

Buğdayda Bor Toksisitesi ile Fosfor Arasındaki Etkileşimin Büyüme ve Çözünür Karbonhidratlar ile İlişkisinin İncelenmesi

***Y. ALICI **I. ÖNCEL**

Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 06100 Tandoğan-ANKARA

*E-posta: yaseminturkan@gmail.com, **E-posta: oncel@science.ankara.edu.tr

Received: 07.12.2007, Accepted: 04.02.2008

Özet: Bor toksisitesine toleranslı olan ekmeklik (*Triticum aestivum* L. cv. Kıraç 66) ve duyarlı olan makarnalık (*Triticum durum* Desf. (cv. Kunderu 1149) buğday fidelerinde bor elementine karşı fosforun olası antagonistik etkinliği, büyüme parametreleri ve çözünür karbonhidrat içerikleriyle ilişkili olarak incelendi. Sera denemesinde toprağa 0,15,30,45,60 mg kg⁻¹B ve 0,20,40,60,80 mg kg⁻¹P eklenerek 6 hafta süresince yetiştirilen fideler toprak yüzeyinden hasat edildi.

Deneme sonunda bor toksisitesi altındaki ekmeklik ve makarnalık buğday fidelerinin boy uzunluklarında ve oransal su içeriklerinde uygulanan fosfor konsantrasyonlarına bağlı olarak önemli bir değişikliğin olmadığı, makarnalık buğday fidelerinde kuru madde miktarının azaldığı, ekmeklik buğday fidelerinde ise 80 mg kg⁻¹P konsantrasyonunda kuru maddenin arttığı tespit edildi. Ekmeklik ve makarnalık buğday fidelerinde bor miktarındaki artış, farklı fosfor konsantrasyonlarının uygulanması ile engellenemezken, P miktarının ekmeklik buğday fidelerinde 15mg kg⁻¹B+60 mg kg⁻¹P konsantrasyonunun, makarnalık buğday fidelerinde ise 30 ve 45 mg kg⁻¹B+40 mg kg⁻¹P konsantrasyonlarının uygulanması ile azaldığı belirlendi. Uygulanan belirli bor konsantrasyonları ile ekmeklik ve makarnalık buğday fidelerindeki glikoz ve fruktoz miktarının arttığını, ancak uygulanan tüm fosfor konsantrasyonları ile azaldığını gösteren sonuçlar bor toksisitesinin fosfor uygulamaları ile giderilebileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Bor toksisitesi, buğday, fosfor, çözünür karbonhidrat.

Studies on the Effects of İnterrelationship of Boron Toxicity and Phosphorus Nutrition on Soluble Carbohydrates and Growth of Wheat

Abstract: The effects of phosphorus (P), which may show antagonistic effect to boron (B), on the growth parameters and soluble carbohydrate of *Triticum aestivum* that is tolerant and *Triticum durum* that is sensitive to B toxicity are investigated. In greenhouse experiment, seedlings are harvested after the application of 0,15,30,45,60 mg kg⁻¹B and 0,20,40,60,80 mg kg⁻¹P for six weeks.

At the end of the experiment, it is found that there is no significant change, depending on the application of different P concentrations, in the seedling length and relative water content of the *Triticum aestivum* and *Triticum durum*. The decrease in the percent dry matter of the *Triticum durum* in any concentration and the increase in that of *Triticum aestivum* at 80 mg kg⁻¹P concentration are also observed. In the seedlings of both species the increase in the amount of B can't be stopped by the application of different P levels. On the other hand, it decreased in *Triticum aestivum* at 15mg kg⁻¹B+60 mg kg⁻¹P and *Triticum durum* at 30 and 45 mg kg⁻¹B+40 mg kg⁻¹P concentrations. The results which show the increase in the amount of glucose and fructose, with the application of some specific B levels, however, the decrease in these values with the application of any P concentrations proves that B toxicity can be removed with the help of P.

Keywords: Boron toxicity, wheat, phosphorus, soluble carbohydrate.

Giriş

Bor (B) bakımından zengin topraklar daha az yaygın olmasına rağmen dünyanın farklı bölgelerinde bitkisel verimi B noksanlığına göre daha çok düşürdüğü görülmektedir. Bu nedenle B toksisitesi özellikle kurak ve yarı kurak bölge topraklarında verim düşüşlerinin başta gelen nedenleri arasında gösterilmektedir [1].

Türkiye, dünyanın en büyük B yataklarına sahip bulunmaktadır [2]. Ülkemizde özellikle Batı Anadolu Bölgesi dünyadaki B rezervlerinin %61'ine sahip durumdadır [3,4]. Ayrıca yapılan çalışmalar, Orta Anadolu ve GAP bölgelerindeki B toksisitesi probleminin optimum üretimi sınırlandıracak kadar yüksek düzeylere ulaştığını göstermektedir [5].

Bitkiler için gerekli mikro besin elementlerinden biri olan B'un, karbonhidratların taşınmasında, hücredeki fenol seviyesinin kontrolünde ve kök gelişmesinde, nükleik asit metabolizmasının uyarılmasında, pektin ve lignin bileşiklerinin sentezlenmesi ve bunlarla kompleks oluşturarak ince fakat dayanıklı bir hücre çeperinin oluşumunun sağlanmasında, membran fonksiyonlarının muhafaza edilmesinde, enzimlerin aktivasyonunda, çiçeklerin açması ve polen çimlenmesinde [6],

azot metabolizmasında, hormonların hareket etkinliğinde, meyvelerin olgunlaşmasında, oksin metabolizmasında, hücre bölünmesinde, bitki-su ilişkisinde ve solunum üzerinde etkili olduğu açıklanmıştır [7,8].

B toksisitesinin bitkilerin kök ve yeşil aksam büyümesini engelleyen ve tane verimini ciddi şekilde sınırlayan bir mikroelement problemi olduğu bildirilmektedir [9]. Ayrıca buğdayda özellikle bitki boyunun uzamasını ve yeşil aksam gelişmesini durduran [10], büyümeyi geciktiren [11] ve kök gelişimini azaltan [12] bir problem olduğu da çeşitli çalışmalar ile gösterilmiştir.

B toksisitesi probleminin çözümünde B toksisitesine dayanıklı çeşitlerin seleksiyonu ve ıslahı dışında B biriktiren bitkilerin yetiştirilmesi, B'un bitkiler tarafından alınımı sınırlayan elementler içeren gübreler ile gübrenmesi ve topraklarda bulunan mevcut B'u bağlayan organik madde içeriği yüksek olan materyallerin toprağa ilavesi gibi yöntemler önerilmektedir [13].

B toksisitesi altındaki bitkilerde antagonistik etkiye sahip olan P'un uygulanması sonucu, bitkilerde oluşan fizyolojik ve biyokimyasal mekanizmalarla ilgili çalışma sayısının çok sınırlı olduğu göz önüne alınarak bu çalışmada, B toksisitesine karşı toleranslı olan ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Kırac 66) ve duyarlı olan makarnalık buğday (*Triticum durum* Desf.cv. Kunduru 1149) fidelerinde, B elementine antagonistik etki gösteren P'un farklı konsantrasyonlarının uygulanması ile bitki boyu, % kuru madde miktarı, oransal su içeriği, B ve P miktarı, biyokimyasal parametrelerden ise çözümlü karbonhidratlar üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Farklı B konsantrasyonlarına farklı P konsantrasyonlarının uygulanması ile meydana gelen etkilere buğday fidelerinin tepkileri, belirtilen fizyolojik ve biyokimyasal parametrelerle değerlendirilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla büyüme ölçümleri yapılmış ve biyokimyasal değişiklikler test edilmiştir.

Materyal ve Metodlar

Bu çalışmada iki buğday türüne ait 2 genotip kullanılmıştır. Bunlar *Triticum aestivum* L. cv. Kırac 66 ve *Triticum durum* Desf.cv. Kunduru 1149'dur. Toprak, saksılara doldurulmadan önce hava kuru haline getirilmiştir. Sera denemesi, içerisine polietilen torbalar geçirilmiş 2kg mutlak kuru toprak alan plastik saksılar kullanılarak yapılmış ve topraklar 0, 15, 30, 45, 60mg kg⁻¹ konsantrasyonlarındaki B ve 0, 20, 40,

60, 80mg kg⁻¹ konsantrasyonlarındaki P ile karıştırılıp saksılara doldurulmuştur. Uygulanan B konsantrasyonları için borik asit (H₃BO₃) ve P konsantrasyonları için triple süper fosfat (P₂O₅) kullanılmıştır. Her bir deneme grubu 3 paralel olarak yürütülmüş ve toplam 150 saksı kullanılmıştır. Fidelerin yetiştirilmesinde kullanılan topraklara temel gübre olarak her bir saksıya amonyum nitrat (NH₄NO₃) formunda 150 ppm N uygulanmıştır. Her saksıya 30 adet tohum ekilmiştir. Tohumlar çimlendikten sonra her saksıdaki fide sayısı 20'e seyreltilmiştir. Denemede kullanılan saksı toprağı tarla kapasitesine (TK) (%TK=%25.78) yakın noktada tutulmaya çalışılmış ve sulama işlemi düzenli olarak saf su ile yapılmıştır. Fideler serada 24-33°C hava sıcaklığı, %51 nisbi nem ve doğal ışık koşullarında 6 hafta yetiştirilip toprak yüzeyinden hasat edilmiştir.

Hasattan hemen sonra her deneme grubundan rasgele seçilen 10'ar adet fide de boy ve yaş ağırlık ölçümleri yapılmıştır. Kontrol ve uygulama gruplarından rasgele seçilen 10'ar adet fidenin yapraklarından 4 mm çapında disklerin kullanılması ile oransal su içeriği belirlenmiştir[14]. B ve P analizinde kullanılmak üzere, kimyasal ve biyolojik değişimleri en düşük düzeyde tutmak için fideler, 65°C'de 48 saat süre ile kurutulmuş ve kuruma işlemi bittikten sonra da öğütülmüşlerdir. Bitkide B tayini, kuru yakma ile elde edilen ekstraktlarda Azomethin-H yöntemine göre Shimadzu UV201 marka UV-VIS model spektrofotometrede [15], kuru yakma ile elde edilen ekstrakttaki toplam P tayini ise vanadomolibdo fosforik sarı renk yöntemine göre Shimadzu model UV-VIS 201 spektrofotometrede belirlenmiştir [16].

Çözünür karbonhidrat ekstraksiyonu ve tayini liyofilize edilmiş örneklerin %80'lik etanol ile ekstraksiyonu ile Halhoul ve Kleinberg [17] tarafından belirlenen yöntemle yapılmıştır. Glukoz ve fruktoz miktarları 620nm'ye ayarlanmış CECİL 5000 marka CE 5502 model UV spektrofotometrede glukoz ve fruktoz standartlarına karşı tayin edilmiştir.

Deneme topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri analizlerle belirlenmiştir (Çizelge 1).Toprakta fiziksel analizlerden; nem tayini [18], tarla kapasitesi [18], kimyasal analizlerden ise, mikroelement Zn ve Mn [19], Fe ve Cu [20], B [15], toplam azot [21], yarıyıllı fosfor [22,23], almabilir potasyum [24], elektriksel iletkenlik [18] ve pH [18,25] tayinleri yapılmıştır.

Çizelge 1. Denemede kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

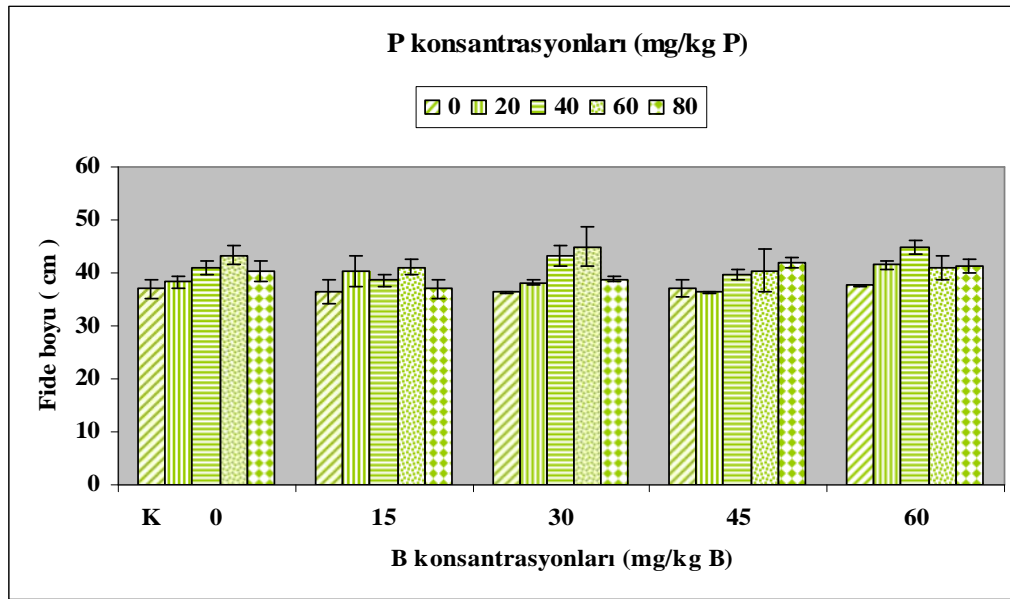
pH	Elektriksel İletkenlik	Nem (%)	Tarla Kapasitesi(%)	B (mg/kg)	N (%)	P (ppm)	K (me100 kg)	Mikroelement Konsantrasyonu(ppm)			
								Zn	Mn	Fe	Cu
7.97	Tuzsuz	3.4	25.78	4	0.116	11.8	0.16	0.86	8.49	7.64	0.44

Deneylelerden elde edilen veriler MİNİTAB yazılımının kullanılması ile bilgisayar ortamında, dengelenmiş Anova testi ile istatistiki olarak değerlendirilmiştir. İstatistiksel analizler MİNİTAB ve MSTAT paket programları ile yapılmış ve Düzgüneş [26]'e göre değerlendirilmiştir.

Bulgular

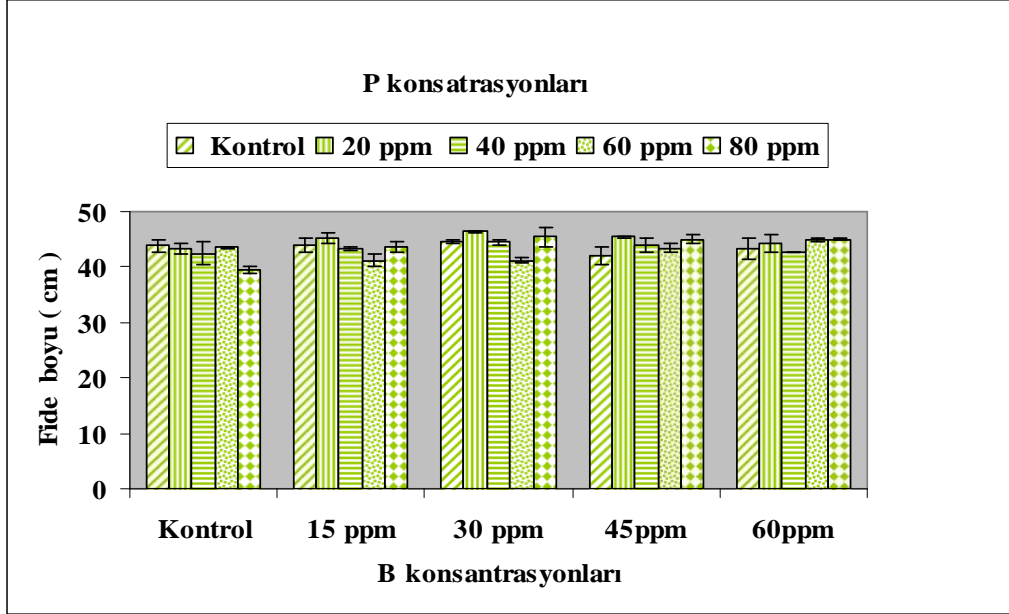
Ekmeklik ve makarnalık buğday fidelerinin kontrol ve uygulama grubu örneklerinde B toksisitesinin giderilmesi amacıyla artan düzeylerde uygulanan P'un etkileri incelenmiştir.

B toksisitesi altındaki makarnalık buğday fidelerine uygulanan farklı P konsantrasyonlarının artışına bağlı olarak fide boyu uzunluklarında istatistiksel olarak önemli farklılıklar olmadığı bulunmuştur (Şekil 1.a.). 15, 30, 45 ve 60mg kg⁻¹B uygulanan fakat P uygulanmayan topraklarda yetiştirilen ekmeklik buğday fidelerinin boy uzunluklarında kontrol grubuna göre farklılıkların olmadığı bulunmuştur.



(a)

Ancak P'un antagonistik etkisinin incelendiği örneklerden sadece 15, 30, 45 ve 60mg kg⁻¹B+80mg kg⁻¹P, 30mg kg⁻¹B+60mg kg⁻¹P ve 45mg kg⁻¹B+20mg kg⁻¹P uygulanarak yetiştirilen fidelerin boy uzunluklarında istatistiksel olarak önemli bulunan (p<0,05) farklılıkların artış ve azalışlar şeklinde olduğu belirlenmiştir (Şekil 1.b.).

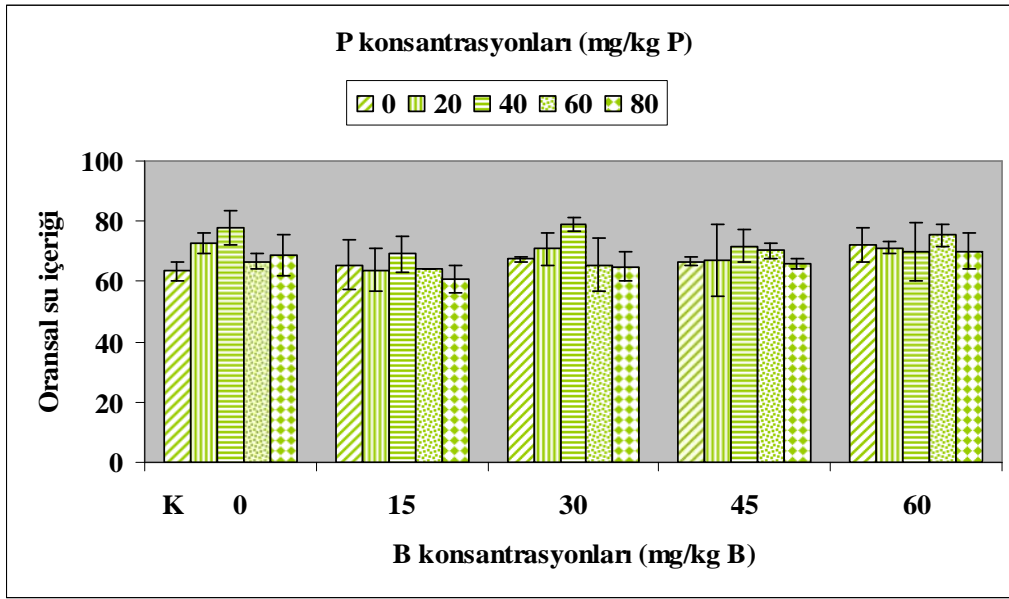


(b)

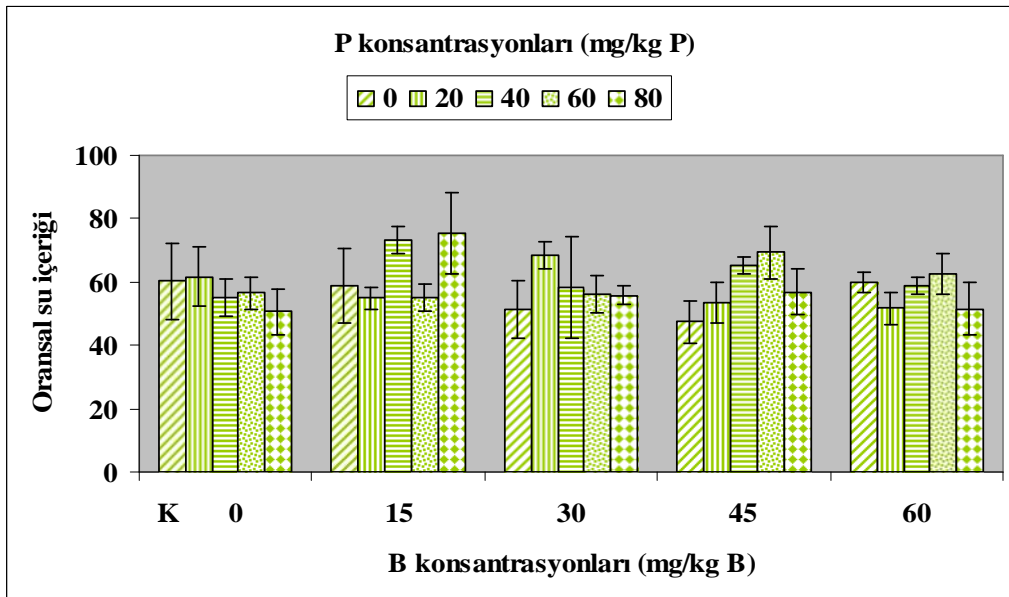
Şekil 1 a.,b. Farklı B (0, 15, 30, 45, 60mg/kg) ve P konsantrasyonlarında (0, 20, 40, 60, 80mg/kg) yetiştirilen (a) makarnalık (*Triticum durum* Desf. cv. Kunduru 1149) ve (b) ekmeklik (*Triticum aestivum* L. cv. Kıraç 66) buğday fide boylarındaki değişimler (n=3)

Her iki genotipe ait fidelerin kontrol gruplarında ve farklı B konsantrasyonlarına farklı P konsantrasyonlarının uygulandığı gruplarda oransal su içeriğinin farklılıklar göstermediği tespit edilmiştir (Şekil 1.c.,Şekil 1.d.).

Makarnalık buğday fidelerinin kuru madde miktarı, kontrole göre yalnızca P ve B uygulanan kontroller ile uygulama gruplarında azalmıştır (p<0,01,Şekil 1.e.). 15, 30, 45 ve 60mg kg⁻¹B konsantrasyonları uygulanarak B toksisitesinin belirlendiği ekmeklik buğday fidelerinde azalan kuru madde miktarı ise, 60 ve 80mg kg⁻¹P uygulamaları ile artmıştır (p<0,01, Şekil 1.f.).



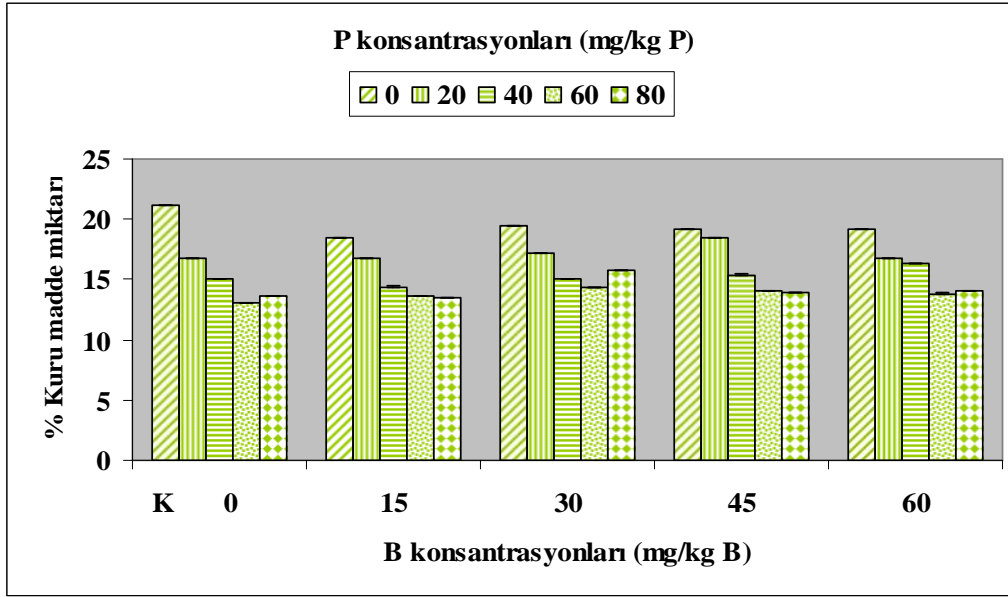
(c)



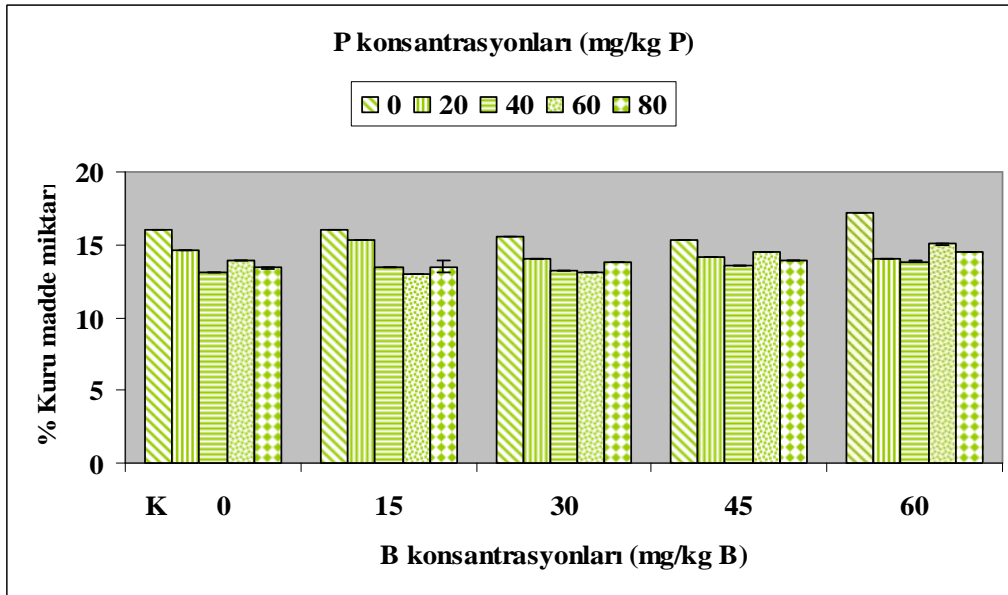
(d)

Şekil 1 c.,d. Farklı B (0, 15, 30, 45, 60mg/kg) ve P konsantrasyonlarında (0, 20, 40, 60, 80mg/kg) yetiştirilen (c) makarnalık (*Triticum durum* Desf. cv. Kunduru 1149) ve (d) ekmeklik (*Triticum aestivum* L. cv. Kıraç 66) buğday fidelerindeki oransal su içeriğinin değişimi (n=3)

Kontrol grubuna ve uygulama grupları arasındaki karşılaştırmalara göre hem ekmeklik hem de makarnalık buğday fidelerinde artış gösteren B miktarı, farklı P konsantrasyonlarının uygulanması ile azalmıştır ($p < 0,01$, Şekil 1.g., Şekil 1.h.).



(e)

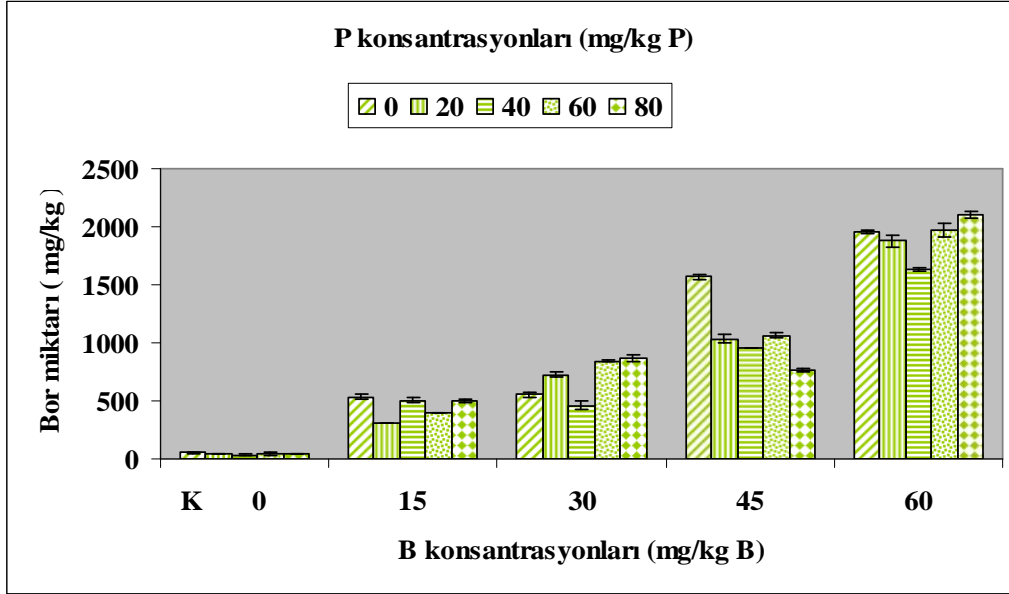


(f)

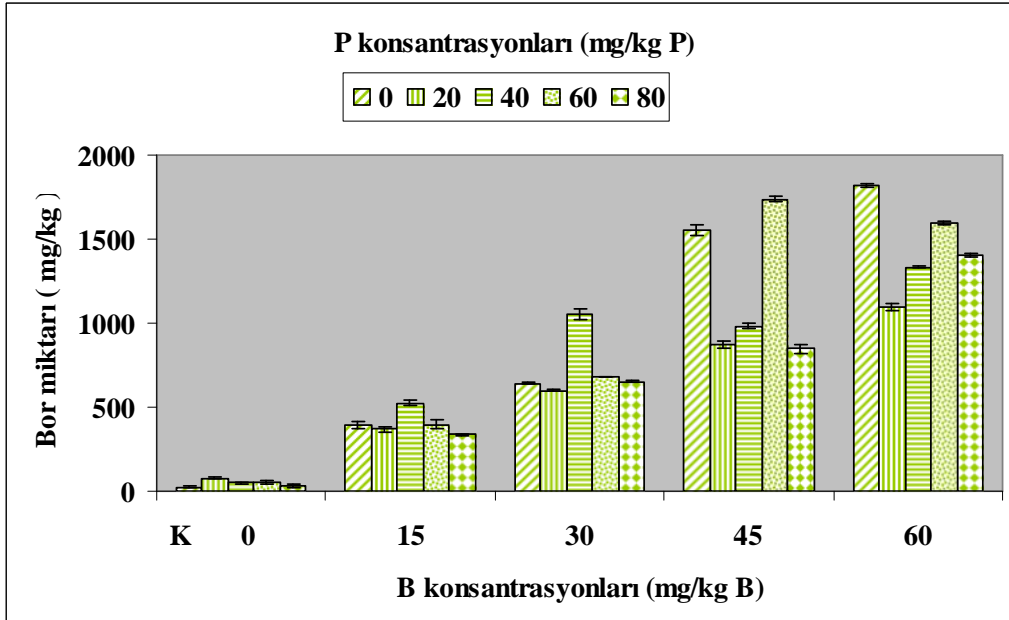
Şekil 1. e., f. Farklı B (0, 15, 30, 45, 60mg/kg) ve P konsantrasyonlarında (0, 20, 40, 60, 80mg/kg) yetiştirilen (e) makarnalık (*Triticum durum* Desf. cv. Kunduru 1149) ve (f) ekmeklik (*Triticum aestivum* L. cv. Kıraç 66) (n=3) buğday fidelerindeki % kuru madde miktarının değişimi (n=3)

B toksisitesi altında yetiştirilen makarnalık ve ekmeklik buğday fidelerine uygulanan P konsantrasyonlarının artışına bağlı olarak P miktarının arttığı saptanmıştır. Bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$, Şekil 1.i.). Ancak 30mg

$\text{kg}^1\text{B}+60\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanarak yetiştirilen ekmeklik buğday fidelerindeki P miktarının 80mg kg^{-1} 'a artması ile azalmıştır ($p<0,01$, Şekil 1.j.).

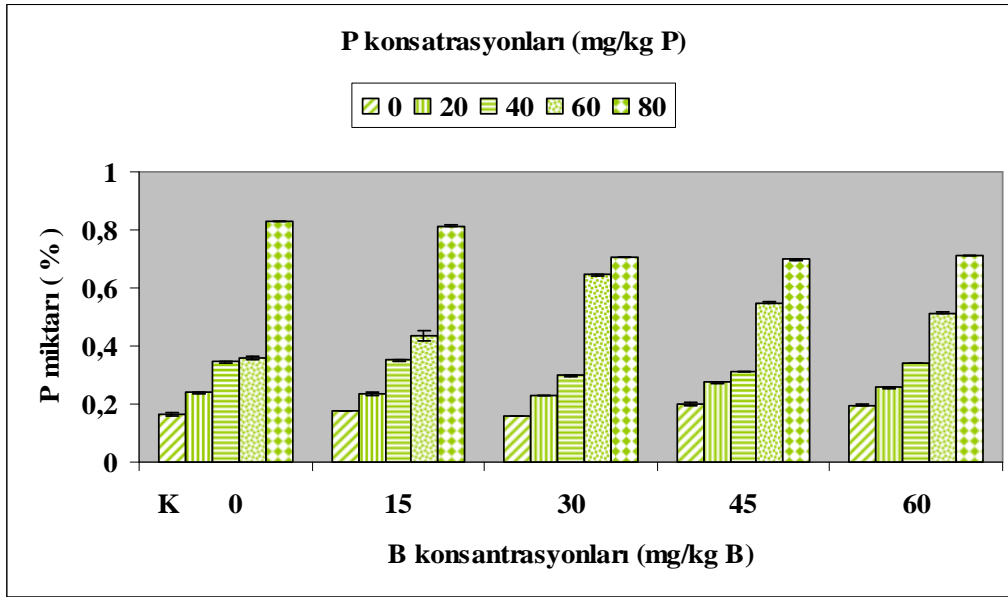


(g)

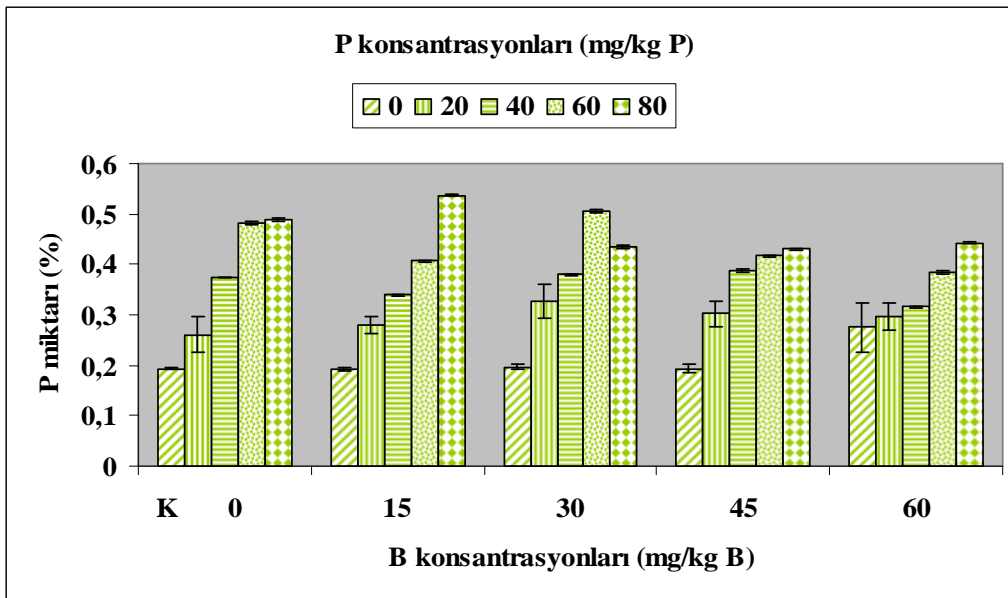


(h)

Şekil 1.g., h. Farklı B (0, 15, 30, 45, 60mg/kg) ve P konsantrasyonlarında (0, 20, 40, 60, 80mg/kg) yetiştirilen (g) makarnalık (*Triticum durum* Desf. cv. Kunduru 1149) ve (h) ekmeklik (*Triticum aestivum* L. cv. Kıraç 66) buğday fidelerindeki B miktarının değişimi (n=3)



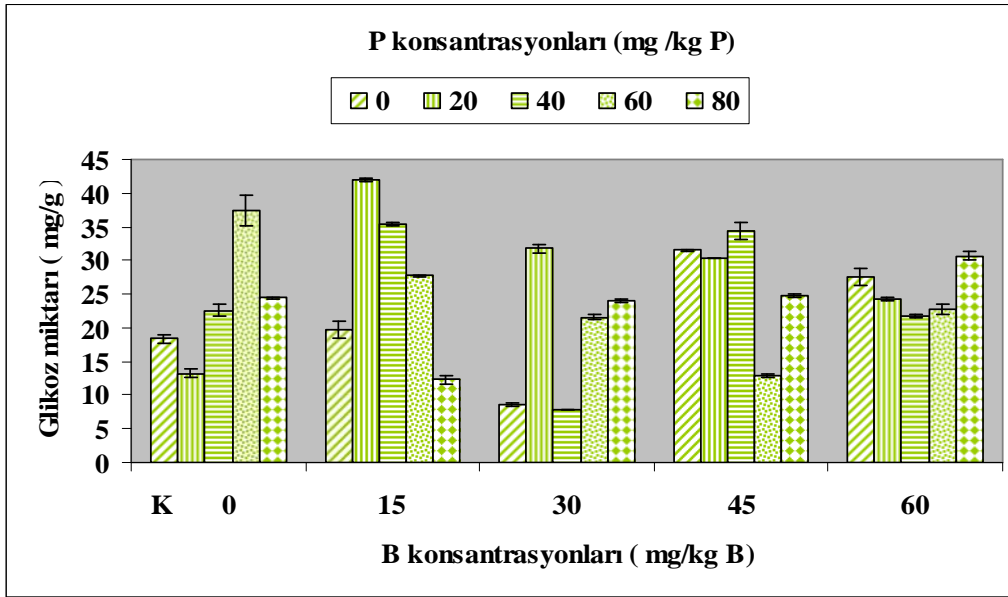
(i)



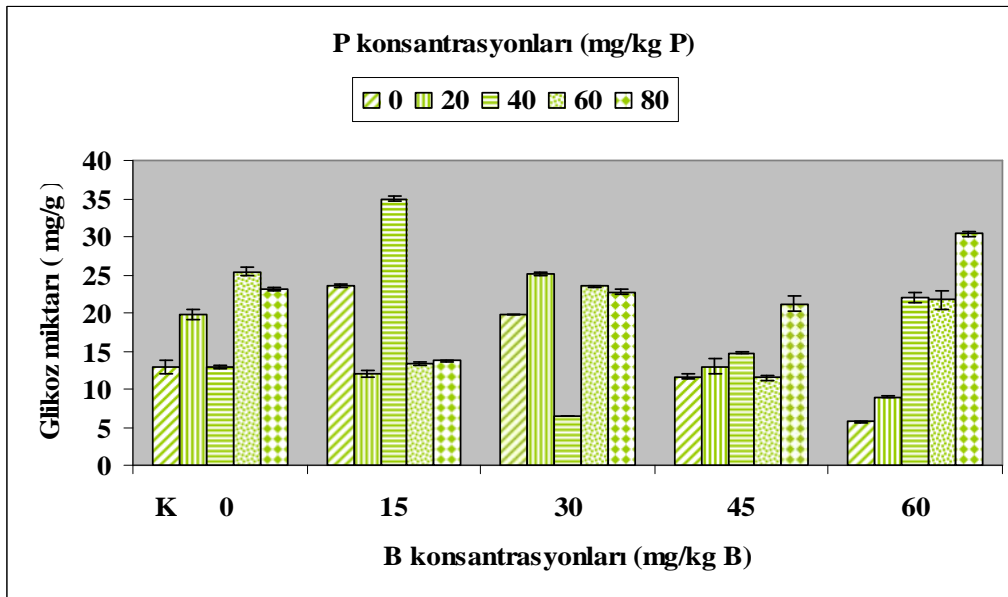
(j)

Şekil 1.i., j. Farklı B (0, 15, 30, 45, 60mg/kg) ve P konsantrasyonlarında (0, 20, 40, 60, 80mg/kg) yetiştirilen (i) makarnalık (*Triticum durum* Desf. cv. Kunduru 1149) ve (j) ekmeklik (*Triticum aestivum* L. cv. Kıraç 66) buğday fidelerindeki P miktarının değişimi (n=3)

15, 30, 45 ve 60mg kg⁻¹B uygulanan fakat P uygulanmayan topraklarda yetiştirilen ekmeklik ve makarnalık buğday fidelerinin glikoz miktarında kontrol grubuna göre artış ve azalışlar olduğu bulunmuştur (p<0,01, Şekil 2.a.,b.).



(a)



(b)

Şekil 2.a.,b. Farklı B (0, 15, 30, 45, 60mg/kg) ve P konsantrasyonlarında (0, 20, 40, 60, 80mg/kg) yetiştirilen (a) makarnalık (*Triticum durum* Desf. cv. Kunduru 1149) ve (b) ekmeklik (*Triticum aestivum* L. cv. Kıraç 66) buğday fidelerindeki glikoz miktarının değişimi (n=3)

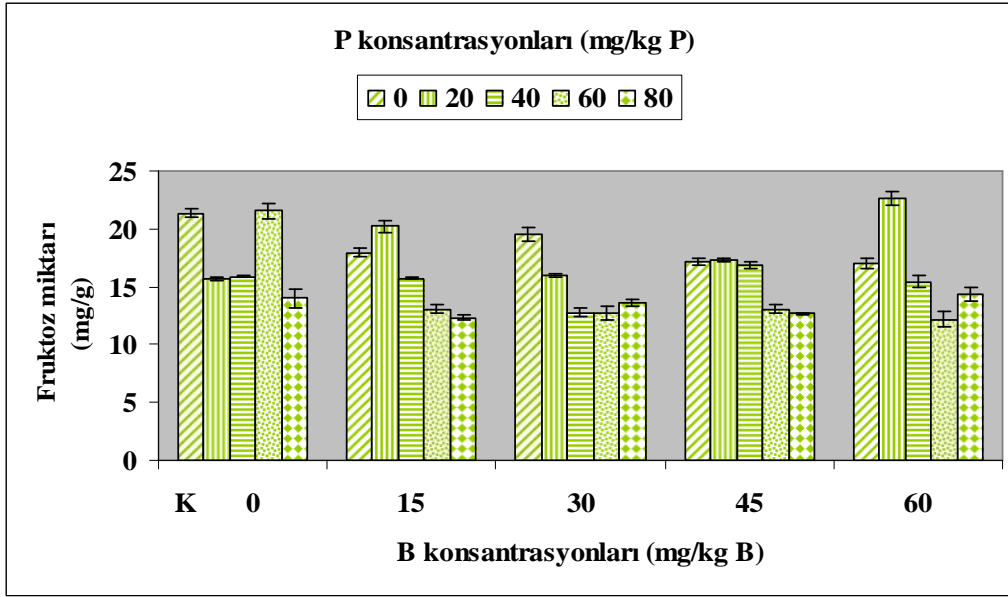
Makarnalık buğday çeşidinin glikoz miktarı $0\text{mg kg}^{-1}\text{B}+20\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulamasına göre , $15\text{mg kg}^{-1}\text{B}$, $30\text{mg kg}^{-1}\text{B}$, $45\text{mg kg}^{-1}\text{B}$ ve $60\text{mg kg}^{-1}\text{B}+20\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanarak yetiştirilen fidelerde, $0\text{mg kg}^{-1}\text{B}+40\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulamasına göre, $15\text{mg kg}^{-1}\text{B}$ ve $45\text{mg kg}^{-1}\text{B}+40\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanarak yetiştirilen fidelerde ve $0\text{mg kg}^{-1}\text{B}+80\text{mg kg}^{-1}\text{P}$

uygulanmasına göre, $60\text{mg kg}^{-1}\text{B}+80\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanarak yetiştirilen fidelerde artmıştır (Şekil 2.a.). Ancak $60\text{mg kg}^{-1}\text{B}+0\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanarak yetiştirilen fidelerdeki glikoz miktarı, P'un 20, 40 ve 60mg kg^{-1} uygulanması ile, $15\text{mg kg}^{-1}\text{B}+20\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanarak yetiştirilen fidelerdeki glikoz miktarı P'un 40, 60 ve 80mg kg^{-1} uygulanması ile ve $45\text{mg kg}^{-1}\text{B}+40\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanarak yetiştirilen fidelerdeki glikoz miktarı P'un 60 ve 80mg kg^{-1} uygulanması ile azalmıştır (Şekil 2.a.). Glikoz miktarındaki bu azalmalar, P'un toprakta yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu zaman B alımını rekabetsel olarak inhibe edebildiğini göstermiştir. Bu sayede B'un toksik konsantrasyonlarının etkisi ile artan glikoz miktarının P uygulamaları ile azalması B toksisitesi şartlarında P'un antagonistik etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur.

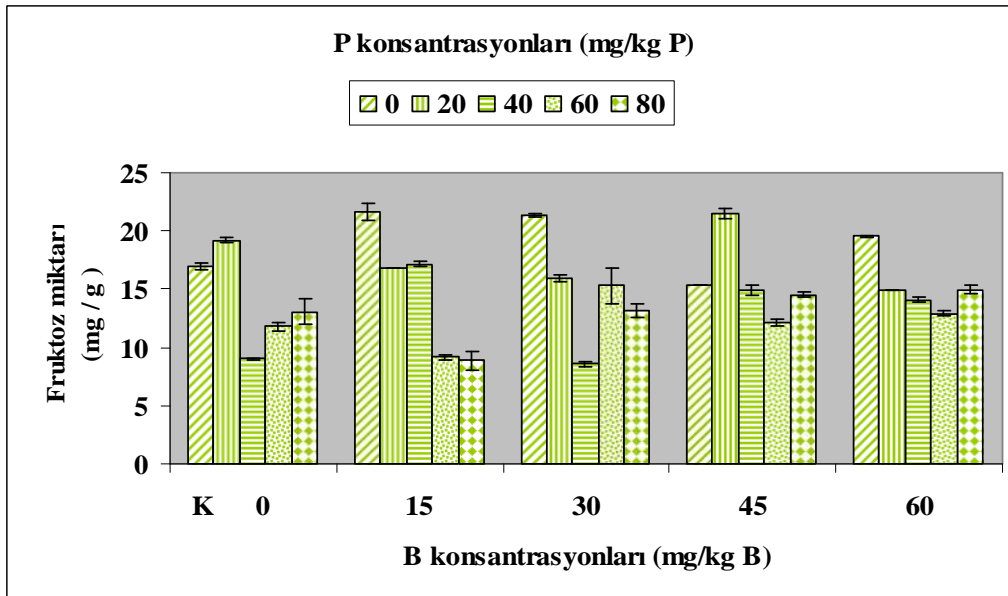
Ekmeklik buğday çeşidinin $30\text{mg kg}^{-1}\text{B}+20\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanarak yetiştirilen fidelerdeki glikoz miktarı $0\text{mg kg}^{-1}\text{B}+20\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ 'a göre, $15\text{mg kg}^{-1}\text{B}$ ve $60\text{mg kg}^{-1}\text{B}+40\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanarak yetiştirilen fidelerindeki glikoz miktarı, $0\text{mg kg}^{-1}\text{B}+40\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ 'a göre ve $60\text{mg kg}^{-1}\text{B}+80\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanarak yetiştirilen fidelerdeki glikoz miktarı, $0\text{mg kg}^{-1}\text{B}+80\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ 'a göre artmıştır (Şekil 2.b.). Ancak ekmeklik buğday çeşidinin $15\text{mg kg}^{-1}\text{B}+20\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanarak yetiştirilen fidelerindeki glikoz miktarı, $15\text{mg kg}^{-1}\text{B}+0\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanarak yetiştirilen fidelere göre, $15\text{mg kg}^{-1}\text{B}+60\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanarak yetiştirilen fidelerindeki glikoz miktarı $15\text{mg kg}^{-1}\text{B}+40\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanarak yetiştirilen fidelere göre ve $30\text{mg kg}^{-1}\text{B}+40\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanarak yetiştirilen fidelerindeki glikoz miktarı, $30\text{mg kg}^{-1}\text{B}+20\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanarak yetiştirilen fidelere göre azalmıştır (Şekil 2.b.). B toksisitesi altında yetiştirilen ekmeklik buğday fidelerine farklı konsantrasyonlarda P uygulanması ile glikoz miktarında elde edilen azalışlar, B toksisitesinin giderilmesinde P uygulamalarının etkili olduğuna işaret etmiştir.

$15, 30, 45$ ve $60\text{mg kg}^{-1}\text{B}$ uygulanan fakat P uygulanmayan topraklarda yetiştirilen makarnalık buğday fidelerindeki fruktoz miktarının kontrol grubuna göre azaldığı, ekmeklik buğday fidelerinde ise arttığı bulunmuştur ($p<0,01$, Şekil 2.c.,d.).

Makarnalık buğday çeşidinin $15\text{mg kg}^{-1}\text{B}$ ve $60\text{mg kg}^{-1}\text{B}+20\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanarak yetiştirilen fidelerindeki fruktoz miktarı, $0\text{mg kg}^{-1}\text{B}+20\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanmasına göre artmıştır ($p<0,01$, Şekil 2.c.). Ancak makarnalık buğday çeşidinin $15\text{mg kg}^{-1}\text{B}+20\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanarak yetiştirilen fidelerindeki fruktoz miktarı, 40, 60 ve $80\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanması ile ve $60\text{mg kg}^{-1}\text{B}+20\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanarak yetiştirilen



(c)



(d)

Şekil 2.c.,d.. Farklı B (0, 15, 30, 45, 60 mg/kg) ve P konsantrasyonlarında (0, 20, 40, 60, 80 mg/kg) yetiştirilen (c) makarnalık (*Triticum durum* Desf. cv. Kunderu 1149) ve (d) ekmelek (*Triticum aestivum* L. cv. Kıraç 66) buğday fidelerindeki fruktoz miktarının değişimi (n=3)

fidelerdeki fruktoz miktarı, 40 ve 60mg kg⁻¹P uygulanması ile azalmıştır (p<0,01, Şekil 2.c.). Fruktoz miktarındaki bu azalmalar, P'un toprakta yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu zaman B alımını rekabetsel olarak inhibe edebildiğini göstermiştir. Bu sayede B'un toksik konsantrasyonlarının etkisi ile artan fruktoz miktarının P

uygulamaları ile azalması B toksisitesi şartlarında P'un antagonistik etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Ekmeklik buğday çeşidinin $45\text{mg kg}^{-1}\text{B}+20\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanarak yetiştirilen fidelerindeki fruktoz miktarı, $0\text{mg kg}^{-1}\text{B}+20\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ 'a göre, $15\text{mg kg}^{-1}\text{B}$, $45\text{mg kg}^{-1}\text{B}$ ve $60\text{mg kg}^{-1}\text{B}+40\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanarak yetiştirilen fidelerindeki fruktoz miktarı, $0\text{mg kg}^{-1}\text{B}+40\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ 'a göre ve $30\text{mg kg}^{-1}\text{B}+60\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanarak yetiştirilen fidelerindeki fruktoz miktarı, $0\text{mg kg}^{-1}\text{B}+60\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ 'a göre artmıştır. ($p<0,01$, Şekil 2.d.). Ancak ekmeklik buğday çeşidinin $15\text{mg kg}^{-1}\text{B}$ ve $60\text{mg kg}^{-1}\text{B}+0\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanarak yetiştirilen fidelerindeki fruktoz miktarı, 20, 40, 60 ve $80\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanması ile, $30\text{mg kg}^{-1}\text{B}+0\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanarak yetiştirilen fidelerindeki fruktoz miktarı, 20 ve $40\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanması ile, $mg\text{ kg}^{-1}\text{B}+60\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanarak yetiştirilen fidelerindeki fruktoz miktarı, $80\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanması ile ve $45\text{mg kg}^{-1}\text{B}+20\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanarak yetiştirilen fidelerdeki fruktoz miktarı, 40 ve $60\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanması ile azalmıştır ($p<0,01$, Şekil 2.d.). Ekmeklik buğday fidelerinin fruktoz miktarında tespit edilen bu azalmalar, P'un toprakta yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu zaman B'un alımını rekabetsel olarak inhibe edebildiğini ifade etmektedir.

Tartışma

Paul vd [11,10], B toksisitesinin bitkilerin yeşil aksam büyümesini engelleyen bir mikroelement problemi olduğunu ve özellikle bitki boyunun uzamasını ve yeşil aksam gelişmesini durdurduğunu saptamışlardır. Çalışmamızda B uygulanan fakat P uygulanmayan topraklarda yetiştirilen makarnalık buğday fidelerinin boy uzunluklarında kontrol grubuna göre farklılıkların olmadığı bulunmuştur. Ayrıca tüm B konsantrasyonlarına farklı P konsantrasyonları uygulanarak antagonistik etkinin incelendiği örneklerde de fide boylarında farklılıklar oluşmadığı saptanmıştır. Paul vd [11,10]'nin bulgularına uyumlu olarak ekmeklik buğday fidelerinde kontrol grubuna göre $45\text{mg kg}^{-1}\text{B}+0\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanarak yetiştirilen fidelerin boy uzunluklarındaki azalma ile B toksisitesinin ortaya çıktığını söylemek mümkündür. Ancak P'un antagonistik etkisinin incelendiği konsantrasyonlardan sadece $20\text{mg kg}^{-1}\text{P}$ uygulanması ile $45\text{mg kg}^{-1}\text{B}$ konsantrasyonunda B toksisitesi ile azalan fide boyunun artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Baykal [27], farklı B konsantrasyonlarında yetiştirilen ekmeklik ve makarnalık buğday fidelerinde oransal su içeriğinin dayanıklılıkta önemli bir değişikliğe yol açmadığını bulmuştur. Bu çalışmada 15, 30, 45 ve 60mg kg⁻¹B uygulanan fakat P uygulanmayan topraklarda yetiştirilen ekmeklik ve makarnalık buğday fidelerinin oransal su içeriğinde kontrol grubuna göre farklılıkların olmadığı, ayrıca tüm B konsantrasyonlarına uygulanan 20, 40, 60 ve 80mg kg⁻¹P'un antagonistik etkisinin incelendiği örneklerde de oransal su içeriğinin farklılık göstermediği saptanmıştır.

Alkan vd [28], toprağa uygulanan 5, 15, 45mg/kg B düzeylerinin buğday ve arpa çeşitlerinin tümünde kuru madde miktarını %5 ile %80 arasında azalttığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise makarnalık buğday çeşidinin kontrol grubuna göre 15mg kg⁻¹B+0mg kg⁻¹P, 30mg kg⁻¹B+0mg kg⁻¹P, 45mg kg⁻¹B+0mg kg⁻¹P ve 60mg kg⁻¹B+0mg kg⁻¹P uygulanarak yetiştirilen fidelerinde B toksisitesinin ortaya çıkmasına bağlı olarak kuru madde miktarında belirlenen azalmanın P'un antagonistik etkisinin incelendiği tüm konsantrasyonlarda devam etmesi B toksisitesinin giderilmesinde P uygulamalarının etkili olmadığını göstermiştir. Ekmeklik buğday çeşidinin P uygulanmayan örneklerinin 30 ve 45mg kg⁻¹B, 20mg kg⁻¹P uygulanan örneklerinin 30,45 ve 60mg kg⁻¹B ve 60mg kg⁻¹P uygulanan örneklerinin 15 ve 30mg kg⁻¹B konsantrasyonlarında saptanan B toksisitesi kuru madde miktarını azaltmıştır. Ancak kuru madde miktarı, 15 ve 30mg kg⁻¹B+60mg kg⁻¹P uygulanarak yetiştirilen fidelere göre 15 ve 30mg kg⁻¹B+80mg kg⁻¹P uygulanarak yetiştirilen fidelere artmıştır. Bu artış B toksisitesinin giderilmesinde P uygulamalarının etkili olduğunu göstermektedir.

Pollard vd [29], P'un B ile etkileşerek bitki tarafından B alımını etkilediğini bildirmişlerdir. Singh vd [30] de, P'un fazla kullanımının, buğdayda B alımını azalttığını göstermişlerdir. Güneş ve Alpaslan [31], yaptıkları çalışmada B alımına ve toksisitesine P ve B'un etkilerini değişik *Zea mays* çeşitlerinde incelemişler ve tüm *Zea mays* çeşitlerindeki B miktarının farklı P uygulamalarına bağlı olarak azaldığını saptamışlardır. Güneş [32], ekmeklik ve makarnalık buğday genotiplerinin B alımı üzerine P'un etkisini belirlemeyi amaçladığı çalışmada, 17 ekmeklik ve 10 makarnalık buğday çeşidini sera koşullarında 20 ve 80mg kg⁻¹P düzeylerinde yetiştirmiştir. Denemede tüm buğday çeşitlerinin B konsantrasyonlarının P uygulaması ile azaldığı bulunmuştur. Çalışmamızda 15, 30, 45 ve 60mg kg⁻¹B konsantrasyonlarında B toksisitesinin görüldüğü ekmeklik ve makarnalık buğday fidelerine 20, 40, 60 ve 80mg

kg⁻¹P konsantrasyonlarının uygulanması ile B miktarında azalmaların olması, B toksisitesinin giderilmesinde P uygulamalarının etkili olduğunu göstermiştir.

Güneş ve Alpaslan [31], 30mg kg⁻¹ düzeyinde uygulanan B'un, P ve B alımındaki etkilerini inceledikleri *Zea mays* çeşitlerinin çoğunda P konsantrasyonunda azalmaya neden olduğunu belirlemişlerdir. 30mg kg⁻¹B+40mg kg⁻¹P ve 45mg kg⁻¹B +40mg kg⁻¹P uygulanarak yetiştirilen makarnalık buğday fidelerinde, 0mg kg⁻¹B+40mg kg⁻¹ P uygulanarak yetiştirilen fidelere göre, 15mg kg⁻¹ B+60mg kg⁻¹ P uygulanarak yetiştirilen ekmeklik buğday fidelerinde 0mg kg⁻¹ B+60mg kg⁻¹ P uygulanarak yetiştirilen fidelere göre P miktarında saptanan azalma, bu konsantrasyonlarda B'un P alımını engellediğini göstermiştir.

Oaks vd [33], koruyucu eriyik molekülleri olarak tanımlanan şekerlerin özellikle stres koşullarında biriktiğini saptamışlardır. Keleş vd [34], yüksek oranda B içeren kanal suyu ile sulanan *Citrus sinensis* L. Osbeck bitkilerinin yapraklarında çözünür karbonhidrat miktarının arttığını saptamışlardır. Başalp [35], B toksisitesi altındaki ekmeklik ve makarnalık buğday fidelerinde glikoz ve fruktoz miktarının arttığını bulmuştur. B toksisitesi etkisi ile glikoz miktarının makarnalık buğday fidelerinde 15, 30, 45 ve 60mg kg⁻¹ B, ekmeklik buğday fidelerinde ise 15, 30 ve 60mg kg⁻¹ B konsantrasyonlarında, fruktoz miktarının makarnalık buğday fidelerinde 15 ve 60mg kg⁻¹B ve ekmeklik buğday fidelerinde 15, 30, 45 ve 60mg kg⁻¹ B konsantrasyonlarında arttığı, ancak her iki buğday çeşidinde glikoz ve fruktoz miktarlarının B toksisitesine antagonistik etki gösteren P'un 20, 40, 60 ve 80mg kg⁻¹ konsantrasyonlarında uygulanması ile azaldığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, B toksisitesine karşı oluşturan biyokimyasal adaptasyonda artış gösteren çözünür karbonhidratların, uygulanan farklı P konsantrasyonlarının etkisi ile azaldığını göstermektedir. Çözünür karbonhidrat miktarında saptanan bu azalma, P etkisi ile B toksisitesinin giderilebileceğini ifade etmektedir.

Kaynaklar

- [1] B. Cartwright, B.A. Zarcinas , L.A Spouncer, *Aust. J. Agric. Res.* 1986, 37,351-359.
- [2] T.E. Bektaş, N. Öztürk, *I.UlusalBor Çalıştayı Bildiriler Kitabı*,Ankara, 2005, p.460.

- [3] H. Nebiler, Y. Erdoğan, A. Olgun, C Yerlikaya, *The effects of boron in vineyard*. 1st.Symposium on protection of environmental and Erhami Karaçam Kütahya-TURKEY, 1999.
- [4] Ş.Bozkurt, *Turk J. Biol.*2000, 24, 663-676.
- [5] M. Soy, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.Toprak Anabilim Dalı, *Fosforun domates bitkisinde bor toksisitesine etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara,2002, p.63.
- [6] B. Rerkasem, S. Jamjod , *Boron deficiency induced male sterility in wheat (Triticum aestivum L.) and implication for plant breeding*, Euphytica (In Press Ref.MS No EUPH 4247), 1997, p.140.
- [7] R.Topak, Kocatepe Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, *Bakla (Vicia faba L.) kökü meristem hücrelerinde mitotik aktivite üzerine borun etkileri*,Yüksek Lisans Tezi, Afyon, 2001, p.55.
- [8] S. Gezgin, F. Gökmen, N. Dursun, M. Babaoğlu, E.E. Hakkı, *I. Ulusal Bor Çalıştayı Bildiriler Kitabı*, Ankara, 2005, p.460.
- [9] A. Alkan, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, *Farklı tahıl türleri ile buğday ve arpa çeşitlerinin B toksisitesine dayanıklılığının araştırılması ve dayanıklılıkta rol alan faktörlerin belirlenmesi*, Doktora Tezi, Adana, 1998, p.131.
- [10] J. G. Paull, A. J. Rathjen, B. Cartwright, and R.O. Nable, Ed. N El Bassam, *Selection parameters for assessing the tolerance of wheat to high concentrations of boron. In Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1990, p. 369.
- [11] J. G. Paull, B. Cartwright, A. J. Rathjen, *Euphytica* .1988, 39;137-144.
- [12] C. Huang, R.D. Graham, *Plant and Soil*.1990,126;295-300.
- [13] E.E.Hakkı, M. Babaoğlu, S. Soylu, S.Gezgin, ve H. Dural, *I.Ulusal Bor Çalıştayı Bildiriler Kitabı*, Ankara, 2005, p.460.
- [14] R. Kastori, M. Petrovic, N. Petrovic, W.D. Loomis, R.W.Durts, *Biofactors*. 1992, 3; 229-239.
- [15] B. Wolf, *Soil Sci.and Plant Analy.* 1971, 2(5); 363,374.
- [16] B. Kacar, A.Ü. Basımevi, *Bitki ve toprağın kimyasal analizleri. 2. Bitki analizleri*. A.Ü.Ziraat Fakültesi Yayınları :453, Ankara, 1972, Uygulama kılavuzu: 155.
- [17] M.N. Halhoul, I. Kleinberg, *Anal. Biochem.* 1972, 50;337-343.

- [18] J.A.Richards, *Diagnosis and Improvement of saline and Alkaline Siols*. USDA, Salinity Laboratory, Agricultural Handbook, 1954, No.60, p.110-118.
- [19] FAO, *Mikronutrient, Assesment at the Country Level: An International Study*. FAO Soil Bullettin by Sillanpaa, Rome, 1990.
- [20] W.L.Lindsay, W.A. Narvell, *Soil Sci. Soc.Am.J.* 1978,42;421- 428.
- [21] J. M. Bremner, (C. A. Black, ED), *Total Nitrogen In Methods of Soil Analysis 2*; American Society of Agronomy, Madison, Wis., 1965, p.1145-1178.
- [22] S. R. Olsen, V. Cole, F. S. Watanabe, L. B. Dean, *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate*, U. S. Dept. Of Agr. Washington. D. C.1954, p.936.
- [23] J. Murphy, J. P. Riley, *Anal. Chem. Acta.*1962,27; 31-36.
- [24] M. L. Jackson, Inc. Englewood Cliffs, *Soil chemical analysis*, Prentice- Hall, N. J. USA,1958, p. 1-498.
- [25] N. Ülgen, N. Yurtsever, *Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi*. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü ,Teknik Yayın No:28, Ankara,1974, p.140.
- [26] O. Düzgüneş, *Bilimsel araştırmalarda İstatistik Prensipleri ve Metotları*. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Matb, Ankara,1963 , p.375.
- [27] Ş. Baykal, A. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Biyoloji Anabilim Dalı, *Buğday fidelerinin bor toksisitesine toleransında çözünür fenol ve protein değişimlerinin incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2004, p.59.
- [28] A. Alkan,M. Kalaycı,A.Yılmaz, H. Ekiz,B.Torun,S. Eker ,İ. Çakmak,*Değişik arpa genotiplerinde bor toksisitesinin araştırılması.Arpa- Malt Sempozyumu (III)*, Konya,5-7 Eylül 1995.
- [29] A.S. Pollard, A.J. Parr, B.C. Loughmann, *J. Exp.Bot.*1977, 28; 831-841.
- [30] J. P.Singh, , D.J. Dahiya, R.P.Narwal, *Fertilizer Research.*1990, 24; 105-110.
- [31] A.Güneş, M. Alpaslan, *J.Plant Nutr.*2000, 23(4) ; 451-550.
- [32] A.Güneş, *Tarım Bilimleri Dergisi.* 2000, 6(4) ; 44-48.
- [33] A.Oaks,D.J.Mitchell,R.A.Barnard,F. J. Johnson, *Can. J. Bot.* 1970, 48; 2249-2258.
- [34] Y.Keleş, I.Öncel, N. Yenice, *Plant and Soil.* 2004, 265; 345-353.
- [35] A. Başalp, A.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, *Buğday fidelerinin B toksisitesine toleransında çözünür karbonhidrat ve serbest prolin değişimlerinin incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara 2005, p.67.