikteki toprakta ve bor uygulaması yapılmayan

koşullarda yetiştirilen bitkilerin kuru ağırlıkları birbirlerinden ayrılmıştır (Tablo 1).  $B_0$  (kontrol) uygulamasında bitkiler oluşturdukları kuru madde yönünden gruplandırıldığında ekmeçlik çeşitler bir grubu, makarnalık çeşitler ise diğer bir grubu oluşturduğu görülmektedir. Genel olarak ekmeçlik çeşitler makarnalık çeşitlere göre daha fazla kuru madde oluşturmuştur. Bor uygulamasının buğday çeşitlerinin kuru ağırlığı üzerine etkisi istatistiki bakımdan önemli olmamasına karşın, çeşitlerin bora tepkileri ayrılmıştır. Bolal-2973, ve Gerek-79 çeşitlerinde kuru ağırlık kontrole göre sürekli artmış ve elde edilen artış oranları  $B_{10}$  düzeyinde sırasıyla %13.64 ve %8.99 olmuştur. Ancak kuru ağırlıktaki bu artış Bolal-2973 çeşidinde önemli bulunmuştur. Bezostaya çeşidinde ise kuru ağırlık  $B_1$  uygulamasında %7.07 oranında artmış ve  $B_{10}$  uygulamasında artış %1.36 düzeyine gerilemiştir. Kırac çeşidinde ise kuru ağırlık (istatistiki olarak önemli olmasa da) bor uygulamasından olumsuz yöne etkilenmiş ve kuru ağırlıkları  $B_{10}$  uygulamasında %3.24 oranında azalmıştır (Tablo 1). Makarnalık çeşitler (Çakmak-79 ve Kızıltan-91) ise bor uygulamasından önemli derecede etkilenmiş ve kuru ağırlık sürekli azalmıştır.

### Buğday Çeşitlerinde Bor Dağılımı

#### a) Bitki genelinde (toprak üstü aksamın tamamı) bor konsantrasyonu

Aynı özellikteki toprakta bor uygulanmadan yetiştirilen buğday çeşitlerinin bor konsantrasyonları genetik özelliklerindeki farklılıklardan dolayı birbirlerinden ayrılmıştır (Tablo 2). Ancak  $B_0$

(kontrol) uygulamasında çeşitlerinin bitki genelindeki bor konsantrasyonları arasında belirlenen farklılıklar istatistiki olarak önemli olmamıştır. Bununla birlikte tüm çeşitlerin bitki genelindeki bor konsantrasyonu uygulanan bora bağlı olarak sürekli artmış ve bu artış önemli ( $p<0.001$ ) bulunmuştur (Tablo 2).  $B_1$  uygulamasında çeşitlerin bora gösterdikleri tepki ve bor konsantrasyonları arasındaki farklılıklar Kızıltan-91 hariç önemli olmamasına karşın kontrole göre bor konsantrasyonlarındaki artışlar birbirlerinden ayrılmıştır ve en fazla artış Kızıltan-91 (%270) çeşidinde belirlenmiştir.  $B_{10}$  uygulanmasında ise, bor konsantrasyonları arasındaki farklılıklara göre çeşitler istatistiki olarak 2 gruba ayrılmış ve bor konsantrasyonları yönünden Bolal-2973, Kırac ve Çakmak-79 çeşitleri düşük grubu, Bezostaya, Gerek-79 ve Kızıltan-91 çeşitleri ise yüksek grubu oluşturmuştur. Ancak çeşitlerin bor konsantrasyonlarında kontrole göre belirlenen artışlar birbirlerine göre ayrılmıştır ve en fazla artış Kızıltan-91 (%306.7) çeşidinde belirlenmiş bunu Bezostaya (%247.0) izlemiştir (Tablo 2).

#### b) Yaprak genelinde bor konsantrasyonu

Bor uygulanmadan yetiştirilen buğday çeşitlerinin yaprak genelinde belirlenen bor konsantrasyonları, çeşitlerin bitki genelinde (toprak üstü aksamın tamamında) belirlenen bor konsantrasyonlarına oldukça yakın değerlerde belirlenmiştir (Tablo 3).  $B_0$  uygulamasında buğday çeşitlerin bora gösterdikleri tepkiler arasında önemli farklılık belirlenmezken,  $B_1$  ve  $B_{10}$  uygulamalarında çeşitlerin bora gösterdikleri tepkiler birbirlerinden ayrılmıştır. Tüm buğday çeşitlerin bor konsantrasyonları uygulanan bora bağlı olarak sürekli

Buğday Çeşitleri	Bor uygulamaları				
	$B_0$	$B_1$	Değişim,%	$B_{10}$	Değişim,%
Bolal-2973	3.30 b A	3.66 ab AB	10.90	3.75 a A	13.64
Bezostaya	3.68 a A	3.94 a A	7.07	3.73 a A	1.36
Kırac	3.40 a A	3.36 a B	-1.18	3.29 a B	-3.24
Gerek-79	3.56 a A	3.67 a AB	3.09	3.88 a A	8.99
Çakmak-79	2.66 a B	2.42 ab C	-9.02	2.20 b C	-17.29
Kızıltan-91	2.72 a B	2.47 ab C	-11.03	2.19 b C	-19.49
Çeşit(Ç)			***		
Bor (B)			öd		
(ÇxB) int.			**		

Tablo 1. Bor uygulamasının buğday çeşitlerinin kuru ağırlığı (g sakı<sup>-1</sup>) üzerine etkileri

Değerler 3 tekerrürün ortalamasıdır.

\*\* $P<0.01$ , \*\*\* $P<0.001$  öd: önemli değil

Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark önemli değildir (Duncan testi, %5).

Küçük harfle yatay, büyük harfle ise dikey sütun ortalamaları arasındaki farklar gösterilmiştir.

artmış ve bu artış önemli ( $p < 0.001$ ) olmuştur.  $B_1$  ve  $B_{10}$  uygulamalarında Gerek-79 çeşidinin bor konsantrasyonu diğer çeşitlere göre düşük olarak belirlenirken,  $B_1$  de Kızıltan-91 ve  $B_{10}$  da Çakmak-79 çeşitlerinde bor konsantrasyonu diğer çeşitlerden fazla olmuştur. Yaprak genelinde bor konsantrasyonunda kontrole göre sağlanan artış en fazla her iki uygulamada da Kızıltan-91 çeşidinde belirlenmiştir.

### c) Yaprak ucu bor konsantrasyonu

Çeşitlerin yaprak ucu bor konsantrasyonları bor uygulamasıyla sürekli artmış ve bu artış önemli ( $p < 0.001$ ) olmuştur (Tablo 4). Analiz sonucunda, bitkide en fazla bor

yaprak ucunda belirlenmiş ve yaprak ucunda belirlenen bor konsantrasyonu diğer kısımlarda belirlenen bor konsantrasyonlarına göre çok daha fazla olduğu saptanmıştır.

Bor uygulanmadığında yaprak uçlarında belirlenen bor konsantrasyonları çeşitlere göre ayrılmış ve Kırış, Gerek-79 ve Çakmak-79 çeşitlerinin bor konsantrasyonları diğer çeşitlere göre daha düşük bulunmuştur. Çeşitlerin bor uygulamasına gösterdikleri tepkiler farklı olmuş ve Bezostaya, Kırış ve Kızıltan-91 çeşitlerinin  $B_0$  ve  $B_1$  uygulamalarıyla yaprak uçlarında belirlenen bor konsantrasyonları arasında önemli farklar belirlenmezken,  $B_{10}$  dozunda önemli farklılıklar

Buğday Çeşitleri	Bor uygulamaları				
	$B_0$	$B_1$	Değişim,%	$B_{10}$	Değişim,%
Bolal-2973	11.33 b A	17.00 b B	50.04	25.33 a B	123.57
Bezostaya	12.68 c A	21.33 b B	68.21	44.00 a A	247.00
Kırış	15.33 a A	21.67 a B	41.36	23.00 a B	50.03
Gerek-79	16.00 b A	19.00 b B	18.75	37.68 a A	135.50
Çakmak-79	12.33 b A	18.00 ab B	45.99	25.33 a B	105.43
Kızıltan-91	10.00 b A	37.00 a A	270.00	40.67 a A	306.70
Çeşit(Ç)			***		
Bor (B)			***		
(ÇxB) int.			***		

Tablo 2. Bor uygulamasının buğday çeşitleri bitki genelinde bor konsantrasyonu ( $mg\ kg^{-1}$ ) üzerine etkileri

Değerler 3 tekrerrün ortalamasıdır.

\*\*\* $P < 0.001$

Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark önemli değildir (Duncan testi, %5). Küçük harfle yatay, büyük harfle ise dikey sütun ortalamaları arasındaki farklar gösterilmiştir.

Buğday Çeşitleri	Bor uygulamaları				
	$B_0$	$B_1$	Değişim,%	$B_{10}$	Değişim,%
Bolal-2973	12.33 b A	14.00 b C	13.54	41.00 a BC	252.52
Bezostaya	13.00 b A	19.33 b BC	48.69	38.67 a CD	197.46
Kırış	11.67 c A	25.00 b B	114.22	34.00 a D	191.35
Gerek-79	15.67 b A	19.00 b BC	21.25	27.00 a E	72.30
Çakmak-79	16.00 b A	21.33 b B	33.31	51.00 a A	218.75
Kızıltan-91	12.00 b A	44.33 a A	269.42	47.33 a AB	294.42
Çeşit(Ç)			***		
Bor (B)			***		
(ÇxB) int.			***		

Tablo 3. Bor uygulamasının buğday çeşitleri yaprak genelinde bor konsantrasyonu ( $mg\ kg^{-1}$ ) üzerine etkileri

Değerler 3 tekrerrün ortalamasıdır.

\*\*\* $P < 0.001$

Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark önemli değildir (Duncan testi, %5). Küçük harfle yatay, büyük harfle ise dikey sütun ortalamaları arasındaki farklar gösterilmiştir.

belirlenmiştir. Bolal-2973, Gerek-79 ve Çakmak-79 çeşitlerinin bora gösterdikleri tepki her bir bor uygulamasında ayrımlı olmuştur.

#### d) Ucu alınan yaprağın kalan kısmında (kalan yaprak) bor konsantrasyonu

Artan bor düzeylerine ve çeşitlere bağlı olarak bor konsantrasyonunda bir farklılığın olmasına rağmen, bor uygulamasından en az etkilenen kısmın kalan yaprak olduğu belirlenmiştir. Kontrol uygulamasında kalan yaprakta belirlenen bor konsantrasyonları bakımından çeşitler arasında istatistiki olarak önemli bir farklılık belirlenemezken, B<sub>1</sub> ve B<sub>10</sub> uygulamalarında çeşitler

arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir (Tablo 5). Çeşitlerin kalan yaprak kısmında belirlenen bor konsantrasyonları bor uygulamasına bağlı olarak sürekli artmış ve bu artış Bolal-2973 çeşidi hariç diğerlerinde önemli olmuştur. Kontrole göre bor konsantrasyonundaki değişim en fazla B<sub>10</sub> uygulamasında ve sırasıyla Gerek-79, Çakmak-79 ve Bezostaya çeşitlerinde belirlenmiştir (Tablo 5).

#### e) Yaşlı yaprağın bor konsantrasyonu

Yaşlı yapraklarda yapılan analizlere göre, artan bor uygulamalarına bağlı olarak yapraklardaki bor konsantrasyonlarının arttığı ve bu artışın önemli

Buğday Çeşitleri	Bor uygulamaları				
	B0	B1	Değişim,%	B10	Değişim,%
Bolal-2973	135.33 c ABC	181.00 b A	33.75	252.67 a C	86.71
Bezostaya	142.00 b AB	149.67 b B	5.40	184.67 a D	30.05
Kıraç	111.00 b C	115.00 b C	3.60	269.33 a BC	142.64
Gerek-79	110.33 c C	161.67 b AB	46.53	303.00 a A	174.63
Çakmak-79	118.00 c BC	187.67 b A	59.04	293.00 a AB	148.31
Kızıltan-91	152.67 b A	169.00 b AB	10.70	268.33 a BC	75.76
Çeşit(Ç)			***		
Bor (B)			***		
(ÇxB) int.			***		

Tablo 4. Bor uygulamasının buğday çeşitlerinde yaprak ucu bor konsantrasyonu (mg kg<sup>-1</sup>) üzerine etkileri

Değerler 3 tekerrürün ortalamasıdır.

\*\*\*P<0.001

Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark önemli değildir (Duncan testi, %5). Küçük harfle yatay, büyük harfle ise dikey sütun ortalamaları arasındaki farklar gösterilmiştir.

Buğday Çeşitleri	Bor uygulamaları				
	B0	B1	Değişim,%	B10	Değişim,%
Bolal-2973	16.00 a A	19.00 a BC	18.75	19.00 a D	18.75
Bezostaya	10.67 b A	14.33 b C	34.30	23.00 a BCD	115.56
Kıraç	11.33 b A	14.00 b C	23.57	20.67 a CD	82.44
Gerek-79	12.00 b A	31.00 a A	158.33	33.67 a A	180.58
Çakmak-79	11.33 b A	15.00 b C	32.39	27.00 a ABC	138.31
Kızıltan-91	17.67 b A	24.00 ab B	35.82	29.00 a AB	64.12
Çeşit(Ç)			***		
Bor (B)			***		
(ÇxB) int.			***		

Tablo 5. Bor uygulamasının buğday çeşitlerinde ucu alınan yaprakta kalan kısmında bor konsantrasyonu (mg kg<sup>-1</sup>) üzerine etkileri

Değerler 3 tekerrürün ortalamasıdır.

\*\*\*P<0.001

Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark önemli değildir (Duncan testi, %5). Küçük harfle yatay, büyük harfle ise dikey sütun ortalamaları arasındaki farklar gösterilmiştir.

Buğday Çeşitleri	Bor uygulamaları				
	B0	B1	Değişim,%	B10	Değişim,%
Bolal-2973	26.00 b D	44.67 a C	71.81	57.33 a B	120.50
Bezostaya	45.00 b BC	49.00 b C	8.89	87.67 a A	94.82
Kıraç	37.00 b CD	45.33 ab C	22.51	56.67 a B	53.16
Gerek-79	54.67 b AB	84.33 a A	54.25	94.67 a A	73.17
Çakmak-79	62.33 b A	73.67 ab AB	18.19	88.33 a A	41.71
Kızıltan-91	32.00 c CD	62.00 b BC	93.75	89.33 a A	179.16
Çeşit(Ç)			***		
Bor (B)			***		
(ÇxB) int.			*		

Tablo 6. Bor uygulamasının buğday çeşitlerinde yaşlı yaprak bor konsantrasyonu ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) üzerine etkileri

Değerler 3 tekerrürün ortalamasıdır.

\*  $p < 0.05$ , \*\*\* $P < 0.001$

Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark önemli değildir (Duncan testi, %5).

Küçük harfle yatay, büyük harfle ise dikey sütun ortalamaları arasındaki farklar gösterilmiştir.

( $p < 0.001$ ) olduğu, ayrıca çeşitlere göre farklılık gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 6). Çeşitlerde yaprak ucunda belirlenen bor konsantrasyonundan sonra en fazla bor yaşlı yaprakta belirlenmiştir. Bor uygulanmadığında yaşlı yaprakta bor konsantrasyonu en az Bolal-2973 ve en fazla Çakmak-79 çeşidinde belirlenmiştir. Bor uygulamasına bağlı olarak en fazla artış  $B_1$  ve  $B_{10}$  uygulamalarında Kızıltan-91 (sırasıyla %93.75 ve %179.16) ve Bolal-2973 (sırasıyla %71.81 ve %120.5) çeşidinde belirlenmiştir.

## Tartışma

Buğday çeşitleri bor uygulamasına karşı farklı tepki göstermektedir. Paull ve ark. (22) altı, Moody ve ark. (23) dokuz buğday çeşidiyle yaptıkları denemede uygulanan bora bağlı olarak verimlerin çeşitlere göre ayrımlı olduğunu belirlemişlerdir. Makarnalık çeşitler (Çakmak-79 ve Kızıltan-91) bor uygulamasından etkilenmiş ve ekmeklik çeşitlere (Bolal-2973, Bezostaya, Kıraç, Gerek-79) oranla daha az kuru madde oluşturmuşlardır (Tablo 1). Yapılan çalışmalarda da makarnalık buğday çeşitlerinin ekmeklik buğday çeşitlerine göre bordan daha fazla miktarda etkilendiğini ortaya koymuştur (14, 24-27). Makarnalık ve ekmeklik buğday çeşitlerinde bor uygulamasından dolayı kuru ağırlıkta meydana gelen azalmanın en önemli nedeni dokularında sahip oldukları bor konsantrasyonunun toksik düzeyde olup olmadığıdır. Gerçekten de  $B_{10}$  uygulamasında bor konsantrasyonları aynı ( $25.23 \text{ mgB kg}^{-1}$ ) olan Bolal-2973 ve Çakmak-79 çeşitlerinin kuru

ağırlıkları bordan ayrımlı şekilde etkilenmiştir. Bor uygulamasıyla kuru ağırlık Bolal-2973 çeşidinde önemli miktarda artarken, Çakmak-79 çeşidinde önemli miktarda azalmıştır (Tablo 1 ve 2). Bu durum her iki çeşitte de aynı miktarlarda belirlenen borun çeşitlere göre hücrel ve dokusal düzeyde farklı miktarlarda biriktirilmiş olmasıyla açıklanabilir. Benzer durum Bezostaya ve Kızıltan-91 çeşitleri için de geçerlidir. Diğer yandan aynı durum ekmeklik ve makarnalık çeşitler arasında da belirlenmiştir. Bitki genelinde  $B_{10}$  uygulamasında en az bor konsantrasyonuna sahip Kıraç çeşidi ( $23.0 \text{ mg B kg}^{-1}$ ) ile Bolal-2973 çeşidi karşılaştırıldığında Kıraç çeşidi az bor içermesine rağmen istatistiksel olarak önemsiz olsa da kuru ağırlığında bir azalma belirlenmiştir. Bazı ekmeklik buğday çeşitlerinde düşük doz bor uygulamasıyla az da olsa kuru ağırlık artışı olmuştur. Paull ve ark. (12), Barut (14), Paull ve ark. (22), Taban ve ark (28), Alpaslan ve ark (29) tarafından yapılan denemelerde, uygulanan bor miktarına bağlı olarak buğday çeşitlerinin kuru ağırlıkları bazı çeşitlerde azaldığı, bazı çeşitlerde ise belirgin bir değişimin olmadığı belirlenmiştir.

Toprağa bor uygulanmadığında ve uygulandığında buğday çeşitlerinin tümünde en fazla bor yaprak ucunda ve yaşlı yaprağın genelinde belirlenmiştir (Tablo 4 ve 6). Gerçekten de, yaprak ucu ve yaşlı yaprak geneli bor konsantrasyonu bitki ve yaprak geneli bor konsantrasyonundan sırasıyla yaklaşık 10 ve 2 kat daha fazla olmuştur. Bu durum, borun bitkiler tarafından pasif absorpsiyonla alınması (30) ve yukarıya doğru ksilemde taşınması sonucu bor yaprakta birikmesi ve

transpirasyonla su kayb olduğunda özellikle genç yaprak kenarlarında lokalize olarak (31) konsantrasyonunun artmasıyla açıklanabilir. Bor toksisite simptomlarının genellikle transpirasyon sonucu suyun yaprağı terk ettiği yerde (2, 32) yani yaprak kenarları ile yaşlı yapraklarda (27) görülmektedir. Gerçekten de, tüm bor uygulama düzeylerinde yaprak ucu bor konsantrasyonunun ucu alınan yaprağın kalan kısmında ve yaprak genelinde belirlenen bordan fazla olmuştur.

Toprağa bor uygulanmadığında, toprak üstü aksamın tamamında (Tablo 2), yaprak genelinde (Tablo 3) ve ucu alınan yaprağın kalan kısmında (Tablo 5) belirlenen bor konsantrasyonları dikkate alınarak çeşitler değerlendirildiğinde, çeşitlerin bora gösterdikleri tepki birbirlerine yakın olmuş ve çeşitler arasında istatistiki olarak belirgin bir fark görülmemiştir. Toprağa bor uygulamadığında, çeşitlerin toprakta bulunan bora gösterdikleri tepki arasında önemli bir farklılık belirlenmemiş ve çeşitlerin tamamı Duncan testine göre aynı grupta yer almıştır (Tablo 2, 4 ve 5). Bu sonuca göre, toprakta bor yeter düzeyde olduğunda denemede kullanılan çeşitlerin bora gösterdikleri tepki arasında bir

ayrımın olmadığı belirlenmiştir. Toprağa 1 ve 10 mg kg<sup>-1</sup> bor uygulandığında buğday çeşitlerinin bora gösterdiği tepki ayrımlı olmuş ve bordan farklı oranlarda etkilenmişlerdir (Tablo 2, 3 ve 5). Paull ve ark. (22) altı, Moody ve ark. (23) dokuz buğday çeşidiyle yaptıkları denemede uygulanan bora çeşitlerin gösterdikleri tepkinin farklı olduğunu saptamışlardır.

Bitki türleri arasında olduğu gibi aynı türün çeşitleri arasında da bora karşı gösterilen tepki ve borun bitki genelindeki dağılım ve konsantrasyonları farklı olmuştur. Bu farklılık bitkilerin bordan aynı derecede fizyolojik ve morfolojik olarak etkilenmemesinden kaynaklanmaktadır (9-11, 27, 33).

Araştırmadan elde edilen sonuca göre, makarnalık buğday çeşitlerin ekmeçlik buğday çeşitlerine oranla bordan daha fazla etkilendiğini ve bor uygulamasının gelişimi geriletmediği belirlenmiştir. Diğer yandan, ekmeçlik buğday çeşitlerinde ise bor uygulaması Kırac hariç diğer çeşitlerde kuru ağırlık artışına neden olmuştur. Bu artış en fazla özellikle bora tolerant olduğu belirlenen (27, 33) Bolal-2973 çeşidinde (%13.64) belirlenmiştir.

## Kaynaklar

1. Warington, K., The Effect of Boric Acid and Borax on the Broad Bean and Certain Other Plants, *Ann. Bot.*, 37, 629-672, 1923.
2. Marschner, H., *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2nd ed. p 889 Academic Press, New York, 1995.
3. Michael, G., Wilberg, E., Kouhsiahai-Tork, K., Boron Deficiency Induced by High Air Humidity. *Z. Pflanz. Bodenkunde* 122, 1-3, 1969.
4. Marschner, H., Mineral metabolism, short and long distance transport. *Fortschr. Botany*, 38, 71-80, 1976.
5. Scaife, A., Turner, M., *Diagnosis of Mineral Disorders of Plants. Vegetables*, vol.2, s.96. London, 1983.
6. Eaton, F.M., Deficiency, Toxicity and Accumulation of Boron in Plants, *J. Agric. Res.*, 69, 237-277, 1944.
7. Gupta, U.C., Jame, Y.W., Campbell, C.A., Leyshon, A.J., Micholaichuk, W., Boron Toxicity and Deficiency, A Review *Can. J. of Soil Sci.*, 65, 381-409, 1985.
8. Syworoktin, G.S., The Boron Content of Plants with a Latex System. *Spurenelemente in der Landwirtschaft*, 283-288, 1958.
9. Paull, J.G., Rathjen, A.J., Cartwright, B., Genetic control of tolerance to high concentrations of soil boron in wheat. In *Proc. 7th International Wheat Genetics Symposium*, Cambridge, UK, pp.871-877, 1988.
10. Huang, C., Graham, R.D., Resistance of Wheat Genotypes to Boron Toxicity is Expressed at the Cellular Level. *Plant and Soil*, 126, 295-300, 1990.
11. Nable, R.O., Distribution of Boron Within Barley Genotypes with Differing Susceptibilities to Boron Toxicity. *J. Plant Nutr.*, (In press), 1991.
12. Paull, J.G., Cartwright, B., Rathjen, A.J., Responses of Wheat and Barley Genotypes to Toxic Concentrations of Soil Boron, *Euphytica*, 39, 137-144, 1988.
13. Nable, R.O., Resistance to Boron Toxicity Amongst Several Barley and Wheat Cultivars: A Preliminary Examination of the Resistance Mechanism, *Plant and Soil*, 112, 45-52, 1988.
14. Barut, H., Çinko Eksikliği ve Bor Toksikitesi Gösteren Topraklarda Çyrtja Uygulamasının Buğdayın Büyümesi ve Çinko ve Bor Konsantrasyonları Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Adana, 1997.
15. Bouyoucos, G.J. A recalibration of hydrometer for making mechanical analysis of soils. *Agron J.*, 43, 434-437, 1951.
16. Grewelling, T., Peech, M., *Chemical Soil Test*. Cornell University Agricultural Expt. Sta. Bull., No 960, 1960.
17. Hızalan, E., Ünal, H., *Topraklarda Önemli Kimyasal Analizler*. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları 278, Yardımcı Ders Kitabı 97, A.Ü. Basımevi, Ankara, 1966.

18. Jackson, M.L., Soil Chemical Analysis. Prentice Hall. Inc., New York., 1962.
19. Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., Dean, L.A., Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Department of Agric. Cir. 939. Washington D.C., 1954.
20. Wolf, B., The Determination of Boron in Soil Extracts, Plant Materials, Composts, Manures, Water and Nutrient Solutions. Soil Sci. and Plant Analysis 2, 363-374, 1971.
21. Kacar, B., Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri. II. Bitki Analizleri. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları 453, Uygulama Klavuzu 155. A.Ü. Basımevi, Ankara, 1972.
22. Paull, J.G., Nable, R.O., Rathjen, A.J., Physiological and Genetic Control of the Tolerance of Wheat to High Concentrations of Boron and Implications for Plant Breeding. Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition, 367-376. Eds. P.J. Randall et al. Kluwer Academic Publishers. Printed in The Netherlands, 1993.
23. Moody, D.B., Rathjen, A.J., Cartwright, B., Yield Evaluation of a Gene for Boron Tolerance Using Backcross-Derived Lines. Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition, 363-366. Eds. P.J. Randall et al. Kluwer Academic Publishers. Printed in The Netherlands, 1993.
24. Brooks, B.J., The Adaptation of *Triticum Turgidum* L. var. Durum (Durum Wheat) to South Australia. Honours Thesis, The University of Adelaide, South Australia, 1991.
25. Yau, S.K., Nachit, M.M., Ryan, J., Hamblin, J., Phenotypic Variation in Boron-Toxicity Tolerance at Seedling Stage in Durum Wheat (*Triticum durum*). Euphytica, 83, 185-191, 1995.
26. Jamlod, S., Genetics of Boron Tolerance in Durum Wheat. Ph. D. Thesis, The University of Adelaide, South Australia, 1996.
27. Alkan, A., Farklı Tahıl Türlerinin ve Buğday ve Arpa Çeşitlerinin Bor Toksisitesine Karşı Dayanıklılığının Araştırılması ve Dayanıklılıkta Rol Alan Faktörlerin Belirlenmesi. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). S.124. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Adana, 1998.
28. Taban, S., Kütük, C., Inal, A., Erdal, I., Relationship Between Boron and Calcium in Wheat (*Triticum aestivum* L.) Soil Fertility and Fertilizer Management 9 th International Symposium of CIEC, pp 85-90. 25-30 September, 1995, Kuşadası-Turkey, 1995.
29. Alpaslan, M., Taban, S., Inal, A., Kütük, C., Erdal, I., Besin Çözeltisinde Yetiştirilen Buğday (*Triticum aestivum* L.) Bitkisinde Bor-Azot İlişkisi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 3, 215-219, 1996.
30. Hu, H., Brown, P.H., Absorption of Boron by Plants Roots. Plant and Soil, 193, 49-58, 1997.
31. Kohl, H.C.Jr., Oertli, J., Distribution of Boron in Leaves. Plant Physiol., 36, 420-424, 1961.
32. Oertli, J.J., Non-homogeneity of Boron Distribution in Plants and Consequences for Foliar Diagnosis. Comm. Soil Sci. Plant Anal., 25, 1133-1147, 1994.
33. Çakmak, I., Selection and Characterization of Cereal Genotypes with High Resistance to Zinc Deficiency and Boron Toxicity and Evaluation of Bioavailability of Zinc in Cereals for the Gap and Central Anatolia Regions. V. Progress Report. NATO SFS-Programme, 1995.