

Türkiye’de Yaygın Olarak Yetiştirilen Mısır (*Zea mays* L.) Çeşitlerinin Bor Toksisitesine Duyarlılıkları

Aydın GÜNEŞ, Mehmet ALPASLAN, Hesna ÖZCAN, Yakup ÇIKILI
A. Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü 06110 Ankara-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 23.11.1998

Özet: Bu çalışmada Furio, Riogrande, Sele, DK 743, Helix, Missouri, Betor ve Poker mısır çeşitlerinin B zehirliliğine duyarlılıkları araştırılmıştır. Deneme sera koşullarında yürütülmüştür. Bor toprağa 0, 10 ve 30 mg kg⁻¹ düzeylerinde H₃BO₃ den uygulanmıştır. Deneme sonunda bitkilerin yaş ve kuru ağırlıkları ile B konsantrasyonları ve içerikleri belirlenmiştir. Yaş ve kuru bitki ağırlıkları ile bitkilerin B konsantrasyonları ve B içerikleri arasındaki ilişkilerden yararlanılarak mısır çeşitlerinin B zehirliliğine duyarlılıkları ortaya konulmuştur. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre yaş ve kuru ağırlık bakımından bitkilerin B zehirliliğine duyarlılıkları yüksekten düşüğe doğru Helix, Riogrande, Furio, Poker, Sele, Missouri, DK 743, Betor şeklinde sıralanmıştır. Genel olarak yüksek B'a duyarlılıkları düşük olan çeşitler yüksek olan çeşitlere göre daha fazla B içerdikleri belirlenmiştir.

Tolerance to Boron Toxicity of Maize (*Zea mays* L.) Cultivars Widely Cultivated in Turkey

Abstract: Boron tolerance of the following maize cultivars, Furio, Riogrande, Sele, DK 743, Helix, Missouri, Betor and Poker, was investigated. The experiment was carried out under greenhouse conditions. Boron was applied to the soil at 0, 10 and 30 mg kg⁻¹ levels as H₃BO₃. Fresh and dry weights and B concentration and B uptake of the plants were determined at the end of the experiment. Boron tolerance of the corn cultivars was determined from the relationships between fresh and dry weights and B concentration and B uptake rates. According to the results, B tolerance of cultivars from high to low was as follows: Helix, Riogrande, Furio, Poker, Sele, Missouri, DK 743, Betor. In general, B concentrations of low tolerant cultivars were higher than those of high B tolerant cultivars.

Giriş

Ülkemizde atık sularla kirlenmiş akarsuların sulama amaçlı kullanılmaları sonucu yaygın olarak bazı yöre topraklarımızda bor kirliliği ve buna bağlı olarak bu yörelerde yetiştirilen bitkilerde B zehirlenmesi sorunları ile karşılaşmaktadır. Topraklarda sıcak su ile ekstrakte edilebilir B düzeyinin 0.8 mg kg⁻¹'i aşması halinde fitotoksite görülmektedir (1). Sulama sularında ise izin verilen B konsantrasyonları sulama suyunun miktarına bağlı olarak 0.5-0.75 mg l⁻¹ arasında değişim göstermektedir (2). Bor içeriği yüksek sular sebebiyle Afyon, Aksaray, Bigadiç, Burdur, Konya-Ereğli, Eskişehir, Germencik-Ömerbeyli, Iğdır, Karasaz, Kayseri, Yüksekova ve Salihli yörelerindeki topraklarda yüksek düzeyde B kirliliği görülmektedir. Türkiye’de başlıca bor üretimi, Kütahya ile Balıkesir il merkezleri arasında 200 km uzunlukta ve 70-120 km enindeki bir kuşak boyunca yer alan Bigadiç, M. Kemalpaşa, Emet ve Kırkı yörelerinde yapılmakta, bu maden üretim merkezleri Simav, Kirmastı ve M. Kemalpaşa su toplama havzaları içinde bulunmaktadır. Üretim sırasında su kaynaklarına boşaltılan borlu drenaj ve yıkama suları, hem Simav Çayı'nı hem de Uluabat Gölü ile Marmara Denizi'ni

kirletmektedir. Yöredeki tarım topraklarının sulanmasında Simav Çayı kollarından başka önemli bir seçenek bulunmamaktadır. Bu sebeple Simav, su toplama havzası içindeki 117274 hektar tarım alanından 94358 hektarı bor kirliliğinden etkilenmektedir (3). Buna ilave olarak Termik Santrallerde enerji kaynağı olarak kullanılan linyit kömürlerinin kompozisyonunda 4-300 mg kg⁻¹ düzeyinde bulunan B, uçucu küller ile çevreye yayılarak B toksisitesine yol açabilmektedir (2).

Tarımsal üretimi ciddi boyutlarda kısıtlayan B kirlenmesi ve zehirliliğine karşı B duyarlılıkları yüksek olan çeşitlerin kullanılması ve bunların seçimi büyük önem taşımaktadır ve sera koşullarında pek çok bitki çeşidinin aynı anda B'a duyarlılıklarını belirlemek kısa süreli ve ekonomik olduğundan tercih edilmektedir. Bu konuda pek çok bitki çeşidi için değişik araştırmacılar tarafından oldukça fazla sayıda ve yörede araştırmalar yapılarak potansiyel olarak B zehirlilik riski olan yöreler için uygun bitki genotipleri belirlenmektedir. Bor zehirliliğine duyarlılık bakımından bitki çeşitleri arasında genetik olarak önemli farklılıklar bulunmaktadır. Bor zehirlenmesine duyarlılığı yüksek olan çeşitler hassas çeşitlere göre bünyelerinde daha az miktarlarda B akümüle ederek yüksek B

konsantrasyonlarına adapte olabilmektedirler (4, 5). Bu nedenle bitki dokularının B içerikleri, genetik seleksiyon açısından önemli ip uçları vermektedir.

Bu çalışmada Türkiye'de yaygın olarak üretimi yapılan 8 mısır çeşidinin B zehirliliğine duyarlılıklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla farklı düzeylerde B içeren ortamlarda belirtilen 8 mısır çeşidi test edilerek, B uygulamalarına bağlı olarak bitkilerin yaş ve kuru ağırlıklarındaki azalmalar ve B konsantrasyonu bakımından çeşitler arasındaki farklılıklar ile bitkilerin yaş ve kuru ağırlıkları arasındaki ilişkiler belirlenerek mısır çeşitlerinin B zehirlenmesine duyarlılık düzeyleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Materyal ve Metot

Sera koşullarında ve toprak ortamında farklı B düzeylerinin sekiz farklı mısır çeşidinin (Furio, Riogrande, Sele, DK 743, Helix, Missouri, Betor ve Poker) gelişimi ve B içeriklerindeki değişimleri belirlemek amacıyla 1500 g toprak alan saksılarda deneme kurulmuştur. Mısır tohumları ekimden önce 2 saa süreyle % 5'lik sodyum hipoklorit ile yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuş ve her saksıya 5 adet tohum ekilmiş ve tohumlar çimlendikten sonra her bir saksıda 3 adet tohum kalacak şekilde seyreltilmiştir. Bu çalışmada kullanılan mısır çeşitlerinin orijinleri aşağıda topluca verilmiştir.

Çeşitler	Orijin
Furio	AUT, PRT 172
Riogrande	ITA, USA 74, 75
Sele	ITA, USA 74, 75, 182
DK 743	TUR, USA 226, 243
Helix	BEL, DU, FRA, GBR 567, 935
Missouri	b, ITA, 75
Betor	ITA 889
Poker	USA 140, 889

Denemede; tınlı killi, % 5.75 CaCO₃ içeren, pH'sı 7.61 ve EC'si 0.56 dS m⁻¹, organik maddesi % 1.07 ve toplam-N'u % 0.15 olan, NH₄OAc ile ekstrakte edilebilir K ve Ca içeriği sırasıyla 450 ve 4800 mg kg⁻¹, NaHCO₃ ile ekstrakte edilebilir P içeriği 10.70 mg kg⁻¹ ve NaOAc ile ekstrakte edilebilir B içeriği 1.5 mg kg⁻¹ olan bir toprak kullanılmıştır. Saksılara deneme planına göre 0, 10 ve 30 mg kg⁻¹ B (H₃BO₃) uygulanmış ve her saksıya 3 adet mısır tohumu ekilerek tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak deneme kurulmuştur. Temel

gübreleme bütün saksılara 200 mg kg⁻¹ N (NH₄NO₃) ile 100 ve 125 mg kg⁻¹ P ve K (KH₂PO₄) uygulanmıştır. 28 günlük bir gelişme periyodundan sonra bitkiler toprak yüzeyinden kesilerek hasat edilmiş ve yaş bitki ağırlıkları belirlenmiştir. Bor belirleme amacıyla bitkiler iki defa deiyonize edilmiş saf su ile yıkanarak 65 °C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Kuru ve öğütülmüş bitki örnekleri, kuru yakma yöntemi ile 550 °C'de yakıldıktan sonra Wolf (6) tarafından bildirildiği şekilde Azomethine-H yöntemine göre spektrofotometrik olarak B belirleme yapılmıştır.

Araştırma sonuçlarının güvenilirliği MINITAB paket programı kullanılarak varyans analizi ile belirlenmiş ve uygulamalar arasındaki farklılıkların önemliliği MSTAT paket programı kullanılarak Duncan Çoklu Karşılaştırma Test'i ile belirlenmiştir. Ayrıca ele alınan değişkenler arasındaki korelasyon ilişkileri yine MINITAB paket programı ile belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Mısır Çeşitlerinin Yaş ve Kuru Ağırlıkları: Bor uygulamalarına bağlı olarak mısır çeşitlerinin yaş ve kuru ağırlıkları ve bunların kontrol uygulamasına göre oransal değişimleri Tablo 1 ve 2'de verilmiştir. Tablo 1 ve 2'nin incelenmesinden görüleceği gibi B uygulamaları bütün çeşitlerin yaş ve kuru ağırlıklarında dikkate değer azalmalara yol açmıştır (p<0.01). Bununla birlikte mısır çeşitlerinin B uygulamalarına bağlı olarak yaş ve kuru ağırlıklarında meydana gelen azalmalar arasında da önemli genetik farklılıklar olduğu görülmüştür (p<0.01).

Kontrol (B0) koşullarında yetiştirilen mısır çeşitlerinde en yüksek yaş ve kuru ağırlıklar sırasıyla, Sele, Furio, Riogrande ve Helix çeşitlerinden elde edilmiştir. B10 uygulamasında Furio, Riogrande, Helix çeşitlerinin yaş ve kuru ağırlıkları diğer çeşitlerden daha yüksek düzeyde olmuş ve en yüksek B (B30) düzeyinde ise B'a duyarlılık en yüksekten düşüğe doğru Helix, Riogrande, Furio, Poker, Sele, Missouri, DK 743 ve Betor şeklinde olduğu görülmüştür. Bor uygulamalarının haricinde diğer toprak ve çevresel faktörlerinin de etkileşimi sebebiyle çeşitler arasında yaş ve kuru ağırlıklar bakımından bir takım farklılıkların olası olması nedeniyle, B uygulamalarına bağlı olarak mısır çeşitlerinin duyarlılıklarını gösterebilmek için, B10 ve B30 uygulamalarının kontrole göre oransal değişimleri incelendiğinde ise B10/B0'da yaş ve kuru ağırlıkların en düşük Sele, Helix, Poker ve Missouri çeşitlerinde, B30/B0'da ise yaş ve kuru ağırlıkların ise en düşük Sele ve Betor çeşitlerinde olduğu belirlenmiştir.

Tablo 1. Mısır çeşitlerinin yaş ağırlıklarında uygulanan B düzeyine bağlı olarak değişim ve varyans analiz sonuçları.

No	Çeşitler	Yaş ağırlık \pm SD, g			Oransal yaş ağırlık, %	
		B0	B10	B30	B10/B0	B30/B0
1	Furio	29.99 \pm 1.31 A	24.14 \pm 0.65 A	8.33 \pm 0.48 AB	80	28
2	Riogrande	28.18 \pm 3.40 AB	21.55 \pm 0.90 AB	9.14 \pm 0.51 AB	76	32
3	Sele	30.05 \pm 0.66 A	16.18 \pm 0.65 DE	7.93 \pm 1.11 AB	54	26
4	DK 743	19.86 \pm 1.62 D	14.53 \pm 1.38 E	6.44 \pm 0.57 BC	73	32
5	Helix	27.32 \pm 1.86 AB	20.51 \pm 1.62 BC	11.14 \pm 0.48 A	75	41
6	Missouri	25.61 \pm 0.88 BC	18.66 \pm 0.07 BCD	7.14 \pm 2.19 BC	73	28
7	Betor	17.59 \pm 0.86 D	13.65 \pm 1.73 E	4.67 \pm 1.42 C	78	27
8	Poker	24.14 \pm 1.74 C	17.74 \pm 1.52 CD	7.98 \pm 0.54 AB	73	33
LSD p<0.01		3.00				
Kaynak	SD	KT	KO	F	P	
Çeşit (Ç)	7	596.92	85.27	45.30	0.000	
B düzeyleri (B)	2	3723.73	18.61.87	989.15	0.000	
Ç x B	14	192.11	13.72	7.29	0.000	
Hata	48	90.35	1.88			
Toplam	71	4603.12				

Tablo 2. Mısır çeşitlerinin kuru ağırlıklarında uygulanan B düzeyine bağlı olarak değişim ve varyans analiz sonuçları.

No	Çeşitler	Kuru ağırlık \pm SD, g			Oransal kuru ağırlık, %	
		B0	B10	B30	B10/B0	B30/B0
1	Furio	2.52 \pm 0.03 A	2.02 \pm 0.05 A	0.78 \pm 0.05 AB	80	31
2	Riogrande	2.19 \pm 0.25 B	1.76 \pm 0.09 AB	0.85 \pm 0.02 AB	80	39
3	Sele	2.49 \pm 0.11 A	1.36 \pm 0.05 CDE	0.72 \pm 0.11 B	55	29
4	DK 743	1.54 \pm 0.13 D	1.22 \pm 0.10 DE	0.59 \pm 0.06 BC	79	38
5	Helix	2.26 \pm 0.24 AB	1.70 \pm 0.18 B	1.05 \pm 0.07 A	75	46
6	Missouri	2.00 \pm 0.07 BC	1.51 \pm 0.05 BC	0.64 \pm 0.20 BC	76	32
7	Betor	1.39 \pm 0.07 D	1.10 \pm 0.18 E	0.42 \pm 0.12 C	79	30
8	Poker	1.88 \pm 0.14 C	1.42 \pm 0.09 CD	0.70 \pm 0.05 BC	76	37
LSD p<0.01		0.26				
Kaynak	SD	KT	KO	F	P	
Çeşit (Ç)	7	4.8129	0.6876	46.16	0.000	
B düzeyleri (B)	2	21.0369	10.5185	706.13	0.000	
Ç x B	14	1.4711	0.1051	7.05	0.000	
Hata	48	0.7150	0.0149			
Toplam	71	28.0360				

Mısır Çeşitlerinin B İçerikleri: Bor uygulamalarına bağlı olarak bütün çeşitlerin B içerikleri önemli oranda artmıştır ($p<0.01$). Bor uygulamaları ile çeşitler arasındaki interaksiyon önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Bor içerikleri bakımından BO uygulamasında mısır çeşitleri arasında istatistiki bakımdan bir farklılık görülmemiştir. Bununla birlikte B10 ve B30 uygulamalarına bağlı olarak B içerikleri bakımından çeşitler arasında önemli farklılıklar görülmüştür. B10 ve B30 uygulamalarında Betor, DK 743 ve Missouri çeşitlerinin B içerikleri diğer çeşitlere göre daha yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 3).

Mısır Çeşitlerinin B Kapsamları: Mısır çeşitlerinin B kapsamları arasında BO (Kontrol uygulamasında) bir farklılık görülmemiştir. Bununla birlikte orta ve yüksek düzeyde B uygulamalarında (B10 ve B30) çeşitler arasında B kapsamları bakımından önemli farklılıklar ortaya çıkmıştır. Bir başka ifade ile B uygulamaları ile çeşitlerin B kapsamları arasındaki interaksiyon önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Bitkilerin B alımı ile yaş ve kuru ağırlıkları arasında önemli negatif korelasyonlar belirlenmiştir (sırasıyla $r = -0.716$ ve -0.680). Bor duyarlılığı düşük olan çeşitlerden Betor, DK 743 ve Missouri çeşitlerinin B kapsamları BO uygulamasına göre nisbi olarak değerlendirildiğinde bu çeşitlerin B10/BO değerlerinin diğer çeşitlerden yüksek olduğu, B30/BO

değerlerinin ise Betor, Missouri ve Helix çeşitlerinde yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 4).

Tartışma

Türkiye'de yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan Furio, Riogrande, Sele, DK 743, Helix, Missouri, Betor ve Poker mısır çeşitlerinin B zehirliliğine duyarlılıklarını belirlemek amacıyla yürütülen bu çalışmada, B duyarlılıkları bakımından çeşitler arasında önemli farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Mısır çeşitlerinin yaş ve kuru ağırlıkları ile B içerikleri arasında önemli negatif korelasyonlar belirlenmiştir (sırasıyla $r = -0.897$ ve -0.877 , $p<0.01$). Bor stresi koşullarında en yüksek yaş ağırlık veya kuru madde oluşturan çeşitler en yüksekten en düşüğe doğru, Helix, Riogrande, Furio, Poker, Sele, Missouri, DK 743 ve Betor şeklinde sıralanmıştır. Bor duyarlılığı yüksek olan bitkiler bünyelerinde daha az B akümüle ederek stres koşullarına dayanabilmektedirler (4, 5). Bor duyarlılığı yüksek olan bitkiler bazı mekanizmalar geliştirerek dokularında B konsantrasyonlarını düşük düzeylerde tutmayı başarabilmektedir. Bu mekanizmalar kısaca aşağıda özetlenmiştir:

1. Bazı bitkiler kök sistemlerinde yer alan fiziksel bir bariyer vasıtasıyla veya kök sisteminden B'u

Tablo 3. Mısır çeşitlerinin B içeriklerinin uygulanan B düzeyine bağlı olarak değişim ve varyans analiz sonuçları.

No	Çeşitler	B \pm SD, $\mu\text{g g}^{-1}$			
		BO	B10	B30	
1	Furio	30 \pm 7.20 A	322 \pm 26.00 C	1134 \pm 61.20 BCD	
2	Riogrande	32 \pm 0.60 A	498 \pm 68.60 AB	1006 \pm 63.40 D	
3	Sele	33 \pm 4.00 A	423 \pm 39.00 BC	1160 \pm 21.40 BCD	
4	DK 743	44 \pm 7.60 A	560 \pm 37.90 AB	1268 \pm 122.00 BC	
5	Helix	37 \pm 5.60 A	481 \pm 44.50 ABC	1133 \pm 37.00 BCD	
6	Missouri	30 \pm 12.70 A	550 \pm 52.50 AB	1291 \pm 240.40 B	
7	Betor	34 \pm 0.00 A	638 \pm 106.60 A	2045 \pm 61.50 A	
8	Poker	43 \pm 7.00 A	470 \pm 90.3 ABC	1105 \pm 40.4 CD	
LSD $p<0.01$		155.29			
Kaynak	SD	KT	KO	F	P
Çeşit (Ç)	7	1108057	158294	31.48	0.000
B düzeyleri (B)	2	18627606	9313803	1852.36	0.000
Ç x B	14	1322460	94461	18.79	0.000
Hata	48	241348	5028		
Toplam	71	21299470			

Tablo 4. Mısır çeşitlerinin B kapsamlarının uygulanan B düzeyine bağlı olarak değişimi ve varyans analizi sonuçları.

No	Çeşitler	Bor kapsamı, ±SD, µg bitki ⁻¹			Oransal B kapsamı, %	
		B0	B10	B30	B10/B0	B30/B0
1	Furio	75±18.72 A	651±36.06 BC	880±69.18 B	865	1169
2	Riogrande	70±8.62 A	874±89.11 A	858±44.02 B	1249	1226
3	Sele	82±5.03 A	573±45.03 C	838±113.21 B	699	1022
4	DK 743	67±7.77 A	680±25.98 BC	748±11.72 B	1015	1116
5	Helix	82±10.02 A	818±143.62 AB	1191±87.39 A	998	1452
6	Missouri	61±25.53 A	827±50.56 AB	795±129.02 B	1356	1303
7	Betor	47±2.52 A	693±89.67 ABC	851±240.64 B	1474	1811
8	Poker	82±18.50 A	661±84.02 BC	773±46.61 B	806	943
LSD p<0.01		176.49				
Kaynak	SD	KT	KO	F	P	
Çeşit (Ç)	7	290092	41442	6.38	0.000	
B düzeyleri (B)	2	8627680	4313840	664.19	0.000	
Ç x B	14	346617	24758	3.81	0.000	
Hata	48	311753	6495			
Toplam	71	9576142				

uzaklaştırmaya yarayan pompa benzeri mekanizmalar ile kimi bitkilerin kök sistemlerinde bir takım kimyasal reaksiyonlar vasıtasıyla rizosfer pH'sını değiştirilerek B'un yayılabilirliği azaltılmak suretiyle B'a dayanıklılıkları artabilmektedir.

2. Bazı bitkiler köklerinden gövdeye B'un taşınmasını engelleyerek yüksek B konsantrasyonlarına dayanabilmektedirler.

3. Bor konsantrasyonunun yüksek olduğu toprak katmanlarında kimi bitkiler yüzlek kök oluşturmak suretiyle B toksisitesine karşı kendilerini koruyabilmektedirler (7, 8, 9).

Bu araştırmada B duyarlılığı diğer çeşitlere göre düşük olarak belirlenen Missouri, DK 743 ve Betor çeşitlerinin B içeriklerinin yüksek olduğu görülmüştür. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre B'a duyarlılık bakımından en yüksekten düşüğe doğru çeşitleri aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür.

Helix > Riogrande > Furio > Poker > Sele > Missouri > DK 743 > Betor

Dayanıklı ← Orta dayanıklı → Hassas

Sonuç olarak potansiyel B zehirliliğinin mevcut olduğu alanlarda yetiştirilecek bitkilerin değişik çeşitleri için geniş kapsamlı genetik veya fizyolojik seleksiyon çalışmaları yaparak tarımsal üretimi ciddi şekilde sınırlayan bu olumsuzluğa karşı ıslah vb. gibi pahalı yöntemlere göre daha ucuz, daha az zaman gerektiren ve kısa sürelerde sonuç alınabilen bu ve benzeri çalışmalar ile sorunun üstesinden gelmek mümkündür.

Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan mısır çeşitlerini sağlayan Ankara Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü elemanlarından sayın Zir. Yük. Müh. Gönül Çavuş'a teşekkür ederiz.

Kaynaklar

1. Silanpaa, M., Micronutrient Assessment at the Country Level: an international study. FAO Soils Bulletin, Rome, 1990.
2. Bergmann, W., Nutritional Disorders in Plants Development, Visual and Analytical Diagnosis, Gustav Fisher Verlag Jena Stuttgart-NewYork, 1992.

3. Ural, E., Türkiye'nin Çevre Sorunları. Türkiye Çevre Vakfı Yayını, Ankara. 1995.
4. Nable, R.O., Resistance to boron toxicity amongst several barley and wheat genotypes: A preliminary examination of the resistance mechanism. *Plant and Soil* 112, 45-52. 1988.
5. Paull, J.G., Nable, R.O., Lake, A.W.H., Materne, M.A. and Rathjen, A.J., Response of annual medics (*Medicago spp.*) and field peas (*Pisum sativum*) to high concentrations of boron: Genetic variation and the mechanism of tolerance. *Aust. J. Agric. Res.* 43, 203-213. 1992.
6. Wolf, B., Improvements in the Azomethine-H method for the determination of boron. *Comm. in Soil Sci. and Plant Anal.* 5 (1): 39-44. 1974.
7. Cartwright, B., Rathjen, A.J., Sparrow, D.H.B., Paull, J.G., and Zarcinas, B.A., Boron tolerance in Australian varieties of Wheat and Barley. In *Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition*. Eds. H.W. Gabelman and B.C. Loughman. pp 139-151. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 1987.
8. Paull, J.G., Nable, R.O., Rathjen, A.J., Physiological and genetic control of the tolerance of wheat to high concentrations of boron and implications for plant breeding. *Plant and Soil* 146: 251-260. 1992b.
9. Rathjen, A.J., Cartwright, B., Paull, J.G., Moody, D.B., and Lewis, J., Breeding for tolerance of mineral toxicities in Australian cereals with special reference to boron. In: *Priorities in Soil/Plant Relations Research for Plant Production*. Eds. P.G.E. Searle and B.G. Davey. pp. 111-130. School of Crop Sciences, The University of Sydney. 19887.