

BUGDAY (*Triticum durum* Desf.) VE ARPA (*Hordeum vulgare* L.) IN VITRO FİDELERİNİN BOR ALİMİNİN ICP-AES İLE TESPİTİ

Emine ATALAY¹ Sait GEZGIN² Mehmet BABAĞLU¹

¹ Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, KONYA

² Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, KONYA

ÖZET

Bu araştırma, ICP-AES (Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry) ile bugday (*Triticum durum* Desf.) ve arpa (*Hordeum vulgare* L.) in vitro fidelerinin bor (B) alimi ve biriktirme durumlarını belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Tohumlar; 200 ml'lik cam kavanozlarda, %0.7 agar, %3 sakaroz ve sırasıyla; 0.0, 6.2, 18.6, 55.8, 111.6 mg/l H₃BO₃ içeren 50 ml MS besin ortamında, her kavanozda 5 adet tohum olacak şekilde kültüre alınmıştır.

Yirmi günlük fidelerin kurutulmuş kök ve gövde kısımları (0.1-1 g) ile yetistirme ortamları (5.0-6.0 g) mikrodalgada (CEM-Mars x 5) 10 ml HNO₃ ile 170 PSI basınçta 200°C'de 40 dak. yakılmış ve numunelerde ICP-AES ile bor analizi yapılmıştır.

Kızıltan-91'de köklerde en az B birikimi 2.2 µg/g kuru madde olarak kontrol ortamından elde edilirken, en çok kök B içeriği ise 15.1 µg B/g ile 111.6 mg/L H₃BO₃ içeren ortamdan elde edilmiştir. Gövdede B birikimi en az 4.9 µg B/g ile kontrolde, en çok 67.6 µg B/g ile 111.6 mg/l H₃BO₃ içeren ortamında olmuştur. Tokak-157/37'de en düşük kök B konsantrasyonunun 0.53 µg B/g ile yine kontrol ortamında, en yüksek birikimi ise 17.3 µg B/g ile 111.6 mg/l H₃BO₃ de olmuştur. Arpada en düşük gövde B konsantrasyonunun 0.74 µg B/g ile 0 mg/l H₃BO₃ da, en yüksek 100.5 µg B/g ile 111.6 mg/l H₃BO₃ da yetistiren fidelerin gövdelerinde biriktiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bor alimi, MS besin ortamı, arpa, bugday, ICP-AES

BORON UPTAKE OF IN VITRO SEEDLINGS OF WHEAT (*Triticum durum* Desf.) AND BARLEY (*Hordeum vulgare* L.) AS DETERMINED BY ICP-AES

ABSTRACT

Boron (B) absorption of in vitro seedlings of wheat (*Triticum durum* Desf.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) and its accumulation in various organs were investigated using an Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES).

Dried plant samples (0.1-1 g) from 20-d old seedlings and plant culture media (5.0-6.0 g) were transferred into plastic bottles containing 10 ml of 65 % (v/v) nitric acid (HNO₃) solution. Samples were ashed at 200°C for 40 min in a microwave (CEM-Mars x 5) followed by analyses in the ICP-AES device.

The lowest concentration of B (2.2 µg B/g dry matter) accumulation was found in roots of Kızıltan-91 seedlings cultured in the control medium containing 0 mg/l B whereas the highest B accumulation (15.1 µg B/g dry matter) was detected again in roots of Kızıltan-91 in medium containing the highest concentration of B that was incorporated into the medium as H₃BO₃. Similarly, the highest level of B absorption by the shoots of Kızıltan-91 took place in media containing the highest level of boric acid (111.6 mg/l) with the lowest B concentration was found in shoots at the lowest medium B concentration (0 mg/l), showing that there was a linear correlation with respect to B content of the culture medium and B accumulation in the organs of Kızıltan-91. The B absorption response of barley seedlings were similar to that of wheat.

Key words: B absorptions, MS medium, barley, wheat, ICP-AES

GİRİŞ

Türkiye'de bugday ve arpa 13 milyon hektarlık ekilen alan ile bitkisel ekim alanlarının yaklaşık %85'ini oluşturmaktadır (Anonim 2001). Bu nedenle, tahillarda verime etki eden faktörlerin araştırılması, makro ve mikro besin elementlerle beslenme durumlarının belirlenmesi büyük önem arz etmektedir.

Türkiye'de, özellikle tahıl ekim alanlarında, yüksek CaCO₃, yüksek pH, kil ve düşük organik madde gibi olumsuz toprak özellikleri nedeniyle mikro element yarayışlılığı çok sınırlı düzeydedir (Altan ve ark. 1995). Bu mikro besin elementleri içerisinde bor (B) önemli bir yere sahiptir. Çünkü Gezgin ve ark. (2002) Orta Güney Anadolu topraklarının yaklaşık %18'inde B toksitesi, %25'i civarında ise B noksanlığı olduğunu bildirmişlerdir.

Bitki türleri arasında B istegi yönünden önemli farklılıklar bulunmaktadır. Buna bağlı olarak bora (noksanlık-toksite) hassasiyet de türler arasında değişiklik gösterebilmektedir (Römheld ve Marshner 1991). Tarla bitkilerinde B içerikleri genellikle 3-60

mg B/kg kuru ağırlık arasında değişiklik gösterir. Arpa, bugday, mısır, sorgum gibi monokotiledon bitkilerin 3-5 mg/kg arasında B içerdikleri bildirilmiştir (Aktas 1991). Bugday, yetistirme ortamında en fazla 3 mg/kg'a kadar bora dayanabilmekte ve bu seviyenin üzerindeki bordan ise olumsuz yönde etkilenmektedir (Gupta ve ark. 1985). Bu nedenle tahillerin bora karşı duyarlı bitkiler olduğu düşünülmektedir.

Bitkilerin element alimi, organlarında dağılımı ve tolerans mekanizmalarının tespiti son yıllarda önem kazanmıştır. Nable (1988), arpa ve bugdayda artan B konsantrasyonuna bağlı olarak bitkinin bütün kısımlarında B birikiminin arttığını, ancak bu artışın dayanıklı genotiplerde daha az olduğunu belirlemiştir. Benzer şekilde, Günes ve ark. (2000), sera koşullarında B uygulamasına bağlı olarak mısır çeşitlerinde B içeriklerinin önemli oranda arttığını, genel olarak hassas çeşitlerin dayanıklı çeşitlere göre daha fazla B içerdiklerini belirlemişlerdir. Araştırmacılar, çeşitlerin bora dayanıklılığında genetiksel varyasyonların bulunduğunu, genetik ve fizyolojik seleksiyon çalışmalarını

yapılarak toleransli çeşitlerin geliştirilmesinin daha kısa sürede sonuç vereceğini ve problemleri alanların tarıma kazandırılmasını sağlayacağını ifade etmişlerdir.

Nable (1991), toksik seviyede B içeren ortama transfer edilen 4 arpa genotipinin bitki kısımları arasında borun dağılımını incelemiş ve transferden sonra bütün bitki kısımlarında B konsantrasyonunun arttığını, duyarlı genotiplerin daha yüksek B içerdiğini, kök ve yapraklardaki B konsantrasyonlarının genotiplerin B toksitesine oransal duyarlılığını yansıttığını belirtmiştir.

Jamjod ve Rerkasem (1999), Stirling ve BRB-2 arpa çeşitlerini B ilave edilmiş kum kültürlerinde yetistirmişler ve genotiplerde vejetatif kısımda görülen B konsantrasyon farklılıklarının bora tepkideki varyasyonu belirleyebileceğini ve bu durumun arpa genotiplerinin seçilmesi ve yetistirilmesinde göz önüne alınabileceğini ifade etmişlerdir.

Bitki tarafından borun nasıl alındığı ve bünyede nasıl hareket ettiği konusu henüz kesinlik kazanmamıştır. Bu durumun belirlenmesi için ICP-AES ve ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry) gibi yöntemlerden yararlanarak detaylı araştırmalar yapılmaya ihtiyaç vardır (Kochian 1991).

Bu çalışmada; bir makarnalık buğday (*Triticum durum* Desf., Kiziltan-91) ve bir arpa (*Hordeum vulgare* L., Tokak-157/37) çeşidinde in vitro şartlarda farklı B içeriğine sahip besin ortamlarında yetistirilen fidelerin B alımı ve farklı organlarda borun birikimi ICP-AES ile tespit edilmiştir. Sonuçların buğday ve arpada B alımı, alınan borun bitki bünyesinde dağılımı ve özellikle in vitro seleksiyon gibi yeni ıslah yöntemlerine kaynak oluşturacağı düşünülmektedir.

MATERYAL VE METOD

Materyal

Araştırmada, İç Anadolu Bölgesi'nde yaygın olarak yetistirilen bir makarnalık buğday çeşidi olan Kiziltan-91 ve iki sıralı arpa çeşidi olan Tokak-157/37 kullanılmıştır. Tohumlar Konya, Bahri Dağdas Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden temin edilmiştir. Araştırma S.Ü. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Doku Kültürü Laboratuvarı'nda yürütülmüştür.

Metod

Alet ve ekipmanların sterilizasyonu

Tohum sterilizasyonunda kullanılan saf su, filtre kağıtları, Pastör pipetler ve kavanozlar otoklavda 121 °C de 1.5 atm basınç altında 20 dakika sterilize edilmiştir. Tüm steril çalışmalar 0.22 µm porozitede Hepa filtreye sahip yatay hava akıslı (laminar air flow) kabin içinde gerçekleştirilmiştir.

Tohumların sterilizasyonu

Her çeşitten 300 adet tohum (arpalarda kavuzlar soyulmuş olarak) akan musluk altında 10 dakika tutularak ön sterilizasyon yapılmış ve daha sonra 1-2 dam-

la yayıcı-yapıştırıcı (Tween-20) ve %0.5 (a/h) mg/l kontakt (Captan) ve %0.5 (a/h) mg/l sistemik (Benlate) etkili fungusit ilave edilmiş 200 ml çözeltide 15 dakika süreyle karıştırılarak bekletilmiş ve ardından steril filtre kağıdı üzerinde kurularak steril Petri kaplarına alınmıştır. Tohumlar daha sonra %96'lık alkolde 1 dakika süreyle tutulmuş ve alkol yıkandıktan sonra 1-2 damla yayıcı-yapıştırıcı (Tween-20) ilave edilmiş 200 ml %30'luk ticari hipoklorit çözeltisi (%50 NaOCl içeren Axion) içinde 20 dakika bırakılmıştır. Sürenin sonunda 3-4 defa steril saf su ile durularak sterilizasyon işlemi tamamlanmıştır.

Besin ortamlarının hazırlanması

Bütün ortamların hazırlanmasında analitik seviyede kimyasallar kullanılmıştır. Makro, mikro elementler ve vitamin (myo-inositol, thiamine, pridoksin ve nikotik asit) stok solüsyonları MS (Murashige ve Skoog 1962) temelli olarak ve genellikle normal konsantrasyonun 100 kati olacak şekilde hazırlanmış, sadece H₃BO₃ miktarı amaca göre değiştirilmiştir. Stok solüsyonlar kullanılmaya kadar kahve renkli siselerde buzdolabında saklanmıştır. Vitamin stok solüsyonu 10 ml'lik özel plastik kaplara konulmuş, etiketlenmiş ve kullanılmadığı durumlarda bozulması için derin dondurucuda saklanmıştır. Bir litre besin ortamı hazırlamak için 2 litrelik cam erlene 800 ml saf su konulmuş ve manyetik karıştırıcı üzerine yerleştirildikten sonra sırası ile makro elementler; NH₄NO₃ (1650 mg), KNO₃ (1900 mg), MgSO₄.7H₂O (370 mg), KH₂PO₄ (170 mg) ve CaCl₂.2H₂O (440 mg) hassas terazide tartılarak ortama teker teker ilave edilmiştir. Yüz kat olarak hazırlanmış mikro element ve vitamin stok solüsyonları hassas pipetle (Gilson) uygun konsantrasyonlarda ortama ilave edilmiştir.

Borik asit (H₃BO₃); 0 (B0), 6.2 (B1), 18.6 (B2), 55.8 (B3) ve 111.6 (B4) mg/l olarak 5 farklı konsantrasyonda ortamlara ilave edilmiştir. Bu durumda ortamların bor (B) içeriği sırasıyla; 0.0, 1.05, 3.25, 9.76 ve 19.5 mg/l olmuştur.

Her ortama %3 (a/h) sakaroz ilave edilmiştir. Ortam pH'si 5.8'e ayarlanmış ve hacim saf su kullanılarak 1 litreye tamamlanmıştır. Daha sonra ortama %0.7 (a/h) agar ilave edilip, erlenin ağzı alüminyum folyo ile kapatılmış ve isitici manyetik karıştırıcı üzerinde seffaf bir hal alıncaya kadar isitildikten sonra, 200 ml'lik cam kavanozlara 50 ml besin ortamı olacak şekilde dağıtılmış ve 121°C'de 1.5 atm basınç altında 20 dakika süre ile otoklavda sterilize edilmiştir.

In vitro çimlendirme (Kültüre alma)

Sterilize edilen tohumlar, içerisinde B0, B1, B2, B3 ve B4 ortamı bulunan kavanozlara her birinde 5 adet tohum olacak şekilde yerleştirilmiştir. Kavanozlar 16 saat fotoperiyot, %62-64 oransal nem, 24±1°C ve 3000 lüks ışık yoğunluğu koşullarında raflı kültür dolabına konularak analiz için numunenin alınacağı 20. güne kadar sabit kültür şartlarında tutulmuştur.

ICP-AES analizi için bitki ve besin ortamı örneği hazırlama

Yetistirilen fidelerden bistüri ile kesilerek alınan kökler, daha sonra saf su ile ağardan arındırılana kadar yıkanmış ve kagit havlu arasında suyu alındıktan sonra plastik kaplar içinde konularak 70°C'deki etüvde sabit ağırlığa kadar kurutulup, kuru ağırlıkları tespit edildikten sonra yakma işlemine geçilmiştir. Bitki gövdeleri (Sap+yaprak) de yine aynı şekilde kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları tespit edilerek yakma işlemine tabi tutulmuştur.

Fidelerin yetistirildiği kavanozlardaki besin ortamları bitkiler uzaklaştırıldıktan sonra su banyosuna konulup eritilmiş ve daha sonra iyice karıştırılıp tekrar katılması sağlandıktan sonra kurutulmadan yakma işlemine geçilmiştir.

Materyallerin mikrodalgada yakılması

Kurutulan bitki materyalleri mikrodalgada (CEM - Mars x 5) yakma sırasında kullanılacak linerlara tartılarak (0.1-1 g) aktarılmış, her bir örneğin üzerine 10 ml nitrik asit (HNO₃) ilave edilerek 25-30 dakika kadar gaz çıkışı olması için beklenmiş ve mikrodalgaya yerleştirilmiştir. Yakma 200°C'de 40 dakika 170 PSI basınç altında gerçekleştirilmiştir. Yakma işlemi tamamlanınca 25 ml'lik cam balonlara aktarılan numunenin hacmi saf su ile 25 ml'ye tamamlanmıştır. Camdan B bulmasını önlemek için plastik kaplara mavi bantlı filtre kağıdıyla süzülerek aktarılan numuneler buzdolabında okuma yapıncaya kadar muhafaza edilmiştir. Besin ortamları (5.0-6.0 g) ise etüvde herhangi bir işleme tabi tutulmadan yukarıdaki şekilde yakılmış fakat besin ortamlarında gaz çıkışı olmadığı için sadece 10 dakika beklenmiştir.

ICP-AES ile örneklerin okunması

Bir okumada 73 elementin miktarını belirleyebilen ICP-AES cihazında elementler otomatik olarak analiz yapılmaktadır. Argon gazı ile çalışan cihaz standart çözeltilerle (0.25-0.50 ve 1 mg/l) kalibrasyon yapıldıktan sonra 10000°C sıcaklıktaki torch'a püskürtülen örneğin oluşturduğu isgin (okuması yapılan ele-

mentin) dalga boyuna göre element miktarını mg/kg (ppm) olarak belirlemektedir.

ICP-AES ile bu çalışma için hazırlanan materyal sadece B içeriği yönünden analize tabi tutulmuştur. Okuma sonrası elde edilen veriler; B (µg/g kuru ağırlık)= okuma değeri x sulandırma faktörü (hacim) /örnek ağırlığı formülü ile gerçek değere çevrilmiş ve istatistiksel analizlere tabi tutulmuştur.

ARASTIRMA SONUÇLARI VE TARTISMA

Tablo 1'de farklı konsantrasyonlarda B içeren besin ortamlarında yetistirilen 20 günlük Kiziltan-91 fideleri ile yetistikleri besin ortamlarının ICP-AES'de elde edilen B analiz sonuçları verilmektedir.

Kiziltan-91'de köklerde en az B birikimi B0'da 2.2 µg B/g ile, en fazla B birikimi ise B4'de 15.1 µg B/g ile gerçekleşmiştir. Kök için yapılan LSD testine göre B4 1. grupta (a), B3 2. grupta (b), B2 3. grupta (c), B1 ve B0 4. grupta (d) yer almaktadır. Regresyon analiz sonucuna göre Kiziltan-91 köklerinde biriken B konsantrasyonu ile ortam B konsantrasyonu arasında $Y = -2.70 + 3.26 X$ $R^2 = 0.919^{**}$ ($Y =$ Kök B konsantrasyonu, $X =$ Verilen B konsantrasyonu) eşitliği ile ifade edilebilen bir ilişki tespit edilmiştir. Buna göre besin ortamındaki B konsantrasyonu arttıkça kökte biriken borun da arttığı açıkça görülmektedir.

Kiziltan-91'de gövdede en az bor birikimi B0'da 4.9 µg B/g, en fazla bor birikimi ise B4'de 67.6 µg B/g olarak belirlenmiştir. LSD testine göre gövdede B birikimi bakımından B4 ortamı 1. grupta (a), B3 ortamı 2. grupta (b), B2 ortamı 3. grupta (c), B1 ortamı ve B0 ortamı 4. grupta (d) yer almaktadır. Besin ortamı B konsantrasyonu ile gövde kısımlarında B birikimi arasında da önemli ($p < 0.01$) bir ilişki tespit edilmiştir (Tablo 1). Regresyon analiz sonucuna göre Kiziltan-91 gövdesinde biriken B konsantrasyonu ile besin ortamının B konsantrasyonu arasındaki ilişki $Y = -21.61 + 17.7X$ $R^2 = 0.91^{**}$ ($Y =$ Gövde B konsantrasyonu, $X =$ Verilen B konsantrasyonu) eşitliği ile ifade edilebilir.

Tablo 1. Farklı B içeriğine sahip MS ortamlarında yetistirilen 20 günlük Kiziltan-91 fidelerinin ICP-AES'de yapılan B analiz sonuçları

Ortam Kodu	Ortama verilen B (mg/l)	Kök B içeriği (µ/organ)	Kök B içeriği (%)	Gövde B içeriği (µg/organ)	Gövde B içeriği (%)	Fide B alımı (%) ^a
B0	0	2.2 d	-	4.9 d	-	-
B1	1.08	2.3 d	26.7	5.9 d	73.3	15.574
B2	3.24	6.7 c	22.7	21.6 c	77.3	17.395
B3	9.72	9.2 b	13.4	57.4 b	86.6	13.650
B4	19.44	15.1 a	19.0	67.6 a	81.0	8.484
Ort		7.5	20.4	32.5	79.5	13.776

^a: Fidenin (kök, gövde ve yaprak) besin ortamına verilen B' u alma yüzdesidir.

Değerler 3 tekrarinin ortalamasıdır. Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistik açıdan önemsizdir. LSD_{0.01}: 1.92; LSD_{0.05}: 4.81

Tablo 2'de farklı H₂BO₃ içeren besin ortamlarında yetistirilen 20 günlük Tokak-157/37 arpa fidelerinin kök ve gövde kısımları ile yetistikleri

besin ortamlarının ICP-AES'de yapılan B analiz sonuçları gösterilmiştir.

Tokak'da kök kısmında en düşük kök B konsantrasyonunun 0.54 µg B/g ile B0'da yetistirilen

fidelerin köklerinde, en yüksek 17.3 µg B/g ile B4'de yetistirilen fidelerin köklerinde biriktigi belirlenmiştir. Yapılan LSD testine göre bitki materyalinde B birikimi bakımından B4 ortamı 1.grupta (a), B3 ortamı 2. grupta (b), B2 ortamı 3. grupta (c), B1 ortamı 4. grupta (cd) ve B0 ortamı da 5. grupta (d) yer almaktadır. Ortamdaki B konsantrasyonu arttıkça kökte biriken B miktarı da artmaktadır. Regresyon analizine göre Tokak-157/37'de kökte biriken B ile ortam B konsantrasyonu arasında $Y = -5.86 + 4.04X$ $R^2 = 0.85^{**}$ ($Y =$ Kök B konsantrasyonu, $X =$ Verilen B konsantrasyonu) eşitliği ile ifade edilen %1 seviyesinde önemli bir ilişki bulunmuştur.

Benzer ilişki Tokak-157/37'nin gövdesinde de tespit edilmiştir. Tokak-157/37'nin gövdesinde en

Tablo 2. Farklı H₃BO₃ içeren MS ortamlarında yetistirilen 20 günlük Tokak-157/37 fidelerinin ICP- AES'de yapılan B analiz sonuçları

Ortam Kodu	Ortama verilen B (mg/l)	Kök B içeriği (µ/organ)	Kök B içeriği (%)	Gövde B içeriği (µg/organ)	Gövde B içeriği (%)	Fide B alımı (%) ^a
B0	0	0.5 d	-	0.74 e	-	-
B1	1.08	1.8 cd	21.8	6.39 d	78.2	23.49
B2	3.24	3.0 c	21.0	19.1 c	79.0	14.56
B3	9.72	8.7 b	17.89	80.0 b	82.1	9.98
B4	19.44	17.3 a	14.7	100.5 a	85.3	12.07
Ort		6.3	18.9	4.3	81.1	15.03

^a: Fidenin (kök, gövde ve yaprak) besin ortamına verilen B'ü alma yüzdesidir.

Değerler 3 tekrarinin ortalamasıdır. Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistik açıdan önemsizdir. LSD_{0.05}: 1.25; LSD_{0.01}: 2.07.

Nable ve ark. (1990a), Schooner (B toksitesine çok duyarlı), Sahara 3771 (toleranslı) ve WI-276 (kısmen toleranslı) arpa çeşitleriyle yaptıkları uzun süreli deneylerde, 10 mM'dan 6400 mM B(OH)₃'e kadar B konsantrasyonu arttıkça B aliminin linear olarak arttığını bildirmişlerdir. Bizim çalışmamız da benzer sonuçlar ortaya koymuştur. Besin ortamındaki B miktarı arttıkça bitkilerce alınan ve bitkide biriken B miktarında da artis olmaktadır.

Her iki çeşit/türde de gövde kısmındaki B miktarındaki artis köklerden daha fazla bulunmuştur. Riley ve Rabson (1994), büyüme ilerledikçe gövde B konsantrasyonunun arttığını ifade etmişlerdir. Bu durum Brown ve Shelp (1997)'nin borun pasif tasındığı görüşünü desteklemektedir. Pasif tasımının işleyişinde transpirasyon önemli etkiye sahiptir. Nable ve ark. (1990c), artan su kullanımı ile transpirasyonun yoğun olduğu yapraklar basta olmak üzere bitkide B konsantrasyonunun arttığını belirtmişlerdir. Laboratuvar ortamının kontrollü olusu transpirasyondan kaynaklı B alım farklılığını minimuma indirmesi nedeniyle transpirasyonun B alımı üzerine etkisi belirlenmiştir. Ancak gövde B içeriğinin konsantrasyona bağlı linear bir artis göstermesi borun pasif tasındığının ifade edildiği çalışmalar ile benzerlik göstermektedir.

Besin ortamındaki bor konsantrasyonu arttıkça fidede biriken bor miktarının da arttığı, organlarda bor birikiminin ise ortamdaki B artisına göre oransal ola-

az bor birikiminin 0.74 µg B/g ile B0'da, en fazla bor birikiminin ise 67.6 µg B/g ile B4'de olduğu belirlenmiştir. Yapılan LSD testine göre gövde B birikimi bakımından B4 ortamı 1. grupta (a), B3 ortamı 2. grupta (b), B2 ortamı 3. grupta (c), B1 ortamı 4.grupta (d) ve B0 ortamı da 5. grupta (e) yer almaktadır. Besin ortamı B içeriği ile gövde B içeriği arasında %1 seviyesinde önemli bir ilişki vardır. Konsantrasyon artışıyla gövdede biriken B miktarı da artmış, artışı gövdede köke göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Tokak-157/37'de gövdede biriken B ile besin ortamı B konsantrasyonu arasında %1 seviyesinde önemli ilişki $Y = -36.62 + 23.32X$ $R^2 = 0.83^{**}$ ($Y =$ Gövde B konsantrasyonu, $X =$ Verilen B konsantrasyonu) eşitliği ile ifade edilebilir.

rak azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca köklerde birikim oranı azalırken, gövdede birikiminde bir artis olduğu dikkati çekmektedir. Ufak dalgalanmalar görülmesine rağmen buğday ve arpa bu durum için benzerlik göstermektedir. Bunun yanında birbirleriyle kıyaslandığında Kızıltan-91'in kökünde, Tokak-157/37'nin gövdesinde bor birikim oranında nispi bir fazlalık tespit edilmiştir. Bir çok araştırıcı bitki bünyesine bor alımında azalma yada engellemeyi bor toksitesine tolerans mekanizması olarak tanımlamışlar, bünyesinde daha az bor birikimi olan çeşitlerin daha dayanıklı olduğunu ifade etmişlerdir (Nable ve ark. 1990b, Nable 1991, Bagheri ve ark. 1992, Kalaycı ve ark. 1997, Nable ve ark. 1997, Güneş ve ark. 2000) Araştırmadan elde edilen sonuçlar da bunları destekler niteliktedir. Benzer şekilde Paull ve ark. (1991) yürütükleri bora yönelik tolerans mekanizması çalışmalarında, buğdayda gövdede daha az B birikimiyle bora karşı toleranslılığın bağlantılı olduğunu belirlemişlerdir. Buğday ve arpa bu açıdan değerlendirildiğinde Kızıltan-91'in Tokak-157/37'ye göre kısmen daha toleranslı olduğu söylenebilir. Ancak arpa ve buğday arasında tespit edilen bu farklılığın temelindeki tolerans mekanizması belirlenmemiştir. Konu üzerinde daha fazla çeşit ile çalışma yapılması gerekmektedir.

B uygulaması yapılmamış B0 ortamlarında analiz sonuçlarına göre B bulunmuştur. Bu durum sterilizasyon çözeltileri, agar ve kullanılan kaplardan belirli oranlarda B bulastığını göstermektedir. Kökten

salinim ile ortama B çikisinin olup olmadigi belli degildir. Ancak her çalismada farkli konsantrasyonların çikmasi bu ihtimalin zayıf oldugunu göstermektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

B alimini etkileyen faktörleri; bitki, toprak ve çevre etmenleri seklinde gruplandırmak mümkündür. Deneysel olarak sartları kontrol edilen besin ortamı üzerinde yetisen *in vitro* akselik fideler, bitki organları içinde B alimi ve B dağılımının analizi için iyi bir materyal olabilirler. Çünkü Murashige ve Skoog (1962) tarafından geliştirilen MS besin ortamında element konsantrasyonları bitki ihtiyacına göre ideal sınırlarda ayarlanmış ve bu sayede elementlerin etkileşimleri minimuma indirilmiştir. Büyütme sırasında kültür dolabının kullanılması da yine çevre etkilerini oldukça azaltmakta, gelismekte olan bitki için ideal sıcaklık, nem ve fotoperiyot istegi karşılanmaktadır. Besin ortamının nem kaybı söz konusu olmadığından fiksasyon gibi bazı olayların meydana gelmesi engellenmektedir. Ortamın pH değeri bitkiler için uygun olan aralıkta (pH:5.8) sabit bir şekilde ayarlanmakta ve bu sayede pH kaynaklı özellikle de mikro elementler ile ilgili problemlerin önlenmesi mümkün olabilmektedir. Toprak yerine agar kullanımı ise toprakta meydana gelen bazı faktörleri (adsorpsiyon, yıkanma, fiksasyon vs.) elemine etmektedir. Daha önce yaygın olarak toprak, kum ve hidrofonik kültürlerde çalışılmış olduğu düşünüldüğünde özellikle mikro besin elementleri ile ilgili çalışmalara bu çalışmada kullanılan yöntemler yeni bir bakış açisi getirmektedir. Kullanılan agarın tek dezavantajı içerisinde belirli bir miktar B bulunabileceğidir. Ama tüm deneylerde aynı agar kullanıldığı için çeşitler ve bitki kısımlarının göstereceği tepkinin değişmeyeceği düşünülmektedir.

Tür/çesit bazında yapılan bu çalışmada kullanılan yöntemler; klasik islah yöntemlerini desteklemek ve yeni toleranslı (noksanlık-toksite) genotipleri belirlemek için alternatif bir yol sunmaktadır. Bu çalışma hemen hemen bütün bitki türleri için özellikle fide gelişimi ve vejetatif gelişim dönemi boyunca pratik olarak uygulanabilmektedir. Uygulanan yöntem sadece bir element için değil diğer bütün elementler içinde kullanılabilme özelliğine sahiptir. Kullanılan bu metot ile laboratuvar şartlarında farklı genotiplerin tolerans ve hassasiyetleri belirlenerek bu yönde seçim yapılabilir. En azından bu genotiplerin B alimi ve bitkideki dağılımı belirlenebilir.

TESEKKÜR

Bu çalışma, DPT-99/K120560 numaralı proje tarafından desteklenmiş olan yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

KAYNAKLAR

Aktas, M. 1991. Bitki Besleme Ve Toprak Verimliliği. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları: 1202. Ders Kitabı: 347. Ankara.

Altan, A., Kalayci, M., Yılmaz, A., Ekiz, H., Torun, B., Eker, S., Çakmak, I., 1995. Değişik Arpa Genotiplerinde Bor Toksikitesinin Arastırılması. Arpa Malt Sempozyumu. 5-7 Eylül, Konya.

Anonim, 2001. Tarımsal Yapı ve Üretim. DİE. Tarım İstatistikleri Özeti, Ankara.

Bagheri, A., Paull, J.G., Rathjen, A.J., Ali, S.M., Moody, D.B. 1992. Genetic variation in the response of pea (*Pisum sativum* L.) to high soil concentrations of boron. *Plant and Soil*. 146:1-2, 261-269.

Brown, P.H., Shelp, B.J. 1997. Boron Mobility in Plants. *Boron in Soils and Plants: Reviews*. Kluwer Academic Publishers. Printed In The Netherlands. *Plant and Soil*. 193: 85-101.

Gezgin, S., Dursun, N., Hamurcu, M., Harmankaya, M., Önder, M., Sade, B., Topal, A., Soyulu, S., Akgün, N., Yorgancılar, M., Ceyhan, E., Çiftçi, N., Acar, B., Gültekin, I., Isik, Y., Seker, C., Babaoglu, M., 2002. Determination of B Contents Of Soils in Central Anatolian Cultivated Lands and its Relations between Soil and Water Characteristics. *Boron in Plant and Animal Nutrition*. Edited by Goldbach et al., Kluwer Academic / Plenum Publishers, New York.

Gupta, U.C., Jame, Y.W., Campbell, C.A., Leyshon, A.J., Micholaichuk, W., 1985. Boron Toxicity and Deficiency. A Review. *Can. J. Soil Sci.*, 65, 381-408.

Günes, A., Alpaslan, M., Özcan, H., Çikili, Y. 2000. Türkiye'de Yaygın Olarak Yetistirilen Misir (*Zea mays* L.) Çesitlerinin Bor Toksikitesine Duyarlılıkları. *Turkish Agricultural and Forestry*. 24: 277-282. TÜBİTAK. Ankara.

Jamjod, S., Rerkasem, B. 1999. Genotypic variation in response of barley to deficiency. *Plant and Soil*. 215:1, 65-72.

Kalayci, M., Alkan, A., Çakmak, I., Bayramoglu, O., Yılmaz, A., Aydın, M., Özbek, V., Ekiz, H., Özberisoy, F. 1997. Studies on differential response of wheat cultivars to boron toxicity. *Wheat: prospects for global improvement*. Proceedings of the 5th International Wheat Conference, Brown, H.J.(ed)10-14 June. Ankara, Turkey. *Developments in Plant Breeding*. Volume 6.

Kochian, L.V. 1991. Mechanism of Micronutrient Uptake and Translocation in Plant. Mortvedt (ed.) *Micronutrients In Agriculture*. 229-285. Published Soil Science Society Of America. Madison, USA.

Murashige, T., Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant*. 15:473-497.

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, O.R., Lance, R.C.H., Cartwright, B. 1990a. Uptake of boron and silicon by barley genotypes with differing susceptibilities to boron toxicity. *Annals of Botany*. 66:1, 83-90.
- Nable, R.O., Cartwright, B., Lance, R.C.M. 1990b. Genotypic differences in boron accumulation in barley: Relative susceptibilities to boron deficiency and toxicity. *Genetic aspects of plant mineral nutrition*. 243-251.
- Nable, R.O., Paull, J.G., Cartwright, B. 1990c. Problems associated with the use of foliar analysis for diagnosing boron toxicity in barley. *Plant and Soil*. 128: 2, 225-232.
- Nable, R.O. 1991. Distribution of boron within barley genotypes with differing susceptibilities to boron toxicity. *Journal of Plant Nutrition*. 14:5, 453-461.
- Nable, R.O., Banuelos, G.S., Paull, J.G. 1997. Boron Toxicity. *Boron in Soils and Plants: Reviews*. Kluwer Academic Publishers. Printed In The Netherlands. *Plant and Soil*.198:181-198.
- Paull, J.G., Rathjen, A.J., Cartwright, B. 1991. Tolerance to high concentrations of boron for the amphiploid of *Triticum aestivum* x *Agropyron elongatum*. *Plant and Soil*. 133:2, 297-299.
- Riley, M.M., Rabson, A.D. 1994. Pattern of supply affects boron toxicity in barley. *Journal of Plant Nutrition*. 17 (10)p. 1721-1738.
- Römheld, V., Marshner, H. 1991. Function of Micronutrients in Plants. Mortvedt (ed.) *Micronutrients In Agriculture*. 297-324. Published Soil Science Society of America. Madison, USA.