

Buğday Fidelerinin Bor Toksisitesine Toleransında Çözünür Fenolik ve Çözünür Protein Miktarındaki Değişmeler

***Ş. ARI BAYKAL **I. ÖNCEL**

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

* E-posta: sebnembaykal@gmail.com

** E-posta: oncel@science.ankara.edu.tr

Received: 18.07.2006, Accepted: 28.11.2006

Özet: İki buğday türüne ait 2 genotipin (*Triticum aestivum* L. cv. Kıraç 66 ve *Triticum durum* Desf. cv. Kunduru 1149) bor toksisitesine tepkileri incelendi. Sera koşullarında 6 hafta süreyle yetiştirilen fideler toprak yüzeyinden hasat edildi. Bor toksisitesi uygulaması toprağa 0, 15, 30, 45, 60 ve 75 mg kg⁻¹ B eklenmesiyle gerçekleştirildi.

Deneme sonunda bor toksisitesi altındaki bitkilerde fide boyu ve % kuru madde miktarının azaldığı, bor miktarının arttığı ve oransal su içeriğinde ise önemli bir değişikliğin olmadığı tespit edildi. Kıraç 66 genotipinde çözünür fenolik miktarının 15 mg kg⁻¹ B konsantrasyonunda arttığı, Kunduru 1149 genotipinde ise 30 mg kg⁻¹ B konsantrasyonunda azaldığı ve 60 mg kg⁻¹ B konsantrasyonunda arttığı bulundu. Çözünür protein miktarı, Kıraç 66 genotipinde 60 mg kg⁻¹ B konsantrasyonunda artarken, Kunduru 1149 genotipinde 45 ve 75 mg kg⁻¹ B konsantrasyonunda azaldı. Sonuçlar, incelenen iki genotip arasında bor toksisitesine toleransta önemli farklılıkların olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bor toksisitesi, bor toleransı, buğday, çözünür fenolik, çözünür protein.

Changes of Soluble Phenolic and Soluble Protein Amounts on the Tolerance of Boron Toxicity in Wheat Seedlings

Abstract: Responses to boron toxicity of two genotypes belonging to two wheat species (*Triticum aestivum* L. cv. Kır a  66 and *Triticum durum* Desf. cv. Kunduru 1149) were investigated. Seedlings grown for six weeks were harvested from the soil. The boron toxicity treatments were carried out with addition of 0, 15, 30, 45, 60 and 75 mg kg⁻¹ B in soil.

At the end of the study it was determined that seedling length and amount of percent dry matter were decreased, boron amount were increased and relative water content were not changed significantly in boron exposed plants. Soluble phenolic amount were increased in Kır a  66 genotypes at 15 mg kg⁻¹ boron concentration, but in Kunduru 1149 genotypes soluble phenolic amount were decreased at 30 mg kg⁻¹ boron concentration and then were increased 60 mg kg⁻¹ boron concentration. Soluble protein amount were increased in Kır a  66 genotypes at 60 mg kg⁻¹ boron concentration, but were decreased at 45 and 75 mg kg⁻¹ boron concentration in Kunduru 1149 genotypes. Results indicated that there were important differences between studied two genotypes in tolerance to boron toxicity.

Keywords: Boron toxicity, boron tolerance, wheat, soluble phenolic, soluble protein.

Giriş

Bitkisel  retimi sınırlayan temel beslenme sorunlarının başında topraktaki besin maddelerinin bitkilere yararlılığının yetersiz olması gelmektedir. Kurak ve yarı kurak bölge topraklarında yetişen bitkilerde bor (B) toksisitesinin bitkisel üretime zarar verdiği bilinmektedir [1,2].

Türkiye’de özellikle Batı Anadolu Bölgesi’nin Dünyadaki B rezervlerinin %61’ine sahip olduğu ve bölgede B kirlenmesinin su kaynaklarını ve tarım alanlarını etkileyen önemli bir problem olduğu bilinmektedir [3,4].

B bitkiler için gerekli olan esas mikro besin elementlerinden biridir. Pek çok vasküler bitki için gerekli bir mikro besin elementi olduğu da kanıtlanmıştır [5]. B’un şeker taşınımı, hücre çeperi sentezi, ligninleşme, hücre çeperi yapısı, karbonhidrat metabolizması, RNA metabolizması, solunum, IAA metabolizması, fenol metabolizması ve membranlar gibi pek çok metabolik olayda rol aldığı ileri sürülmektedir [6]. Ancak yüksek B konsantrasyonlarında B toksisite ve toleransının fizyolojik metabolizmasının çok iyi

anlaşılamadığı da ifade edilmektedir [7]. B'un, birçok bitki çeşidinde yapısal, fizyolojik ve biyokimyasal olaylarda yer aldığı bilinmektedir [8].

Bor toksisitesinin yaygın görülen semptomları kuru madde kaybı, kök uzamasının engellenmesi, meyve çürümesi, yapraklarda öncelikle uç ve kenarlarda başlayan kahverengi lekeler ile klorozla başlayıp nekrozla devam eden bozulmalar [9,10,11,8], kabuk nekrozları ve kambiyum ölümüne bağlı gövde ölümü [12], yaşlı yaprakların yanık bir görünüm alıp erken dökülmesi [13] şeklindedir.

Günümüzde yapılan çalışmalarda bitki türleri arasında olduğu gibi aynı türün genotipleri arasında da B toksisitesine duyarlılıkta büyük farklılıkların olduğu ve bu farklılıkların nedeninin bitkilerin B toksisitesinden aynı derecede fizyolojik ve morfolojik olarak etkilenmemesinden kaynaklandığı ifade edilmiştir [14].

Bu çalışmada, B toksisitesine karşı toleranslı olan ekmeklik (*Triticum aestivum* L. cv. Kırış 66) ve duyarlı olduğu bilinen makarnalık (*Triticum durum* Desf cv. Kunduru 1149) [15] buğday fidelerinde B elementinin toksik düzeylerinin bitki boyu, % kuru madde miktarı ve oransal su içeriği gibi fizyolojik parametrelerle ve çözünür protein, çözünür fenolik madde miktarları gibi biyokimyasal parametrelerle belirlenmesi amaçlanmıştır. Farklı B konsantrasyonlarının uygulanmasıyla meydana gelen toksik etkiye buğday fidelerinin tepkisi, 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. Kırış 66 ve *Triticum durum* Desf. cv. Kunduru 1149'dur. Toprak, saksılara doldurulmadan önce hava kurusu haline getirilmiştir. Buğday tohumları, içerisine polietilen torbalar geçirilmiş 2 kg mutlak kuru toprak alan plastik saksılara 0, 15, 30, 45, 60 ve 75 mg kg⁻¹ konsantrasyonlarındaki B ile karıştırılmış olan toprağa ekilmiştir. Uygulanan B konsantrasyonları için borik asit (H₃BO₃) kullanılmıştır. Deneme 4 paralel olarak yürütülmüş ve toplam 48 saksı kullanılmıştır. Fidelerin yetiştirilmesinde kullanılan topraklara temel gübre olarak her saksıya amonyum nitrat (NH₄NO₃) formunda 100 ppm N

uygulanmıştır. Her saksıya 30 adet tohum ekilmiş ve çimlendikten sonra fideler 22'ye seyreltilmiştir. Denemelerde kullanılan saksı toprağı tarla kapasitesine (%TK=%25,78) yakın noktada tutulmaya çalışılmış ve sulama düzenli olarak saf su ile yapılmıştır. Fideler serada 24-32 °C hava sıcaklığı, %52 nisbi nem ve doğal ışık koşullarında 6 hafta yetiştirilip toprak yüzeyinden hasat edilmiştir.

Hasattan hemen sonra her deneme grubundan rastgele seçilen 10`ar fidenin boyu ve yaş ağırlık ölçümleri yapılmıştır. Kontrol ve uygulama gruplarından rastgele seçilen 10`ar fidenin yapraklarından 4 mm çapında 0,1 gr ağırlığındaki disklerin kullanılmasıyla oransal su içeriğı belirlenmiştir [16]. B 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 öğütölmüşlerdir. Bitkide B tayini, kuru yakılan bitki süzüklerinde Azomethin-H yöntemine göre Shimadzu UV-1201 marka UV-VIS model spektrofotometrede belirlenmiştir [17].

Çözünür fenoliklerin ekstraksiyonu ve analizi Ferralis ve ark. [18]'na göre gerçekleştirilmiştir. Çözünür protein Jordan ve ark. [19] tarafından belirtilen yöntem ile liyofilize edilmiş kuru örnekten ekstrakte edilmiş ve Lowry ve ark. [20]'na göre analiz edilmiştir.

Deneme topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri analizlerle belirlenmiştir (Çizelge 1). Toprakta fiziksel analizlerden; nem tayini [21], tarla kapasitesi [21], kimyasal analizlerden ise, mikroelement (Zn ve Mn [22],Fe ve Cu [23], B [17], toplam azot [24], yarıyışlı fosfor [25,26], alınabilir potasyum [27], elektriksel iletkenlik [21] ve pH [21,28] tayinleri yapılmıştır.

Çizelge 1. Denemede kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Ph	Elektriksel iletkenlik	Nem (%)	Tarla kapasitesi (%)	B (mg kg ⁻¹)	N (%)	P (ppm)	K (me 100 kg ⁻¹)	Mikroelement konsantrasyonu (ppm)			
								Zn	Mn	Fe	Cu
7,97	Tuzsuz	3,4	25,78	4	0,1165	11,8	0,160	0,86	8,49	7,64	0,44

Tüm veriler Minitab ve Mstat yazılımı ile dengelenmiş anova testi yapılarak, tekrarların aritmetik ortalamaları ve standart hatalarının hesaplaması ile Düzgüneş [29]'e göre değerlendirilmiştir

Bulgular

Kontrol ve uygulama grubunda yer alan örneklerin karşılaştırılması ile B toksisitesinin bitki büyümesi ve metabolizması üzerine etkileri incelenmiştir.

Farklı B konsantrasyonlarının uygulandığı ekmeklik ve makarnalık buğday fidelerinin B toksisitesinde meydana gelen semptomlar, semptomların ortaya çıkış zamanları ve semptomların şiddeti birbirinden farklılık göstermiştir. Ekmeklik buğday fidelerinde B toksisitesi semptomları yaşlı yaprak uç ve kenarlarından başlayan sararmalar ve yaprak ayasına doğru ilerleyen gri-açık kahverengi kurumalar şeklinde ortaya çıkmıştır. Makarnalık buğday fidelerinde ise B toksisitesi semptomları yaşlı yaprakların uç ve kenarlarında sarı-kahverengi kurumalar şeklinde ortaya çıkmakta ve artan B konsantrasyonlarına bağlı olarak yaprak ayasında kırmızı-kahverengi nekrotik lezyonlar şeklinde görülmektedir, ayrıca bu semptomların etrafında yer yer sararmalar oluşmaktadır. B toksisitesi semptomları makarnalık buğday fidelerinde ilk önce, hızlı ve şiddetli bir şekilde, ekmeklik buğday fidelerinde ise daha geç ortaya çıkmıştır.

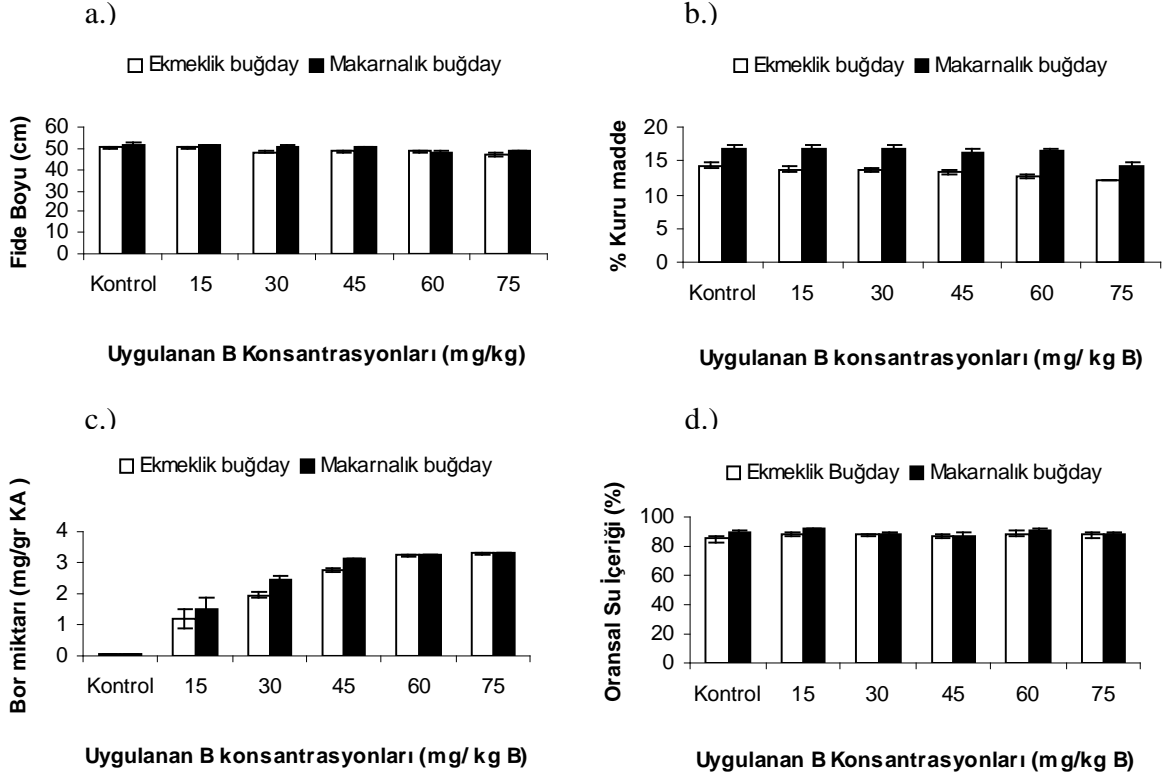
Yapılan morfolojik gözlemlerde toksisite semptomlarının daha çok yaşlı yaprakların uç ve kenarlarında yoğunlaştığı, aynı yaprağın gövdeye yakın bölümlerinde ise semptomların oldukça azaldığı veya hiç ortaya çıkmadığı gözlenmiştir. Toprakta artan B konsantrasyonlarına bağlı olarak B'un bitkinin yaşlı yapraklarında daha fazla toksisiteye neden olduğu görülmüştür.

B toksisitesi altında her iki genotipe ait fidelerin uygulanan B konsantrasyonunun artışına bağlı olarak fide boyu ($p < 0,01$, Şekil 1.a.) ve %kuru madde miktarı ($p < 0,01$, Şekil 1.b.) azalırken, bor miktarı ($p < 0,001$, Şekil 1.c.) artmış, oransal su içeriğinde (Şekil 1.d.) gözlenen farklılıklar ise istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır.

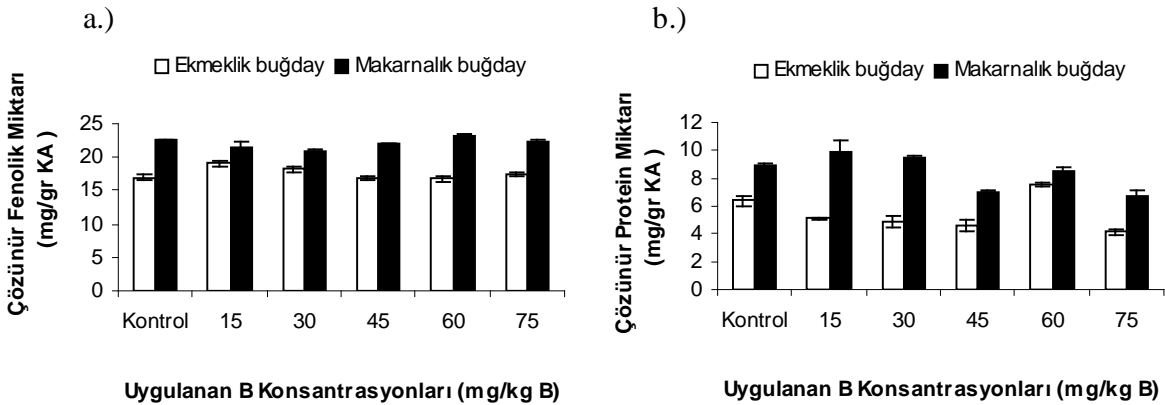
Uygulanan B konsantrasyonlarında ekmeklik ve makarnalık buğday fideleri arasındaki etkileşimin çözünür fenolik miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,001$, Şekil 2.a.). Buna göre ekmeklik buğday fidelerinde 15 mg kg^{-1} B konsantrasyonunda çözünür fenolik miktar artmış, makarnalık buğday fidelerinde ise 30 mg kg^{-1} B konsantrasyonunda azalmış 60 mg kg^{-1} bor konsantrasyonunda artmıştır.

Uygulanan B konsantrasyonlarında her iki genotip arasındaki etkileşimin çözünür protein miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,001$, Şekil 2.b.).

Ekmeklik buğday fidelerinde çözümlü protein miktarında en fazla artış, 60 mg kg⁻¹ B konsantrasyonunda olmuştur. Uygulanan diğer bor konsantrasyonlarında çözümlü protein miktarı kontrole göre azalmıştır. Makarnalık buğday fidelerinde ise çözümlü protein miktarı 45 ve 75 mg kg⁻¹ B konsantrasyonlarında azalmıştır.



Şekil 1. Farklı B konsantrasyonlarında (0, 15, 30, 45, 60, 75 mg kg⁻¹) yetiştirilen ekmeklik (*Triticum aestivum* L. cv. Kıraç 66) ve makarnalık (*Triticum durum* Desf. cv. Kunduru 1149) buğday fidelerinin a.) fide boylarının konsantrasyona bağlı olarak değişimi (n=10) b.) % kuru madde miktarlarının değişimi (n=10) c.) B miktarlarının (mg gr⁻¹ KA) değişimi (n=4) d.) oransal su içeriklerinin değişimi (n=4)



Şekil 2. Farklı B konsantrasyonlarında (0, 15, 30, 45, 60, 75 mg kg⁻¹) yetiştirilen ekmeklik (*Triticum aestivum* L. cv. Kıraç 66) ve makarnalık (*Triticum durum* Desf. cv. Kunduru 1149) buğday fidelerindeki a.) çözümlü fenolik miktarlarının (mg gr⁻¹ KA) değişimi (n=4) b.) çözümlü protein miktarlarının (mg gr⁻¹ KA) değişimi (n=4)

Tartışma

Paull ve ark. [14] B toksisitesine direnç gösteren buğday genotiplerinin, B toksisite semptomları açısından önemli farklılıklar gösterdiğini ve B toksisitesi koşullarında toleranslı genotiplerde daha az semptom ortaya çıkarken, duyarlı genotiplerde şiddetli toksisite semptomlarıyla birlikte bitki gelişiminin durduğunu gözlemlemişlerdir. B toksisitesine direnç gösteren buğday genotiplerinin, 150 mg kg⁻¹ B uygulanan topraklarda yetiştirildiklerinde üründe önemli bir azalma göstermeksizin gelişirken, duyarlı genotiplerin 25 mg kg⁻¹ B uygulamasında dahi kuru madde ve ürün veriminde önemli oranda azalma gösterdiğini saptamışlardır. Bu çalışmada toprağa uygulanan B, hem ekmeklik buğday fideleri hem de makarnalık buğday fidelerinin kuru madde miktarında azalmaya yol açtığı bulunmuştur.

Türler arasında ve hatta aynı türün genotipleri arasında bile B alımında büyük farklılıkların olduğu bilinmektedir. Nable [30], yaptığı su kültürü çalışmasında 5 arpa ve 6 buğday genotipinin bütün organlarındaki B miktarının ve total B içeriklerinin birbirinden oldukça farklı olduğunu bulmuştur. Söz konusu çalışmada bütün genotiplerin dokularındaki B miktarının artan B uygulamaları ile artış gösterdiği, buna paralel olarak da bitki büyümesinin yavaşladığı ve B toksisitesi semptomlarının arttığı gözlenmiştir. Ancak her B uygulamasıyla dayanıklı genotiplerin kök ve yeşil aksamalarında duyarlı genotiplere göre daha az B biriktirdiği saptanmıştır. Nable ve ark. [31] tarafından yapılan çalışmada, değişik arpa genotiplerinin yüksek B uygulamalarına karşı tepkileri test edilmiş ve B'dan dolayı bitki büyümesinin yavaşladığı gözlenmiştir. Bu araştırmacılar dayanıklı genotiplerin duyarlı genotiplere kıyasla kök ve yeşil aksamalarında daha az B biriktirdiğini ileri sürmüşlerdir. Bu çalışma sonucunda ekmeklik ve makarnalık buğday fidelerinin farklı B konsantrasyonlarında B miktarının arttığı saptanmıştır. Genotipler birbirleri ile karşılaştırıldığında ise toleranslı olan ekmeklik buğday fidelerinin B miktarı, duyarlı olan

makarnalık buğday fidelerinin B miktarının yarısı kadar olmasa da, daha az olduğu bulunmuştur.

B toksisitesine dayanıklı bir çok genotip, duyarlı olan genotiplere göre yeşil aksamalarında daha az B bulundurma yeteneğine sahiptir. Köklerdeki B miktarı ile ilgili çok az bilgi olduğu için, B'a toleranslı genotiplerde (tüm bitki aksamında) B birikiminin azalmasıyla sonuçlanan B'un absorpsiyonundaki engellenme mekanizmasının tam olarak çalışıp çalışmadığı netlik kazanamamıştır. Bununla birlikte, hem yeşil aksam hem de kökün birlikte değerlendirildiği su kültürü denemelerinde B alımını sınırlandıran mekanizmanın çok sayıda bitki türü için çalıştığı gösterilmiştir. Örneğin B toksisitesine dayanıklı buğday, arpa [30], bezelye ve yonca [32] genotiplerinin duyarlı genotiplere göre hem kökte hem de yeşil aksamalarında daha düşük B miktarlarına sahip oldukları bilinmektedir. B toksisitesine dayanıklılıkta söz konusu genotiplerin büyük bir kısmının yüksek B konsantrasyonu içeren su kültürü, sera ve tarla koşullarında yapılan çalışmalarda benzer gelişim gösterdiği ve tüm büyüme ortamlarında dayanıklı genotiplerde B absorpsiyonunun sınırlı kaldığı bulunmuştur [2]. Bu çalışmada, ekmeleklik buğday fidelerinde B miktarının makarnalık buğday fidelerine oranla daha az oluşu, B toksisitesi semptomlarının yeşil aksamda ortaya çıkış zamanının makarnalık buğday fidelerinden daha yavaş ve daha az meydana gelmesi, ekmeleklik buğdayda tolerans mekanizması olarak topraktan alınan B'u bir dereceye kadar engelleyebildiğini göstermektedir. Ayrıca B toksisitesinden daha az etkilenen ekmeleklik buğday fideleri ile çok şiddetli şekilde etkilenen makarnalık buğday fidelerinde B miktarları arasındaki farkın nispeten az olmasının nedenini bitkilerdeki doku toleransı ile açıklamak mümkün olabilir. B toksisitesinin daha çok mevcut B'un önemli miktarda sitoplazmada birikmesiyle kendini gösterdiği bilinmektedir. Fakat B daha çok hücre çeperinde veya vakuolde bulunursa B'un bitki üzerindeki tahribatının daha az olacağı ifade edilmiştir [8].

Ekmeleklik ve makarnalık buğday fidelerinin oransal su içeriğinde meydana gelen değişimler, uygulanan B konsantrasyonlarına bağlı olarak konsantrasyonlar arası geçişte belirgin bir fark oluşturmamaktadır. Bu durum oransal su içeriğinin uygulanan B konsantrasyonlarına dayanıklılıkta önemli bir değişikliğe yol açmadığını ifade etmektedir.

B'un fenolik bileşiklerin içeriğinde ve fenolik metabolizmasındaki değişimlerle ilişkili olduğu bulunmuştur [33]. Mondy ve Munshi [34]'nin yaptıkları çalışmada Ortario patateslerinde B'un yapraklara püskürtülerek uygulanması ile fenolik miktarın belirgin bir şekilde azaldığı bulunmuştur. Perkins ve Aronoff [35] fenolik miktarının ayçiçeği, domates, marul ve turpta B'un bitkideki konumu ile ters orantılı olduğunu ifade etmişlerdir. Çakmak ve ark. [36], ayçiçeği bitkisinde yaptıkları çalışma sonucunda; B'un plazma membranları üzerinde özel bir rolü olduğunu ve membran elemanlarını fenoliklerle kompleks oluşturarak koruduklarını ve bunu fenoliklerin oksidasyonu ile yüksek toksik düzeylere ulaşmasını ve serbest oksijen köklerinin oluşumunu önleyerek yaptıklarını belirtmişlerdir. Bu çalışmada ekmeklik buğdayda uygulanan 15 mg kg^{-1} B konsantrasyonunda çözünür fenolik miktarda artış, makarnalık buğdayda ise konsantrasyon artışına bağlı olarak önce bir azalış sonra bir artış olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada, B toksisitesine karşı toleranslı olduğu bilinen ekmeklik buğday fidelerinde uygulanan 15 mg kg^{-1} B konsantrasyonunda çözünür fenolik miktarının artması, artan B konsantrasyonlarında B miktarının kontroldeki seviyesine azalması, ekmeklik buğdayda B'un hücre çeperi ve vakuolde biriktiğini ve B miktarının artması ile fenoliklerin oksidasyona uğradığını, bu nedenden dolayı da fenolik miktarının azaldığını söylemek mümkündür. B toksisitesine karşı duyarlı olduğu bilinen makarnalık buğdayda ise, B konsantrasyon artışına paralel olarak fenolik miktardaki artış B'un hücre çeperi ve vakuolde değil de sitoplazmada biriktiğini göstermektedir. Bu da çözünür fenoliklerin B'a karşı biyokimyasal açıdan dayanıklılıkta rol oynayabileceğini göstermektedir.

Bitkilerin ağır metal [37], düşük sıcaklık [38], kuraklık [39], tuz [40], yüksek sıcaklık [41] gibi çeşitli stres koşulları altında stres tolerans mekanizması ile ilişkili proteinler sentezledikleri bilinmektedir. Çalışmalar ağır metal toksisitesinde yüksek bitkilerin bakır (Cu), kadmiyum (Cd), çinko (Zn), kurşun (Pb), gümüş (Ag), nikel (Ni), civa (Hg), kalay (Sn), altın (Au), bizmut (Bi), vanadyum (V) ile bileşik oluşturan metal bağlayan polipeptitler sentezlediklerini göstermiştir [37,42]. Benzer olarak tuz stresi altında toleranslı pirinç varyetelerinde bir takım yeni proteinler sentezlendiği Naqvi ve ark. [43] tarafından saptanmıştır. Mahboobi ve ark. [44] toksik B konsantrasyonlarına yanıt olarak arpa genotiplerinde total protein miktarının değişimini incelemişler ve B stresinin kök ve yaprak

dokularındaki protein sayısında ve miktarında artışlara ve azalmalara neden olduğunu saptamışlardır. B uygulaması sonucunda toleranslı genotipin köklerinde yeni sentezlenmiş 3 proteinin olduğu, buna karşılık duyarlı genotipte bu proteinlerin oluşmadığı, yaprak dokularında ise kontrole oranla B uygulaması ile total protein miktarlarının değiştiği, dayanıklı genotipin yapraklarda en az 7 yeni proteinin sentezlendiği, duyarlı genotipte ise herhangi bir değişimin olmadığı bulunmuştur. Hem toleranslı hemde duyarlı genotipte kontrol grubuna göre 2 yeni proteinin sentezlendiği saptanmıştır. Arpadaki bu sonuçlar B toksisitesine karşı bazı arpa genotiplerinin toleransında yeni proteinlerin sentezlenebildiğini göstermiştir. Aynı araştırmacılar yaprak dokularındaki toksik B miktarının sonucu olarak polipeptit kompozisyonundaki değişimlerin daha çok kök dokularında olduğunu bulmuşlardır. Bu nedenle özellikle kök seviyesindeki bu değişimlerin B toksisitesine tolerans mekanizmasının temelini teşkil ettiğini ileri sürmüşlerdir. Bu çalışmada ekmeçlik buğday fidelerinde uygulanan B konsantrasyonlarında çözümlü protein miktarı önce azalmış, 60 mg/kg B konsantrasyonunda ise artmıştır. Makarnalık buğday fidelerinde ise uygulanan farklı B konsantrasyonlarında çözümlü protein miktarının azaldığı bulunmuştur. Stres koşulları altında bitkilerde protein sentezinin azalması, yeni proteinlerin sentezlenmesi ya da mevcut proteinlerin parçalanarak amino asitlere dönüşmesi şeklinde bir savunma mekanizması oluşturabildiği ileri sürülmektedir [45]. Konu ile ilgili yapılmış olan çalışmalardaki sonuçlar göz önüne alınarak, toleranslı olduğu bilinen ekmeçlik buğday fidelerinde çözümlü protein miktarının 15, 30, 45 ve 75 mg kg⁻¹ B konsantrasyonlarında azalması, 60 mg kg⁻¹ B konsantrasyonunda ise artması tolerans mekanizması ile ilgili yeni proteinlerin sentezlendiğini, buna karşılık makarnalık buğday fidelerinde ise çözümlü protein miktarının azalması, proteinlerin parçalanıp aminoasitlerine dönüşerek savunmada rol aldığı şeklinde yorumlanabilir.

Sonuç olarak, B toksisitesine dayanıklı olan ekmeçlik ve duyarlı olan makarnalık buğday fidelerinde meydana gelen semptomlar ve semptomların şiddeti göz önüne alınırsa uygulanan B konsantrasyonlarında buğday fidelerinde çözümlü fenolik ve çözümlü protein miktarında meydana gelen değişimlerin tolerans mekanizmasıyla ilişkili olabileceğini göstermektedir.

Kaynaklar

- [1] U.C. Gupta, Y.W. Jame, C.A. Campbell, A.S. Leyshon, W. A Micholaichuk, Review Can. J. Soil Sci. 1985, 65, 381-409.
- [2] R. O. Nable, G. S. Bañuelos, J. G. Paull, Plant and Soil. 1997, 198, 181-198.
- [3] H. Nebiler, Y. Erdođan, A. Olgun, C. Yerlikaya, The effects of boron in vineyard. 1st. Symposium on protection of environmental and Erhami Karaçam Kütahya-TURKEY. 1999.
- [4] Ő. Özkurt, Boron accumulation in carps tissues (Cypriks carpio L.,1758) in dam lakes Çatören and Kunduzlar (Kırka-Eskişehir) Turk J. Biol. 2000, 24, 663-676.
- [5] A. L. Sommer, C. B. Lipman, 1926, içinde C. J. Lovatt, L. M. J. Bates, Exp. Bot. 1984, Vol. 35, No. 152, 297-305.
- [6] A. J. Parr, B. C. Loughman, 1983, içinde H. Marschner, Mineral Nutrition of Plants. 2nd Ed. Acedemic Press. New York. 1995, 379-396.
- [7] J. Rozema, J. De Bruin, R. A. Broekman, 1992, içinde H. Marschner, Mineral Nutrition of Plants. 2nd Ed. Acedemic Press. New York. 1995, 379-396.
- [8] H. Marschner, Mineral Nutrition of Plants. 2nd Ed. Acedemic Press. New York. 1995, 379-396.
- [9] M. H. Dye, L. Buchanan, F. D. Dorofaeff, F. G. Beecraft, Die back apricot trees following soil application of boron. New Zealand J.Exp. Agric. 1983, 11, 331-342.
- [10] J. J. Oertli, Plant and Soil, 1993, 155/156, 301-304.
- [11] R. El-Motaium, H. Hu, P. H. Brown, 1994, içinde P. H. Brown, B. J. Shelp, Plant Soil, 1997, 193, 85-101.
- [12] P. H. Brown, H. Hu, Ann. Bot. 1996, 77, 497-506.
- [13] A. Boşgelmez, I. I. Boşgelmez, S. Savaşçı, N. Paslı, Ekoloji- II. Toprak Başkent Kliše Matbaacılık, ANKARA, 2001, 668-674.
- [14] J. G. Paull, B. Cartwright, A. J. Rathjen, Euphytica. 1988, 39, 137-144.
- [15] M. Kalaycı, A. Alkan, I. Çakmak, O. Bayramođlu, A. Yılmaz, M. Aydın, V. Özbek, H. Ekiz, F. Özberisoy, Euphytica. 1998, 100,123-129.
- [16] R. Kastori, M. Petrovic, N. Petrovic, J. Plant Nutr. 1992, 15(11), 2427-2439.
- [17] B. Wolf, Soil Sci and Plant Analy. 1971, 2(5), 363-374.

- [18] L.Ferralis, I. Abbatista-Gentile, A. Matta, J. Plant Diseases and Protec. 1987, 94(6), 624-629.
- [19] B.R. Jordan, J. He, W. S. Chow, Anderson. Plant Cell and Environ. 1992, 15,91-98.
- [20] O. H. Lowry, N. J. Rosebrough, A. L. Farr, R. J. Randall, J. Bio. Chem. 1951, 193, 265-275.
- [21] L. A. Richards, Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. USDA, Salinity Laboratory, Agricultural Handbook, 1954, No. 60, 110-118.
- [22] FAO. 1990. Mikronutrient, Assessment at the Country Level: An International Study. FAO Soil Bulletin by Sillanpaa. Rome.
- [23] W. L. Lindsay, W. A. Narvell, Soil Sci. Soc. Am. J. 1978, 42, 421-428.
- [24] J. M. Bremner, Total Nitrogen In Methods of Soil Analysis 2; (C. A. Black, ED), American Society of Agronomy, Madison, Wis., 1965, 1145-1178.
- [25] 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. 939. Washingt. D.C. 1954.
- [26] J. Murphy, J. P. Riley, Anal. Chem. Acta, 1962, 27, 31-36.
- [27] Jackson, M. L. 1958. Soil chemical analysis p. 1-498-Prentice- Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J. USA.
- [28] N. Ülgen, N. Yurtsever, Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü, Ankara,1974, Teknik Yayın No: 28,
- [29] O. Düzgüneş, Bilimsel araştırmalarda İstatistik Prensipleri ve Metotları, Ankara Üniv.Ziraat Fak. Matb., Ankara,1963, S. 375.
- [30] R. O. Nable, Plant and Soil. 1988, 112, 45-57.
- [31] R. O. Nable, J. G. Paull, B. Cartwright, Plant and Soil 1990, 128, 225-232.
- [32] J. G. Paull, R. O Nable,. A. W. H. Lake, M. A. Materne, A. Rathjen, J. Aust. J. Agric. Res. 1992, 43, 203-213.
- [33] J. M. Ruiz, G. Bretones, M. Baghour, A. Belakbir, L. Romero, 1998, içinde J. M. Ruiz, P. C. Garcia, R. M. Rivero, L.Romero, Physiol Plant. 1999, 106, 151-157.
- [34] N. I. Mondy, C. B. Munshi, J. Agric. Food Chem. 1993, 41, 554-556.

- [35] H. J. Perkins, S. Aronoff, 1956, içinde N. I. Mondy, C. B. Munshi, J. Agric. Food Chem. 1993, 41, 554-556.
- [36] L. Çakmak, H. Kurz, H. Marschner, *Physiol. Plant.* 1995, 95 (1), 11-18, Ankara.
- [37] W. E. Rauser, 1990, içinde H. Mahboobi, M. Yücel, H. A. Öktem, *J. Plant Nutr.* 2000, 23(3), 391-399.
- [38] E. Singh, A. J. Laroche, 1990, içinde H. Mahboobi, M. Yücel, H. A. Öktem, *J. Plant Nutr.* 2000, 23(3), 391-399.
- [39] E. A. Bray, 1993, içinde H. Mahboobi, M. Yücel, H. A. Öktem, *J. Plant Nutr.* 2000, 23(3), 391-399.
- [40] R. Serrano, R. Gaxiola, 1994, içinde H. Mahboobi, M. Yücel, H. A. Öktem, *J. Plant Nutr.* 2000, 23(3), 391-399.
- [41] E. R. Waters, G. J. Lee, E. Vierling, 1996, içinde H. Mahboobi, M. Yücel, H. A. Öktem, *J. Plant Nutr.* 2000, 23(3), 391-399.
- [42] H. A. Öktem, V. C. Özalp, D. Nalbant, F. Ozkan, S. M. S. Naqvi, A. R. Memon, M. Yücel, 1992, içinde H. Mahboobi, M. Yücel, H. A. Öktem, *J. Plant Nutr.* 2000, 23(3), 391-399.
- [43] S. M. S. Naqvi, V. C. Özalp, H. A. Öktem, M. Yücel, 1995, içinde H. Mahboobi, M. Yücel, H. A. Öktem, *J. Plant Nutr.* 2000, 23(3), 391-399.
- [44] H. Mahboobi, M. Yücel, H. A. Öktem, *J. Plant Nutr.* 2000, 23(3), 391-399.
- [45] J. Levitt, *Responses of plants to environmental stresses.* Academic Press. 1972. New York.