

BESİN ÇÖZELTİSİNDE YETİŞTİRİLEN BUĞDAY (*Triticum aestivum* L.) BİTKİSİNDE BOR-AZOT İLİŞKİSİ

Mehmet ALPASLAN*, Süleyman TABAN*, Ali İNAL*,
A. Cihat KÜTÜK*, İbrahim ERDAL**

*Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Ankara

**Yüzüncüyıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Van

ÖZET

Sera koşullarında perlitte Ruakura besin çözeltisiyle yetiştirilen buğday (*Triticum aestivum* L.) bitkisine, artan düzeylerde uygulanan bor ile azotun, bitkinin gelişmesi ile bor, azot ve nitrat kapsamı üzerine etkileri araştırılmıştır. Ruakura besin çözeltisine bor, borik asitten (H_3BO_3) sırasıyla 0.01, 0.1, 1.0 ve 10.0 μg B/ml, azot ise amonyum nitrattan (NH_4NO_3) sırasıyla 25, 100, 200 ve 400 μg N/ml düzeylerinde uygulanmıştır. Artan miktarlarda uygulanan bor, buğday bitkisinin kuru madde miktarını ve nitrat kapsamını azaltırken, bor kapsamını artırmıştır. Azot uygulaması ise deneme bitkisinin kuru madde miktarını, azot ve nitrat kapsamını artırırken, bor kapsamını azaltmıştır. Bor ve azotun bu etkileri istatistiki yönden önemli olmuştur ($P<0.01$). Yüksek dozlarda azot uygulaması bitkide bor toksisitesini hafifletmiştir. Düşük bor düzeylerinde ise bitkide nitrat biriktiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Buğday (*Triticum aestivum* L.), Bor, Azot, Nitrat

BORON-NITROGEN RELATIONSHIP IN WHEAT (*Triticum aestivum* L.) GROWN WITH THE NUTRIENT SOLUTION

ABSTRACT

The effects of boron applied 0.01, 0.1, 1.0, and 10.0 μg B/ml levels as boric acid (H_3BO_3), and nitrogen applied 25, 100, 200, and 400 μg N/ml as ammonium nitrate (NH_4NO_3), respectively, on the amount of dry matter yield, and boron, nitrogen and nitrate contents of wheat (*Triticum aestivum* L.) grown in perlite medium with Ruakura nutrient solution under greenhouse conditions were investigated. Dry matter yield and nitrate contents of wheat were decreased and boron content was increased with increasing boron application. Controversially, application of nitrogen increased dry matter yield, nitrogen and nitrate contents of wheat, while decreases in boron contents. Those effects of boron and nitrogen were found to be statistically significant ($P<0.01$). It was determined that addition of high levels of nitrogen alleviated boron toxicity. Low-level boron application caused in nitrate accumulation in plants.

Key Words: Wheat (*Triticum aestivum* L.), Boron, Nitrogen, Nitrate

1. GİRİŞ

Borun yüksek bitkiler için mutlak gerekli bitki besin elementi olduğu yaklaşık 70 yıl önce belirlenmesine rağmen, (Warington, 1923) bitki bünyesindeki fonksiyonları tam olarak anlaşılmış değildir. Mevcut bilgilere göre bor, bitki bünyesinde karbohidrat ve protein metabolizmasında, doku farklılaşması, auxin ve fenol metabolizmasında, membran

permeabilitesinde, polen çimlenmesinde ve polen tüpü büyümesinde önemli roller üstlenmektedir (Marschner, 1990).

Azotun bitki gelişmesine olan etkileri ve bitki metabolizmasında rol aldığı tepkimelere ilişkin bilgiler yapılan pek çok araştırmalarda yer almaktadır. Bitkilerde azot içeren organik maddenin yaklaşık % 16'sı azot olduğu düşünülürse, azotun bitki

gelişmesindeki önemi kendiliğinden ortaya çıkmaktadır.

Tahıllar bora karşı duyarlı bitkilerdir (Eaton, 1944). Buğday 2 µg /g'a kadar boru tolere etmekte ve bu dozun üzerindeki bordan ise olumsuz yönde etkilenmektedir (Gupta ve ark., 1985). Bor toksikliği dünyada genelde kurak ve yarı kurak bölge topraklarında yaygınca görülmektedir. Ülkemizde ise Orta Anadolu Bölgesi topraklarında bor kapsamlarının yüksek olması (Anonymous, 1982) bölge topraklarında yetiştirilen buğdaylarda bor toksitesinin görülebileceğini ortaya koymaktadır.

Son yıllarda kurak ve yarı kurak bölge buğday tarım alanlarında bor toksikliğinin sıkça görülmesi sonucu, bor toksitesine dayanıklı çeşitlerin belirlenmesi, buğdayda bor gübrelemesi ve ayrıca bor ile diğer bitki besin maddeleri arasında ilişkilerin olup olmadığını belirleme çalışmalarına hız verilmiştir.

Gupta ve ark. (1976) yaptıkları sera denemesinde, buğday bitkisinin kuru madde miktarının uygulanan bora bağlı olarak azaldığını, azota bağlı olarak ise arttığını; azot kapsamının borla ilgili olarak belirgin bir şekilde değişmediğini, ancak azotla ilgili olarak arttığını, bor kapsamının ise borla arttığını azotla ise azaldığını saptamışlardır.

Shelp (1990), sera koşullarında vermikulitte yetiştirilen brokoli bitkisinin çiçek, genç ve yaşlı yapraklarının toplam azot miktarlarının, besin çözeltisine artan miktarlarda verilen bora bağlı olarak azaldığını belirlemiştir. Ayrıca, bitkinin nitrat kapsamının kontrole göre bor uygulamalarında genç ve yaşlı yaprakta azaldığı bildirilmiştir.

Nable (1988) altı çeşit buğday bitkisi ile besin çözeltisinde yaptığı denemede, 15 µM'den başlayarak 5000 µM'e kadar uygulanan borun deneme bitkisinin toprak üstü kısmının kuru madde miktarını bir çeşit hariç sürekli azalttığını, bor konsantrasyonunu ise arttırdığını belirlemiştir.

Paull ve ark. (1988), yedi buğday çeşidi kullanarak yaptıkları sera denemesinde toprağa 0, 25, 50, 100 ve 150 µg B/g bor uygulamışlardır. Deneme sonunda artan miktarlarda uygulanan bora bağlı olarak genelde tüm buğday çeşitlerinde kuru madde miktarının düştüğünü belirlemişlerdir.

Kastori ve Petrovic (1989), ayçiçeği bitkisiyle yaptıkları su kültürü denemesinde, besin çözeltisine artan miktarlarda verilen borun, deneme bitkisinin kuru madde miktarını artırdığını, ancak noksan ve toksik dozlarda kuru madde miktarının düşük olduğunu; ayrıca deneme bitkisinin nitrat kapsamını

düşürdüğünü ve noksan ve toksik bor düzeylerinde bitkide nitrat biriktiğini saptamışlardır.

Bu çalışmada; perlit kültüründe yetiştirilen buğday bitkisine uygulanan artan düzeylerde bor ve azotun bitki gelişimi üzerine etkisinin saptanması yanında, bor toksitesinin önlenmesinde azotun etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Araştırma, 500 cm³ perlit konulmuş plastik saksılar kullanılarak, tesadüf parselleri deneme düzenine göre 4 yinelemeli olarak sera koşullarında yürütülmüştür. Denemede saksılara yetiştirme ortamı olarak kaba bünyeli (Ø 0.4-2.0 mm) perlit konulmuş ve drenajın sağlanabilmesi için saksıların altına perlit kaybına neden olmayacak büyüklükte delikler açılmıştır. Denemede farklı miktarlarda bor ile azot içeren ve pH'sı 6.0'a ayarlı Ruakura besin çözeltisi kullanılmıştır (Smith ve ark., 1983). Ruakura besin çözeltilerine bor ve azot aşağıda belirtilen konsantrasyonlarda ilave edilmiştir.

Bor düzeyleri Borik asit (H₃BO₃) şeklinde olmak üzere;

1. B₁ (0.01 µg B/ml)
2. B₂ (0.10 µg B/ml)
3. B₃ (1.00 µg B/ml)
4. B₄ (10.0 µg B/ml)

Azot düzeyleri Amonyum nitrat (NH₄NO₃) şeklinde olmak üzere;

1. N₁ (25 µg N/ml)
2. N₂ (100 µg N/ml)
3. N₃ (200 µg N/ml)
4. N₄ (400 µg N/ml)

Saksılara 6 adet buğday tohumu (Gerek-79) ekilmiş ve çimlenmeden sonra her bir saksıda 4 bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır. Bitkiler 100 ml çözelti/gün olmak üzere kardeşlenme dönemi öncesine kadar deneme planına göre 1/4 oranında sulandırılmış Ruakura besin çözeltileriyle, kardeşlenmeden sonra 1/1 besin çözeltileriyle sulanmıştır. Belirli aralıklarla fenolojik gözlemler yapılmış ve bitkilerin gelişme durumu ile uygulanan bor ve azota gösterilen tepki izlenmiştir. Bitkiler 8 haftalık gelişme sonunda hasat edilmiş, yıkanmış, kurutulmuş ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

Kuru yakma yöntemi ile yakılan bitki örneklerinde toplam bor Azomethine-H ile renklendirilerek (John ve ark., 1975) spektrofotometrik yöntemle, toplam azot Kjeldahl yöntemiyle (Bremner, 1965) ve nitrat azotu kuru bitki örneklerinde nitrat selektif iyon

elektrodu kullanılarak potansiyometrik yöntemle belirlenmiştir (Schouwenburg ve Walinga, 1975). Araştırma sonuçlarının istatistik analizleri MINITAB, Duncan analizleri MSTAT paket programıyla yapılmıştır.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1. Bor ve Azotun Kuru Madde Miktarı Üzerine Etkisi

Farklı miktarlarda bor ve azot içeren besin çözeltileriyle, perlit ortamında yetiştirilen buğday bitkisinin kuru madde miktarı üzerine borun ve azotun karşılıklı etkileri ile ferdi etkileri, istatistiki yönden güvenilir düzeyde önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur (Tablo 1). Bor ve azotun birlikte uygulanması, deneme bitkisinin kuru madde miktarını farklı şekillerde etkilemiş ve en az kuru madde B_2N_1 uygulamasında, en fazla kuru madde ise B_1N_4 uygulamasında elde edilmiştir (Tablo 1).

Buğday bitkisinin ortalama kuru madde miktarı, tüm azot düzeylerinde artan miktarlarda bor uygulamasıyla, sürekli olarak azalmıştır. Nable (1988), Paull ve ark. (1988), Nable ve ark. (1990) farklı buğday çeşitleriyle yaptıkları denemelerde bazı

buğday çeşitlerinde kuru madde miktarının uygulanan bora bağlı olarak azaldığını belirlemişlerdir. N_1 ve N_2 düzeylerinde artan miktarlarda uygulanan bora bağlı

olarak elde edilen kuru madde miktarları arasındaki farklar Duncan testi ile karşılaştırılmış ve uygulamalar arasındaki farkların önemsiz olduğu belirlenirken, N_3 ve N_4 düzeylerinde uygulanan bor ile elde edilen kuru madde miktarları arasındaki farklar genelde önemli bulunmuştur (Tablo 1).

Azot uygulamasıyla deneme bitkisinin ortalama kuru madde miktarı tüm bor düzeylerinde N_3 düzeyine kadar artmış ve daha sonra azalmıştır. Tüm bor düzeylerinde artan miktarlarda uygulanan azota bağlı olarak elde edilen kuru madde miktarları arasındaki farklar genelde önemli ($p < 0.05$) olmuştur (Tablo 1).

3.2. Bor ve Azotun Bor Kapsamı Üzerine Etkisi

Artan miktarlarda bor ve azot içeren besin çözeltileriyle perlit ortamında yetiştirilen buğday bitkisinin bor kapsamı üzerine uygulanan borun ve azotun karşılıklı etkileri ile ferdi etkileri, istatistiki yönden güvenilir düzeyde önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur (Tablo 2). Deneme bitkisinin bor kapsamı, bor ve azotun birlikte uygulanmasıyla farklı şekillerde etkilenmiş ve en az bor kapsamı B_1N_4 uygulamasında, en fazla bor kapsamı ise B_4N_1 uygulamasında elde edilmiştir (Tablo 2).

Büyük harfle dikey sütun, küçük harfle ise yatay sütun ortalamaları arasındaki farklar gösterilmiştir. Buğday bitkisinin bor kapsamı tüm azot düzeylerinde uygulanan bora bağlı olarak sürekli ve belirgin bir

Tablo 1 Bor ve Azotun Buğday Bitkisinin Kuru Madde Miktarı (g/saksı) Üzerine Etkileri

Uygulamalar	Kuru Madde				
	N_1	N_2	N_3	N_4	Ort
B_1	0.94 A a	1.64 A b	1.94 A c	2.11 A c	1.66
B_2	0.84 A a	1.82 A b	2.00 A b	1.58 B c	1.56
B_3	0.89 A a	1.73 A b	1.83 AB b	1.68 B b	1.54
B_4	0.88 A a	1.73 A b	1.70 B b	1.61 B b	1.48
Ort	0.89	1.73	1.87	1.75	
B			**		
N			**		
$B \times N$			**		

** $p < 0.01$

Tablo 2 Bor ve Azotun Buğday Bitkisinin Bor ($\mu\text{g B/g}$) Kapsamı Üzerine Etkileri

Uygulamalar	Bor				
	N_1	N_2	N_3	N_4	Ort
B_1	51 B a	34 B a	33 B a	31 B a	37
B_2	75 B a	60 B a	59 B a	54 B a	61
B_3	283 B a	271 B a	177 B a	173 B a	226
B_4	2192 A a	2182 A a	1273 A b	1143 A b	1698
Ort	650	637	385	350	
B			**		
N			**		
$B \times N$			**		

** $p < 0.01$

Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan testi, $p < 0.05$)

biçimde artmıştır (Tablo 2). Gupta ve ark. (1976), Nable (1988), Nable ve ark. (1990) buğday bitkisiyle yaptıkları denemelerde, deneme bitkilerinin bor kapsamlarının uygulanan bora bağlı olarak arttığını belirlemişlerdir. Tüm azot düzeylerinde artan miktarlarda uygulanan bora bağlı olarak buğday bitkisinin bor kapsamı arasındaki farklar Duncan testi ile karşılaştırılmış ve uygulamalar arasındaki farkların genelde önemli olduğu belirlenmiştir (Tablo 2). Azot uygulaması buğday bitkisinin bor kapsamını tüm bor düzeylerinde belirgin olarak azaltmasına karşın, deneme bitkisinin bor kapsamı arasındaki farklar genelde önemli olmamıştır (Tablo 2).

Buğday bitkisinde en fazla bor, azotun en düşük dozda uygulandığı bitkilerde belirlenmesine karşın, en düşük bor, azotun en yüksek dozda uygulandığı bitkilerde belirlenmiştir. Bu durum, bitkinin bor kapsamı üzerine azot uygulamaları arasındaki farkların istatistik olarak önemli olmamasına karşın, azotun bor toksisitesini hafifletici yönde etkisinin olduğunu göstermektedir.

3.3. Bor ve Azotun Azot Kapsamı Üzerine Etkisi

Buğday bitkisinin azot kapsamı üzerine artan miktarlarda uygulanan azotun etkisi önemli ($p < 0.01$) olmuş (Tablo 3) ve tüm bor düzeylerinde uygulanan azota bağlı olarak deneme bitkisinin azot kapsamı sürekli artmıştır. Tüm azot düzeylerinde deneme bitkisinin ortalama azot kapsamı, uygulanan bora bağlı olarak B₃ düzeyine kadar artmış ve bu düzeyden sonra azalmıştır. Borun azot kapsamı üzerine olan bu etkisi, istatistik olarak önemli olmamıştır. Gupta ve ark. (1976) buğday bitkisiyle yaptıkları denemede benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

3.4. Bor ve Azotun Nitrat Kapsamı Üzerine Etkisi

Artan miktarlarda bor ve azot içeren besin çözeltileriyle perlit ortamında yetiştirilen buğday bitkisinin nitrat kapsamı üzerine uygulanan borun ve azotun karşılıklı etkileri ile ferdi etkileri istatistiki yönden güvenilir düzeyde önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur (Tablo 4). Deneme bitkisinin nitrat kapsamı bor ve azotun birlikte uygulanmasıyla farklı şekillerde etkilenmiş ve en az nitrat kapsamı B₁N₁ uygulamasında, en fazla nitrat kapsamı ise B₁N₄ uygulamasında elde edilmiştir (Tablo 4).

Buğday bitkisinin nitrat kapsamı N₁ düzeyi hariç diğer tüm azot düzeylerinde uygulanan bora bağlı olarak sürekli ve belirgin bir biçimde azalmıştır (Tablo 4).

Shelp (1990) brokoli bitkisiyle, Kastori ve Petrovic (1989) ayçiçeği bitkisiyle, Bonilla ve ark. (1980) şeker pancarı bitkisiyle yaptıkları denemelerde, uygulanan Tablo 3 Bor ve Azotun Buğday Bitkisinin Azot (% N) Kapsamı Üzerine Etkileri

Uyg	Azot				
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	Ort
B ₁	2.19	3.80	5.02	5.53	4.14
B ₂	2.44	3.74	4.93	5.84	4.24
B ₃	2.28	3.68	5.19	5.68	4.21
B ₄	2.26	3.83	4.95	5.38	4.10
Ort	2.29 a	3.76 b	5.02 c	5.61 d	
B	öd				
N	**				
BxN	öd				

** $p < 0.01$ öd: önemli değil.

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan testi, $p < 0.05$)

Tablo 4 Bor ve Azotun Buğday Bitkisinin Nitrat ($\mu\text{g NO}_3/\text{g}$) Kapsamı Üzerine Etkileri

Uyg	Nitrat				
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	Ort
B ₁	0.09 C c	0.71 A c	1.90 A b	2.95 A a	1.41
B ₂	0.14 A a	0.70 A b	1.59 B c	2.35 B d	1.20
B ₃	0.34 B c	0.49 A c	1.32 C b	2.08 C a	1.06
B ₄	0.29 BC a	0.55 A b	1.37 BC c	1.94 Cd	1.04
Ort	0.22	0.61	1.55	2.33	
B	**				
N	**				
BxN	**				

** $p < 0.01$

Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan testi, $p < 0.05$)

Büyük harfle dikey sütun, küçük harfle ise yatay sütun ortalamaları arasındaki farklar gösterilmiştir.

bora bağlı olarak deneme bitkilerinin nitrat kapsamalarının azaldığını belirlemişlerdir. Tüm azot düzeylerinde artan miktarlarda uygulanan bora bağlı olarak buğday bitkisinin nitrat kapsamı arasındaki farkların genelde önemli olduğu belirlenmiştir (Tablo 4).

Deneme bitkisinin nitrat kapsamı uygulanan azota bağlı olarak belirgin bir şekilde artmıştır. Tüm bor düzeylerinde uygulanan azota bağlı olarak deneme bitkisinin nitrat kapsamı arasındaki farklar genelde önemli olmuştur (Tablo 4). Buğday bitkisinin nitrat kapsamında uygulanan azota bağlı bu artış, bitkinin azot kapsamındaki artışın bir sonucudur.

Buğday bitkisinde ortalama en fazla nitrat, borun en düşük dozda uygulandığı bitkilerde belirlenmesine karşın, en düşük nitrat, borun en yüksek dozda uygulandığı bitkilerde belirlenmiştir. Bor noksanlığı bitkide nitrat kapsamının artmasına neden olmaktadır (Kastori ve Petrovic, 1989). Bor beslenmesi yetersiz olan bitkilerde nitrat indirgenmesi ve amino asit sentezinin yeterince yapılamaması sonucu bitkilerin

kök, gövde ve yapraklarında nitrat azotu birikimi olmaktadır (Aydemir, 1988). Bitkilerde nitrat birikmesi özellikle insan ve hayvan sağlığı açısından önemlidir. Nitrat kapsamı yüksek bitkilerle beslenen insanlarda methemoglobinemia, kansere yol açan nitrozaminler ve A vitamini noksanlığı görülmektedir (Craddock, 1983 ve Wright ve Davidson, 1964).

4. KAYNAKLAR

Anonymous 1982. Micronutrients and The Nutrient Status of Soils: A Global Study, FAO Soils Bulletin No 48, Rome.

Aydemir, O. ve İnce. F. 1988. Bitki Besleme. ss. 653. Dicle Üniversitesi Eğitim Fakültesi Yayınları No:2, Diyarbakır.

Bonilla. I., Cadahai. C., Carpena. O. and Hernando. V. 1980. Effects of Boron on Nitrogen Metabolism and Sugar Levels of Sugar Beet, Plant and Soil, 57, 3-9.

Bremner. J.M. 1965. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Ed. C.A. Black, Amer. Soc. Of Agron. Inc. Pub. Agron. Series No 9, Madison, Wisconsin, USA.

Craddock, W.M. 1983. Nitrosamines and Human Cancer. pp 306-608. Proof of and Association. Nation London.

Eaton. F.M. 1944. Deficiency, Toxicity and Accumulation of Boron in Plants, J. Agric. Res., 69, 237-277.

Gupta. U.C., Jame. Y.W., Campbell. C.A., Leyshon. A.J. and Micholaichuk. W. 1985. Boron Toxicity and Deficiency, A Review Canadian Journal of Soil Sci., 65,381-409.

Gupta. U.C., MacLeod. J.A. and Sterling. D.E. 1976. Effects of Boron and Nitrogen on Grain Yield and Boron and Nitrogen Concentrations of Barley and Wheat, Soil Sci. Soc. Am. J., 40, 723-726.

John. M.K., Chuah. H.H. and Neufeld. J.H. 1975. Application of Improved Azomethine-H Method to the Determination of Boron in Soils and Plants, Anal. Lett., 8, 559-568.

Kastori. R. and Petrovic. N. 1989. Effect of Boron on Nitrate Reductase Activity in Young Sunflower Plants, Journal of Plant Nutrition, 12, 621-632.

Marschner. H. 1990. Mineral Nutrition of Higher Plants. pp 674. Academic Press, London.

Nable. R.O. 1988. Resistance to Boron Toxicity Amongst Several Barley and Wheat Cultivars: A Preliminary Examination of the Resistance Mechanism, Plant and Soil, 112, 45-52.

Nable. R.O., Cartwright. B. and Lance. R.C.M. 1990. Genotypic Differences in Boron Accumulation in Barley: Relative Susceptibilities to Boron Deficiency and Toxicity, N. El Bassam et.al. (Eds.), Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition, 243-251. Kluwer Academic Publishers. Printed in The Netherlands.

Paull. J.G., Cartwright. B. and Rathjen. A.J. 1988. Responses of Wheat and Barley Genotypes to Toxic Concentrations of Soil Boron, Euphytica, 39, 137-144.

Schouwenburg. J. and Walinga. I. 1975. Methods of Analysis for Plant Material. Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.

Shelp. B.J. 1990. The Influence of Boron Nutrition on Nitrogen Partitioning in Broccoli Plants, Commun. In Soil Sci. Plant Anal., 21, 49-60.

Smith. G.S., Johnston. C.M. and Conforth. I.S. 1983. Comparison of Nutrient Solutions for Growth of Plants in Sand Culture, New Phytol., 94, 537-548.

Warrington. K. 1923. The Effect of Boric Acid and Borax on the Broad Bean and Certain Other Plants, Ann. Bot., 37, 629-672.

Wright, M. G. and Davidson, K.L. 1964. Nitrate Accumulation in Crops and Nitrate Poisoning of Animals. Adv. in Agronomy 16, 197-247.