



Araştırma Makalesi

www.ziraat.selcuk.edu.tr/ojs
Selçuk Üniversitesi
Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi
25 (3): (2011) 1-8
ISSN:1309-0550



Orta Anadolu Koşullarında Yaygın Olarak Yetiştirilen Melez Mısır Çeşitlerinin Bor Toksikitesine Duyarlılığı¹

Çetin PALTA^{2,3}, Sait GEZGİN⁴

²Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü, Konya/Türkiye

⁴Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi, Konya/Türkiye

(Geliş Tarihi: 12.01.2011, Kabul Tarihi: 16.06.2011)

Özet

Bu çalışmada 13 adet at dişi melez mısır çeşidinin B toksitesine duyarlılıkları araştırılmıştır. Araştırma sera koşullarında yürütülmüştür. Araştırmada saksılara bor, sırasıyla Bo (Kontrol), B₁ (0.625 mg B kg⁻¹), B₂ (1.25 mg B kg⁻¹), B₃ (2.5 mg B kg⁻¹), B₄ (5 mg B kg⁻¹), B₅ (10 mg B kg⁻¹) ve B₆ (40 mg B kg⁻¹) seviyelerinde H₃BO₃ formunda uygulanmıştır. Deneme sonunda bitkilerin kuru ağırlıkları ile B konsantrasyonları ve içerikleri belirlenmiştir. Kuru bitki ağırlıkları ile bitkilerin B konsantrasyonları ve B içerikleri arasındaki ilişkilerden yararlanılarak mısır çeşitlerinin B toksitesine duyarlılıkları ortaya konulmuştur. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre bor uygulamasına ya da toksitesine tepkileri bakımından DK 647 ve TTM 8119 çeşitleri hassas, T 1595, LG 60, LG 55, DK 585 ve PIAVE çeşitleri yarı hassas, BC 566, LUCE, MAT 97, TTM 815 çeşitleri toleranslı ve P 3394 ve RX 770 çeşitleri ise dayanıklı olarak ifade edilebilir. Genel olarak yüksek B'a duyarlılıkları düşük olan çeşitlerin yüksek olan çeşitlere göre daha fazla B içerdikleri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hibrit mısır, Bor toksisite, Bor uygulaması, Orta Anadolu bölgesi

Tolerance to Boron Toxicity of Maize (*Zea Mays L.*) Cultivars Widely Cultivated in Central Anatolian Region

Abstract

Boron tolerance of 13 hybrid maize cultivars was investigated. The experiment was carried out under greenhouse conditions. Boron was applied to the soil at 0, 0.625, 1.25, 2.5, 5, 10 and 40 mg kg⁻¹ levels as H₃BO₃. 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 dry weights and B concentration and B uptake rates. According to the results, B tolerance of cultivars from high to low was as follows: P 3394 ve RX 770, BC 566, LUCE, MAT 97, TTM 815, T 1595, LG 60, LG 55, DK 585, PIAVE and DK 647 ve TTM 8119. In general, B concentrations of low tolerant cultivars were higher than those of high B tolerant cultivars.

Keywords: Hybrid corn, Boron toxicity, Boron application, Central Anatolian

Giriş

Mısır, entansif tarım şartlarında yetiştirilmeye son derece uygun, güneş enerjisinden kısa sürede azami seviyede istifade ederek birim alandan yüksek miktarda tane ürünü ve kuru madde üreten bir C4 bitkisidir. Çok yönlü bir kullanım alanına sahip olması, geniş adaptasyon kabiliyeti ve yüksek verim potansiyeli sebebi ile hemen hemen her bölgemizde tarımı yapılabilmektedir. Türkiye'de üretilen mısırın % 35'i insan beslenmesinde, % 30'u silajlık olarak, % 20'si ise yem sanayisinde olmak üzere toplam % 50'si hayvan beslenmesinde kullanılmaktadır (Gençtan ve ark. 1995).

Son yıllarda yapılan çalışmalarda, Dünya ve Türkiye topraklarında mikro besin elementleriyle ilgili beslenme problemlerinin yaygınlık gösterdiği ortaya konulmuştur. Bu elementlerden biri de bor'dur. Bor, bitkilerin normal olarak gelişebilmesi için mutlak gerekli olan mikro besin elementlerindedir. Tarım

yapılan alanlarda bor noksanlığı veya bor toksisitesi, bitki yetiştiriciliğinde sınırlayıcı önemli bir faktördür. Dünyanın birçok bölgesinde bitki yetiştiriciliğinde önemli bir problem olarak ortaya çıkmaktadır (Cartwright ve ark., 1986).

Önceki yıllarda yürütülen araştırmalar mısırın Konya ili ve benzeri ekolojilerde dekara 1000-1500 kg gibi yüksek bir verim potansiyeli olduğunu göstermiştir. Ancak mikro besin elementi eksikliği yada toksisitesi gibi değişik faktörler bu potansiyelin ortaya konulmasını engellemektedir. Böyle problemlili sahalara uygun hibrit mısır varyetelerinin ve bunların adaptasyon özelliklerinin belirlenmesi ile rantabl bir mısır tarımının yapılması ve yukarıda belirtilen verim potansiyellerinin ortaya çıkması mümkün olacaktır. Böylece bölgede mısır tarımının yaygınlaşmasına ve mısır dış alımının azaltılmasına büyük katkılar sağlanabilecektir.

¹Bu araştırma Dr. Çetin PALTA'nın Doktora Tezinden özetlemiştir.

³Sorumlu Yazar: celtinp@yahoo.com

Warington (1923), borun bitkiler tarafından bünyede bazı şekillerde fikse edildiğini ve fikse edilen borun, bor döngüsü içerisinde yer almadığını ifade etmiştir.

Güneş ve ark. (2000), sera koşullarında yetiştirilen 8 adet mısır varyetesinin bor toksisitesine duyarlılıklarını belirlemek amacıyla yaptıkları bir çalışmada mısır varyetelerinin bor toksisitesine duyarlılıklarının ve uygulanan bora tepkilerinin önemli derecede farklı olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca bor noksanlığı ve toksisitesine tepki veya duyarlılık bakımından buğday, arpa ve diğer bitki varyeteleri arasında önemli farklılıkların olduğu belirtilmektedir (Kalaycı ve ark., 1998; Alkan ve ark., 1995; Rerkasem ve Jamjod, 1997).

Bitkilerde noksanlık ve toksisiteye neden olan bor seviyeleri arasında çok az bir fark vardır (Keren ve Bingham, 1985; Marschner, 1995; Goldberg, 1997; Chapman ve ark., 1997). Bu nedenle bitkilerde, mikro besin elementleri arasında bor noksanlığı ve toksisite belirtileri en yaygın olarak görülenlerin başında gelmektedir. Hatta noksanlık ve toksisite düzeyleri tek bir büyüme döneminde dahi görülebilmektedir (Reisenauer ve ark., 1973). Bununla birlikte yapılan kaynak araştırmasında, ülkemizde ve hatta diğer ülkelerde yetiştirilen hibrit mısır varyetelerinin bor noksanlığı ve toksisitesine performanslarının belirlendiği, çok az sayıda araştırmaya rastlanmıştır.

Dünyanın farklı bölgelerinde bitki yetiştiriciliğinde önemli bir beslenme problemi olarak ortaya çıkan bor toksisitesinin aynı zamanda ülkemizde de yaygın olmasa da lokal olarak bulunduğunu gösteren bir çok araştırma yapılmıştır. Orta Anadolu Bölgesinden alınan toprak ve bitki örneklerinde yapılan analizlerde; Konya-Merkez, Konya-Çomaklı ve Eskişehir-Hamidiye bölgesindeki topraklarda yüksek düzeylerde (toksik) bor konsantrasyonu saptanmıştır (Alkan ve ark., 1995)

Gezgin ve ark (2002), Konya'yı da içine alan Orta Güney Anadolu tarım topraklarının % 26,6'sında bor noksanlığı (< 0.5 mg kg⁻¹), % 18'inde ise bor toksisitesi (> 3.0 mg kg⁻¹) olduğunu belirlemişlerdir. Bu bilgi, mısır yetiştiriciliğinin yaygınlık kazandığı Orta Anadolu Bölgesinde mısırın bor eksikliği ve toksisitesine reaksiyonunun araştırılmasının önemini göstermektedir. Bunun yanında bor noksanlığı koşullarında bor uygulamasına tahıllar içerisinde en fazla olumlu tepkinin mısır tarafından gösterildiği belirtilmektedir (Sakal ve Singh, 1995).

Bitkilerin geliştirmiş oldukları adaptasyon mekanizmalarını dikkate alan bitki ıslah programlarının başarılı sonuçlar alabilmesi için, bor azlığı yada toksisitesine toleranslı çeşitlerin seçilebilmesi gerekmektedir. Özellikle bor toksisitesi nedeniyle tarımda kullanılmayan alanlarda bora dayanıklı yada toleranslı çeşitlerin yetiştirilebilmesi, ülkemiz için az girdili üretim sistemlerinin yerleşmesi yönünden büyük önem taşımak-

tadır. Ayrıca verimlilik sorunu olan topraklar için yüksek verim potansiyeline sahip bitki çeşitlerinin seçilmesi, mekanizasyon, kimyasal gübre ve ilaç kullanımının da azalmasına sebep olabilecektir.

Bu çalışmanın amacı, son yıllarda Konya başta olmak üzere Orta Anadolu Bölgesinde yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan hibrit mısırın topraklarda doğal olarak rastlanabilen yada sulama başta olmak üzere çeşitli yanlış tarımsal uygulamalar sonucu oluşabilecek bor noksanlığı ve toksisitesinin varlığı ile ortaya çıkan verim kayıplarını tespit etmek. Ayrıca bor noksanlığı veya toksisitesine toleranslı yada dayanıklı çeşitleri belirlemektir. Bu çalışma ile Konya başta olmak üzere Türkiye genelinde bor konusunda yapılan çok az sayıdaki çalışmalarda ihtiyaç duyulan bilgi eksikliğinin giderilmesine yardımcı olabilecek ve ayrıca literatürlerdeki boşluğu doldurabileceği beklenilmektedir.

Materyal ve Metot

Bu araştırma Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Bilgisayar Kontrollü Araştırma Serasında yürütülmüştür. Deneme süresince gündüzleri sera içi sıcaklığının 25±3 °C, solar radyasyonun 1700±50 kcal/m²/sn ve nispi nemin % 60±10 olması sağlanmıştır. Deneme toprağı % 0.94 organik madde ve % 3.56 kireç (CaCO₃) içermektedir. Toprağın pH'sı 7.14 olup, EC'si 125.23 µS cm⁻¹'dir. Deneme toprağında Olsen'in NaHCO₃ yöntemine göre elverişli fosfor 14.93 ppm; 1 N CH₃COONH₄ ile ekstrakte edilebilir Ca, Mg, K ve Na miktarları sırasıyla 792.7, 235.4, 73.4, 22.1 ppm; DTPA çözeltisi ile ekstrakte edilebilir Fe, Zn, Cu ve Mn miktarları ise sırasıyla 0.51, 0.0033, 0.001, 0.48 ppm'dir. Toprağın 0.01 M CaCl₂ + 0.01 M mannitol çözeltisi ile ekstrakte edilebilir bor miktarı 0.13 ppm'dir.

Tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak planlanan sera denemesinde saksılara mutlak kuru ağırlıkça 1826 g toprak konulmuştur. Denemede saksılara bor, sırasıyla Bo (Kontrol), B₁ (0.625 mg B kg⁻¹), B₂ (1.25 mg B kg⁻¹), B₃ (2.5 mg B kg⁻¹), B₄ (5 mg B kg⁻¹), B₅ (10 mg B kg⁻¹) ve B₆ (40 mg B kg⁻¹) seviyelerinde H₃BO₃ formunda uygulanmıştır. Ayrıca tüm saksılara temel gübreleme olarak çözelti halinde 200 mg N kg⁻¹ (üre), 101.66 mg P kg⁻¹ (triple süper fosfat), 78.45 mg K kg⁻¹ (K₂SO₄), 5.49 mg Fe kg⁻¹ (FeSO₄7H₂O), 0.8 mg Zn kg⁻¹ (ZnSO₄H₂O), 0.3 mg Cu kg⁻¹ (CuSO₄5H₂O) ve 4.52 mg Mn kg⁻¹ (MnSO₄H₂O) uygulanmıştır.

Denemede kullanılan 13 adet at dişi hibrit mısır çeşidinden her bir saksıya 8 adet tohum ekilmiştir (Tablo 1). Bitkiler çimlendikten sonra her bir saksıda 4 adet bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır. Bitkiler deneme süresince tarla kapasitesine yakın bir nem içeriğinde sulanmış ve 61 günlük gelişme periyodundan sonra toprak yüzeyinden çelik bıçakla kesilerek hasat edilmiştir. Laboratuara getirilen bitki örnekleri

bidistile su ile yıkandıktan sonra 0.2 N HCl çözeltisi ile temizlenerek tekrar bidistile su ile yıkanmıştır. Bitki örnekleri 65 °C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutularak kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Bitki örneklerinin bor kapsamlarını belirlemek amacıyla; örnekler mikrodalga fırında konsantre HNO₃ ile yakılmış ve elde edilen süzüklerdeki bor miktarı ICP-AES (Varian, Vista) ile belirlenmiştir (Nyomora ve ark., 1997).

Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SAS istatistik paket programı kullanılmıştır (SAS, 1999).

Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Melez Mısır Çeşitlerinin Kuru Madde Miktarları

Sera koşullarında artan seviyelerde bor uygulamak suretiyle yetiştirilen mısır çeşitlerinden elde edilen kuru madde miktarları Tablo 2'de verilmiştir. Tablodan anlaşılacağı gibi mısır çeşitlerinin kuru madde miktarları toprağa uygulanan B₀ (Kontrol) seviyesinden B₃ (2.5 mg B kg⁻¹) seviyesine kadar düzensiz ancak sürekli artmasına rağmen B₄ (5 mg B kg⁻¹) seviyesinden itibaren azalmıştır.

Denemede kullanılan 13 adet mısır çeşidinin ortalaması olarak, Bo uygulamasında elde edilen kuru madde miktarına (11.37 g saksı⁻¹) oranla en fazla kuru madde miktarı B₂ uygulamasıyla (13.02 g saksı⁻¹) elde edilmiş olup, bunu sırasıyla B₁ (12.59 g saksı⁻¹) ve B₃ (12.59 g saksı⁻¹) uygulamalarıyla elde edilen kuru madde miktarları takip ederken B₄ (11.29 g saksı⁻¹), B₅ (10.64 g saksı⁻¹) ve B₆ (3.10 g saksı⁻¹) uygulamalarında elde edilen kuru madde miktarlarında ise kontrole göre düşüşler meydana gelmiştir (Tablo 2).

En yüksek kuru madde verimi TTM 815, LG 55 ve BC 566 çeşitlerinde kontrole göre B₁ (0.625 mg B kg⁻¹) seviyesinde elde edilmiştir. Ancak kontrole göre kuru madde verimindeki artış TTM 815 ve BC 566 çeşitlerinde istatistiki bakımdan önemsiz olurken, LG 55 çeşidinde istatistiki bakımdan önemli (P< 0.01) olmuştur. MAT 97, DK 585, DK 647, LG 60 ve T 1595 çeşitlerinde ise kontrole göre en yüksek kuru madde verimi B₂ (1.25 mg B kg⁻¹) seviyesinde elde edilmiştir. Bu çeşitlerde kontrole göre kuru madde verimindeki artış DK 585 ve DK 647 hariç istatistiki yönde önemli (P< 0.01) olmuştur. TTM 8119, RX 770, PIAVE, LUCE, P 3394 çeşitlerinde en yüksek kuru madde verimi ise B₃ (2.5 mg B kg⁻¹) seviyesinde elde edilmiştir. Kontrole göre bu çeşitlerde kuru madde artış istatistiki bakımdan önemli (P<0.01) çıkmıştır.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre başlıca varyasyon kaynakları olan mısır çeşitleri ve bor seviyeleri, bitkinin kuru madde miktarı üzerine istatistiki olarak önemli (P<0.01) düzeyde etkili olmuştur. Ayrıca bor uygulamaları x mısır çeşidi etkileşimini de istatistiki olarak önemlidir (P<0.01). Bu durum artan

miktarlarda uygulanan borun kuru madde miktarı üzerine olan etkisinin çeşitten çeşide farklı olduğuna işaret etmektedir. Bu sonuçlar değişik araştırmacılar tarafından bildirilen sonuçlar ile uyum içindedir (Kalaycı ve ark., 1998; Paul ve ark. 1988; Huang ve Graham 1990; Nable 1991; Alkan ve ark. 1995; Torun ve ark. 1999; Güneş ve ark. 2000; Taban ve Erdal, 2000).

Sera denemesinde B₄ (5 mg B kg⁻¹) düzeyinde bor uygulamasından itibaren mısır çeşitlerinde bor toksisitesi belirtileri görülmeye başlamış ve bu belirtiler uygulanan bor seviyesi ve çeşitlerin bora hassasiyetinin artışıyla yükselmiştir. Özellikle çeşitlerin bor dayanıklılığını test etmek amacıyla B₆ (40 mg B kg⁻¹) düzeyinde bor uygulaması ile bütün çeşitlerde bor toksisite belirtileri ortaya çıkmıştır. Bunu yanında B₆ (40 mg B kg⁻¹) uygulamalarında DK 647 ve TTM 8119 çeşitlerinde çıkıştan hemen sonra ölüm olmasına rağmen BC 566, LUCE, MAT 97, TTM 815, T 1595, LG 60, LG 55, DK 585 ve PIAVE çeşitlerinde aşırı toksisite belirtileri varlığında çok zayıf bir gelişme, P 3394 ve RX 770 çeşitleri ise diğerlerine göre daha iyi bir gelişme olmuştur (Tablo 2).

Bu mısır çeşitlerinin öncelikle B₆ (40 mg B kg⁻¹) seviyesinde bor uygulamasında sağladıkları gelişme ve kuru madde miktarları başta olmak üzere B₅ (10 mg B kg⁻¹), B₄ (5 mg B kg⁻¹) ve diğer bor seviyelerinde sağladıkları gelişme ve kuru madde miktarları göz önünde bulundurularak yapılan değerlendirmede bor uygulamasına yada toksisitesine DK 647 ve TTM 8119 çeşitleri hassas, T 1595, LG 60, LG 55, DK 585 ve PIAVE çeşitleri yarı hassas, BC 566, LUCE, MAT 97, TTM 815 çeşitleri toleranslı ve P 3394 ve RX 770 çeşitleri ise dayanıklı olarak ifade edilebilir. Mısır çeşitlerinin bora tepkileri sera ve tarla koşullarında benzerlik göstermiştir.

Farklı seviyelerde uygulanan borun hibrit mısır çeşitlerinin kuru madde miktarına etkisi çeşitlere uygulanan bor seviyeleri ortalamaları dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Bu işlem yapılırken B₆ seviyesinde TTM 8119 ve DK 647 çeşitlerinin ölmesi bazı çeşitlerin ise ciddi anlamda düşük değerler vermesi nedeniyle B₆ dahil ve B₆ hariç olmak üzere iki ayrı değerlendirme yapılmıştır. B₆ seviyesi hariç değerlendirmesinde, kuru madde miktarına göre en yüksekten düşüğe doğru çeşitler P 3394> TTM 815> T 1595> TTM 8119> RX 770> LG 55> LG 60> BC 566> LUCE> MAT 97> PIAVE> DK 647> DK 585 şeklinde sıralanmıştır. B₆ dahil ortalamasında, kuru madde miktarına göre en yüksekten düşüğe doğru çeşitler P 3394> RX 770> TTM 815> T 1595> LUCE> BC 566> TTM 8119> MAT 97> LG 60> LG 55> PIAVE> DK 647> DK 585 şeklinde sıralanmıştır.

Çeşitlere ait farklı bor seviyelerindeki kuru madde miktarları arasındaki regresyon grafiği Şekil 1.'de verilmiştir. Regresyon analiz sonucuna göre artan

seviyelerde bor uygulaması ile bitkinin kuru madde miktarı arasında $Y = 10,886 + 2,5514X - 0,6064X^2$, $R^2 = 0,90^{**}$ (Y = kuru madde miktarı, X = uygulanan bor seviyeleri) eşitliği ile ifade edilebilen bir ilişki tespit edilmiştir. Buna göre uygulanan bor seviyesi belli bir düzeye kadar arttıkça bitki kuru madde miktarı artarken, bu seviyeden sonra bor düzeyinin artmasıyla azaldığı açıkça görülmektedir. Ayrıca bu eşitliğin belirleme katsayısının istatistiki olarak önemli ($P < 0.01$), (R^2) 0.90 gibi yüksek bir değer olması, bağımsız değişkenin bağımlı değişken olan gövde kuru ağırlığını tanımlamada başarısını göstermektedir.

Benzer bulgular birçok araştırmacı tarafından da tespit edilmiştir (Paul ve ark., 1988; Huang ve Graham, 1990; Nable, 1991; Alkan ve ark., 1995; Kalaycı ve ark., 1998; Torun ve ark., 1999; Güneş ve ark., 2000; Grieve ve Poss, 2000; Taban ve Erdal, 2000; Alpaslan ve Güneş, 2001; Ben-Gal ve Shani, 2003; İsmail, 2003).

Melez Mısır Çeşitlerinin Bor Konsantrasyonu ve Bor Alımı

Çeşitlerin bünyelerine aldıkları bor miktarındaki değişimler Tablo 3'de verilmiştir. Farklı bor seviyelerinde çeşitlerin tepkileri incelendiğinde, tüm çeşitlerin bünyelerine aldıkları bor miktarlarında genel olarak 10 mg B kg⁻¹(B₅) bor seviyesine kadar düzensiz ancak sürekli bir artışın olduğu görülmektedir. Bitki bünyesindeki bor miktarı yönüyle, en yüksek artış 2805.6 µg saksı⁻¹ ile TTM 815 çeşidinde görülürken, bunu 2628.6 µg saksı⁻¹ ile LG 60 çeşidi izlemiştir. 0.0 mg kg⁻¹(B₀) kontrol seviyesinde en yüksek bor alımı 227.9 µg saksı⁻¹ ile MAT 97 çeşidinde olurken, bunu 200.8 µg saksı⁻¹ ile TTM 8119 çeşidi izlemiştir. En düşük bor alımı ise 90.2 µg saksı⁻¹ ile LG 60 çeşidinde gözlenmiştir. TTM 815 çeşidi 10 ppm bor seviyesinde 2937.1 µg saksı⁻¹ ile en yüksek bor alımına sahip olurken, bunu 2670.7 µg saksı⁻¹ ile MAT 97 çeşidi izlemiştir. En düşük bor alımı ise 1263.3 µg saksı⁻¹ ile DK 647 çeşidinde olmuştur. TTM 8119 ve DK 647 çeşitlerinin 40 mg kg⁻¹ (B₆) bor seviyesinde ise bor alımı durmuştur. Bunun nedeni bor toksisitesi nedeniyle bitkilerin bunu tolere edemeyerek ölmeleridir. Buna karşın MAT 97, RX 770, LUCE, TTM 815, BC 566 ve P 3394 çeşitleri bor alımını hızlı bir şekilde artırmışlardır. Bu çeşitlerde, bitkiler ortamdaki bor seviyesinin artmasına karşın kendisini korumak için bünyelerindeki bor miktarını zarar görmeden artırabilmektedirler. Bu bitkiler için oldukça iyi bir özellik olarak değerlendirilmelidir. Buna karşın PIAVE, DK 585, LG 55, LG 60 ve T 1595 çeşitleri ise bor alımını azaltmışlardır. Bu bitkilerin bor seviyesinin biraz daha artırılması durumunda artık kendilerini koruyamayacaklarını ifade etmektedir.

Farklı bor seviyelerinde yetiştirilen mısır çeşitlerinin bor seviyeleri ortalamasına göre bünyelerine aldıkları bor miktarındaki değişim Şekil 2'de verilmiştir. Şekil

de görüldüğü gibi 0.0 mg kg⁻¹ (B₀), 0.625 mg kg⁻¹ (B₁) ve 1.25 mg kg⁻¹ (B₂), seviyelerinde melez mısır çeşitlerinin bor alımlarındaki değişimlerde belirgin bir fark gözükmezken, diğer bor uygulama seviyelerinde bitkilerin bünyesine aldığı bor miktarındaki değişimler daha belirgin olmuştur. Bu değişimler bor uygulama seviyeleri arttıkça belirgin bir artış şeklinde olmuş ve en yüksek bor alımı 40 mg kg⁻¹ (B₆) seviyesinde olmuştur.

Çeşitlerin farklı bor seviyelerinde bünyelerine almış oldukları bor miktarlarının belirlenmesinde çeşitlere uygulanan bor seviyesi ortalamaları dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Bu işlem yapılırken B₆ seviyesinde TTM 8119 ve DK 647 çeşitlerinin ölmesi bazı çeşitlerin ise ciddi anlamda düşük değerler vermesi nedeniyle B₆ dahil ve B₆ hariç olmak üzere iki ayrı değerlendirme yapılmıştır. B₆ seviyesi hariç değerlendirmesinde, bünyelerine almış oldukları bor miktarlarına göre en yüksekten düşüğe doğru çeşitler MAT 97> TTM 815> TTM 8119> LG 60> PIAVE> T 1595> RX 770> LG 55> LUCE> P 3394> BC 566> DK 585> DK 647 şeklinde sıralanmıştır. B₆ dahil ortalamasında, bünyelerine almış oldukları bor miktarlarına göre en yüksekten düşüğe doğru çeşitler RX 770> MAT 97> P 3394> TTM 815> BC 566> LUCE> LG 60> T 1595> LG 55> TTM 8119> PIAVE> DK 585> DK 647 şeklinde sıralanmıştır.

Farklı bor seviyelerinde yetiştirilen mısır çeşitlerinin bor seviyeleri ortalamasına göre bor konsantrasyonları değişimi Tablo 4 ve Şekil 2'de verilmiştir. Tablo 4'den görülebileceği gibi B₀, B₁ ve B₂ dozlarında mısır çeşitlerinin bor konsantrasyonları miktarlarındaki değişimlerde belirgin bir fark görülmezken, diğer bor seviyelerinde mısır çeşitlerinin bor konsantrasyonlarındaki ve topraktan kaldırdıkları bor miktarlarındaki değişimler daha belirgin olmuş ve en yüksek bor konsantrasyonu B₆ (40 mg Bkg⁻¹) dozunda olmuştur.

Varyans analiz sonuçlarına göre başlıca varyasyon kaynakları olan mısır çeşitleri ve bor seviyelerinin, bor konsantrasyonu ve topraktan kaldırılan bor miktarı üzerine olan etkileri istatistiki bakımdan önemli ($P < 0.01$) bulunmuştur. Ayrıca mısır çeşitleri x bor seviyeleri interaksyonu da istatistiki bakımdan önemlidir ($P < 0.01$). Bu durum artan miktarlarda uygulanan borun, bitkinin bor konsantrasyonu ve topraktan kaldırdığı bor miktarı üzerine olan etkisinin mısır çeşitlerine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Yapılan benzer çalışmalarda da elde ettiğimiz sonuçları destekler şekilde, artan seviyelerde uygulanan borun etkisiyle bitkilerin bor konsantrasyonu ve topraktan kaldırdıkları bor miktarının arttığı belirtilmiştir (Güneş ve ark., 2000; Taban ve Erdal, 2000; Torun ve ark., 1999; Alkan ve ark., 1995).

Bor toksisitesine dayanıklı olan çeşitlerin yeşil aksamalarında hassas olan çeşitlere göre daha az bor konsantrasyonuna sahip olduğu (Nable, 1988; Paul ve ark.,

1988; Kalaycı ve ark., 1998; Güneş ve ark., 2000) ve bor toksisitesine dayanıklı olan çeşitlerin hassas olan çeşitlere göre bitki başına daha fazla bor biriktirdiğinin belirlenmesi (Paul ve ark., 1988; Nable ve ark., 1990; Güneş ve ark., 2000) bu çalışmada da ortaya çıkmıştır.

Mısır ıslah çalışmalarıyla her yıl çok sayıda yerli ve yabancı çeşit geliştirilip piyasaya sürülmektedir. Tane verimini maksimum seviyelerde tutabilmek için yeni melez mısır çeşitlerinin performanslarının tespit edilerek üstün olanlarının bölgede yetiştirilen eski çeşitlerin yerlerini almaları yerinde olacaktır.

Tablo 1. Araştırmada Kullanılan Hibrit Mısır Çeşitlerinin Bazı Özellikleri

Çeşitler	Firmalar	Olum Grubu	Açıklamalar	
TTM 8119	Sakarya TAE	600	Orta geççi 125 gün	Türk orj., tek melez
MAT 97	Antalya TAE	500	Erkenci 110 gün	Türk orj., tek melez
RX 770	May-Agro	550	Orta geççi 115-120 gün	Tek melez
PIAVE	May-Agro	600	Orta geççi 115-120 gün	Tek melez
DK 585	Monsanto	500	Erkenci 105 gün	Tek melez
DK 647	Monsanto	500	Erkenci 110 gün	Tek melez
LUCE	Pan Tohum	600	Orta geççi 115 gün	Tek melez
TTM 815	Sakarya TAE	600	Orta geççi 120-130 gün	Türk orj., tek melez
LG 55	Sapeksa	600	Orta geççi 115-120 gün	Fransız orijinli
LG 60	Sapeksa	600	Orta geççi 115-120 gün	Fransız orijinli
T 1595	Sapeksa	600	Orta geççi 120-125 gün	Amerikan orj., tek melez
BC 566	Tivak	600	Orta geççi 115-120 gün	Tek melez
P 3394	Pioneer	600	Orta geççi 115 gün	Amerikan orj., tek melez

Tablo 2. Farklı Bor Seviyelerinde Mısır Çeşitlerinde Belirlenen Kuru Madde Miktarları (g/saksı).

Çeşitler	B ₀	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	Ortalama	
	0.0	0.625	1.25	2.5	5.0	10.0	40.0	B ₆ Hariç	B ₆ Dahil
TTM 8119	14.39±1.01	15.30±1.70	16.68±1.57	19.09±2.37	12.02±1.47	10.64±1.85	0.00±0.00	14.69	12.29
MAT 97	13.52±1.34	14.74±1.27	16.03±2.00	14.27±2.05	12.02±2.75	11.87±2.46	4.75±1.00	13.74	12.28
RX 770	11.67±0.47	13.61±0.57	15.62±0.86	17.83±0.95	14.63±1.20	14.32±1.93	10.40±0.99	14.61	14.40
PIAVE	11.40±0.85	13.27±2.07	14.73±1.07	15.47±1.82	12.80±1.78	11.49±1.81	1.05±0.32	13.19	11.47
DK 585	10.17±0.95	11.36±0.76	11.72±1.02	8.66±0.42	8.42±1.79	8.28±0.91	1.10±1.00	9.77	8.26
DK 647	12.89±0.67	13.99±0.47	14.17±1.18	9.16±0.61	8.80±1.41	8.03±2.45	0.00±0.00	11.17	9.03
LUCE	12.47±1.17	13.47±0.56	14.39±1.79	14.86±3.03	14.26±2.08	13.84±2.00	4.79±0.35	13.88	12.60
TTM 815	15.11±0.69	15.61±0.68	14.81±2.21	14.81±0.84	14.79±1.98	15.16±1.69	3.16±0.02	15.05	13.06
LG 55	14.44±1.31	16.62±0.62	14.49±1.38	14.09±2.15	13.54±4.58	12.88±1.06	1.46±0.72	14.34	12.18
LG 60	12.90±0.29	14.64±1.04	15.61±1.65	14.73±2.05	14.44±0.62	11.97±3.58	2.09±0.96	14.05	12.25
T 1595	13.86±0.67	15.48±1.37	16.17±0.45	15.09±2.62	14.75±3.56	14.40±1.57	2.15±0.25	14.96	13.01
BC 566	13.62±1.12	15.18±1.38	14.74±1.17	14.17±3.62	13.63±2.43	12.27±0.84	4.92±0.16	13.94	12.49
P 3394	14.14±0.37	15.65±0.47	16.14±1.69	16.60±2.97	15.32±1.64	14.48±2.05	10.58±1.80	15.39	14.80
Ortalama	11.37	12.59	13.02	12.59	11.29	10.64	3.10	11.92	10.54

Orta Anadolu Bölgesinde yaygın olarak yetiştirilen hibrit mısır çeşitlerini bora tepkilerinin belirlenmesi amacıyla sera koşullarında yürütülen bu çalışmada; bora gösterdikleri tepki bakımından mısır çeşitleri arasında önemli farklılıkların olduğu gözlenmiştir. Mısır çeşitlerinin bor tepkileri sera ve tarla koşullarında benzer olmuştur. Yapılan çalışmalar sonunda bor uygulamasına yada toksisitesine tepkileri bakımından DK 647 ve TTM 8119 çeşitleri hassas, T 1595, LG 60,

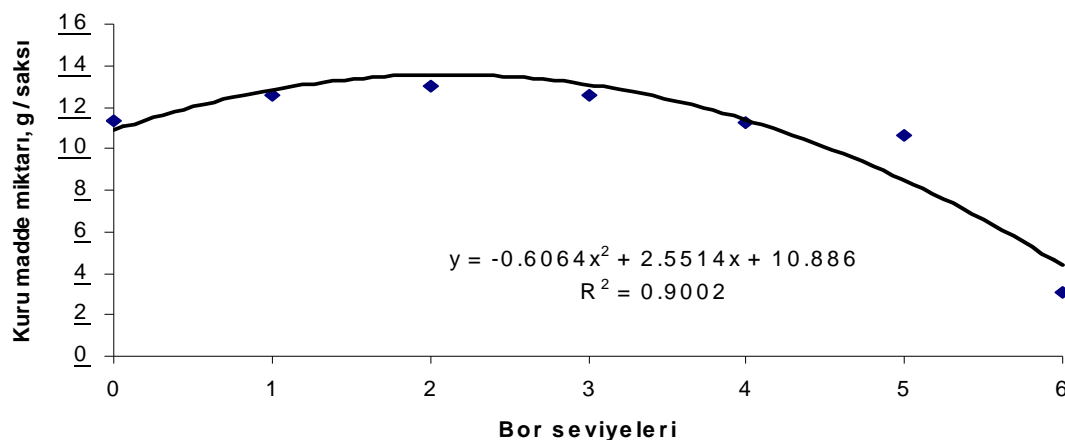
LG 55, DK 585 ve PIAVE çeşitleri yarı hassas, BC 566, LUCE, MAT 97, TTM 815 çeşitleri toleranslı ve P 3394 ve RX 770 çeşitleri ise dayanıklı olarak ifade edilebilir. Diğer bir deyimle bor noksanlığına tepkileri bakımından DK 647 ve TTM 8119 çeşitleri dayanıklı, T 1595, LG 60, LG 55, DK 585 ve PIAVE çeşitleri yarı dayanıklı (toleranslı), BC 566, LUCE, MAT 97, TTM 815 çeşitleri yarı hassas ve P 3394 ve RX 770 çeşitleri ise hassas olarak belirtilebilir.

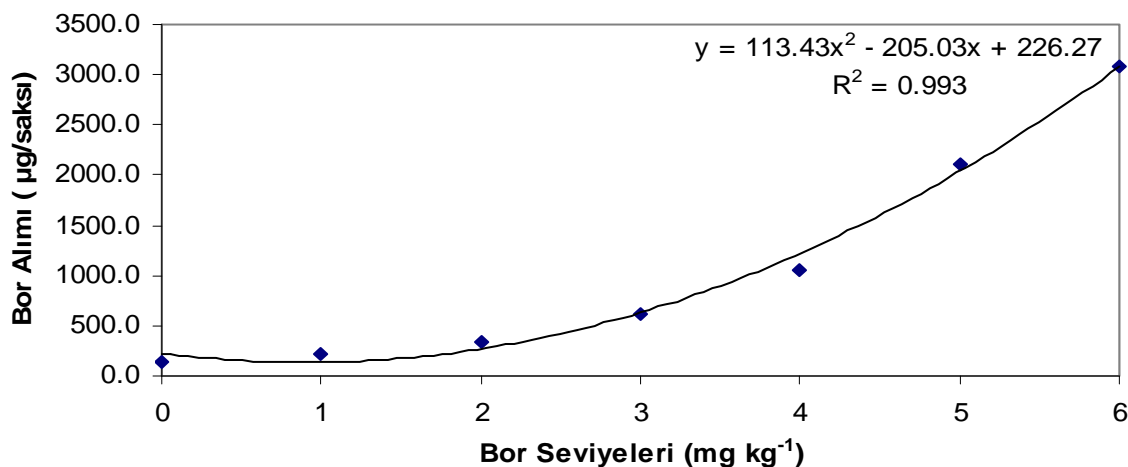
Tablo 3. Çeşitlerin Farklı Bor Seviyelerinde Bünyelerine Aldıkları Bor Miktarları ($\mu\text{g}/\text{saksı}$)

Çeşitler	B ₀	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	Ortalama	
	0	0.625	1.25	2.5	5	10	40	B ₆ Hariç	B ₆ Dahil
TTM 8119	200.8±14.9	250.7±28.3	380.7±35.0	1049±130.8	986.0±120.7	2437.5±423.7	0.0±0.0	884.1	757.8
MAT 97	227.9±22.0	295.6±26.7	485.1±42.4	777.7±87.6	1874.5±329	2670.7±438.1	6486±528.1	1055.3	1831.1
RX 770	144.6±5.82	258.4±30.1	307.3±33.0	650.6±75.4	1092.7±87.3	2093.2±318.6	8271.2±716.6	757.8	1831.1
PIAVE	143.8±5.63	229.6±34.5	286.0±20.7	534.6±64.7	997.0±93.2	2500.3±352.7	582.0±172.5	781.9	753.3
DK 585	129.4±12.0	201.6±14.2	266.5±18.6	381.4±48.7	898.7±98.6	1346.6±202.4	927.4±90.1	537.4	593.1
DK 647	139.2±14.0	187.8±18.7	293.1±27.6	420.5±51.0	664.3±71.1	1263.3±198.6	0.0±0.0	494.7	424.0
LUCE	146.9±15.1	221.0±22.0	299.3±37.1	524.0±88.2	996.2±101.4	1910.3±286.3	3800.4±928.5	683.0	1128.3
TTM 815	131.4±12.1	244.2±23.7	388.7±22.4	764.9±106.4	1091.2±128.2	2937.1±431.1	3488.9±128.6	926.3	1292.3
LG 55	167.4±15.2	243.8±23.0	421.6±30.1	611.9±99.3	1196.4±116.7	1680.4±138.2	1218.5±316.4	720.3	791.4
LG 60	90.2±2.02	180.2±13.4	338.4±41.7	645.9±87.6	1167.0±122.0	2718.8±316.5	1742.7±168.1	856.8	983.3
T 1595	104.3±5.3	234.9±21.9	296.9±46.3	542.3±77.4	1088.3±108.1	2323.7±298.6	2194.2±416.2	765.1	969.2
BC 566	128.7±5.9	193.2±17.03	335.0±33.0	610.4±105.7	863.2±72.6	1646.9±168.0	4434.4±875.0	629.6	1173.1
P 3394	176.7±4.6	227.9±20.7	353.8±37.1	505.5±91.5	865.8±115.3	1926.6±264.6	7051.2±1208.7	676.1	1586.8
Ortalama	148.6	228.4	342.5	616.8	1060.1	2112	3092.1	751.4	1085.8

Tablo 4. Farklı Seviyelerde Uygulanan Borun Mısır Çeşitlerinin Bor Konsantrasyonuna Etkisi (mg B kg^{-1}).

Çeşitler	B ₀	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	Ortalama
	0	0.625	1.25	2.5	5	10	40	
TTM 8119	14.0	16.4	22.8	55.0	82.0	229.0	0.0	59.9
MAT 97	16.9	20.0	30.3	54.5	155.9	225.0	1364.5	266.7
RX 770	12.4	19.0	19.7	36.5	74.7	146.2	795.1	157.7
PIAVE	12.6	17.3	19.4	34.6	77.9	217.6	559.4	134.1
DK 585	12.7	17.7	22.7	44.1	106.8	162.7	843.1	172.8
DK 647	10.8	13.4	20.7	45.9	75.5	157.3	0.0	46.2
LUCE	11.8	16.4	20.8	35.3	69.9	138.0	792.9	155.0
TTM 815	8.7	15.6	26.2	51.7	73.8	193.7	1104.1	210.6
LG 55	11.6	14.7	29.1	43.4	88.4	130.5	839.6	165.3
LG 60	7.0	12.3	21.7	43.8	80.8	227.1	843.7	176.6
T1595	7.5	15.2	18.4	35.9	73.8	161.4	1019.1	190.2
BC 566	9.4	12.7	22.7	43.1	63.3	134.2	900.7	169.5
P3394	12.5	14.6	21.9	30.5	56.5	133.0	666.5	133.6
Ortalama	11.2	15.7	22.4	42.1	82.3	169.6	764.2	

Şekil 1. Çeşitlerin Farklı Bor Seviyelerinde Ortalama Fırın Kuru Gövde Ağırlıkları ($\text{g}/\text{saksı}$)



Şekil 2. Çeşitlerin Farklı Bor Seviyelerinde Bünyelerine Aldıkları Bor Miktarı (µg/ saksı)

Kaynaklar

- Alkan, A., Kalaycı, M., Yılmaz, A., Ekiz, H., Torun, B., Eker, S., Çakmak, İ. 1995. Değişik Arpa Genotiplerinde Bor Toksisitesinin Araştırılması. Arpa Malt Sempozyumu (III) 5-7 Eylül 1995, Konya.
- Alpaslan, M. ve Güneş, A., 2001. Interactive Effects of Boron and Salinity Stres on the Growth, Membrane Permeability and Mineral Composition of Tomato and Cucumber Plants. *Plant and Soil*, 236: 123-128.
- Ben-Gal, A. and Shani, U., 2003. Yield, Transpiration and Growth of Tomatoes under Combined Excess Boron and Salinity Stres. *Plant and Soil*: 211-221.
- Cartwright, B.; Zarcinas, B.A.; Spouncer, L.A. 1986. Boron Toxicity in South Australian Barley Crops. *Aust. j. Agric. Res.* 37: 351-359.
- Chapman, H.D., Edwards, D.G., Blamey, F.P.C., Asher, C.J. 1997. Challenging The Dogma of a Narrow Supply Range Between Deficiency and Toxicity of Boron. In Boron in Soils and Plants. Proceedings Eds.R.W. Bell and B. Rerkasem, Pp. 151-155. Kluwer Academic Publ., Dordrecht,
- Gençtan, T., Emekliler Y., Çölkesen M., Başer, İ. 1995. Sıcak İklim Tahılları Tüketim Projeksiyonları ve Üretim Hedefleri. Türkiye Ziraat Mühendisliği IV. Teknik Kongresi, Ankara.
- Gezgin, S., Dursun, N., Hamurcu, M., Harmankaya, M., Önder, M., Sade, B., Topal, A., Soylu, S., Akgün, N., Yorgancılar, M., Ceyhan, E., Çiftçi, N., Acar, B., Gültekin, İ., Işık, Y., Şeker, C., Babaoğlu, 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. Goldberg et. al. (Eds.). Kluwer Academic/Plenum Publ., New York, pp. 391-400.
- Goldberg, S. 1997. Reactions of Boron with Soils. In Plant and Soil. Proceedings eds.R.W.Bell and B.Rerkasem, pp.193:35-48. Kluwer Academic Publ., Dordrecht, The Netherlands.
- Grieve, C.M. and Poss J.A., 2000. Wheat Response to Interactive Effects of Boron and Salinity. *Journal of Plant Nutrition*, 23(9): 1217-1226.
- Güneş, A.; Alpaslan, M.; Özcan, H.; Çıkılı, Y. 2000. Türkiye’de Yaygın Olarak Yetiştirilen Mısır (*Zea mays* L.) Çeşitlerinin Bor Toksisitesine Duyarlılıkları. *Türk J. Agric. For.*, 24: 277-282.
- Huang, C. and Graham, R.D. 1990. Resistance of Wheat Genotypes to Boron Toxicity is Expressed at The Cellular Level. *Plant and Soil*, 126: 295-300.
- Ismail, A. M., 2003. Response of Maize and Sorghum to Excess Boron and Salinity. *Biologia Plantarum*, 47 (2): 313-316.
- Kalaycı, M., Alkan, A., Çakmak, İ., Bayramoğlu, O., Yılmaz, A., Aydın, M., Özbek, V., Ekiz, H., Özberisoy, F. 1998. Studies on Differential Response of Wheat Cultivars to Boron Toxicity. *Euphtica*, 100:123-129.
- Karen, R. and Bingham, F.T. 1985. Boron in Water, Soils and Plants. *Adv. Soil Sci.* 1: 230-276.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants, 2nd Ed. Academic Pres, New York. Pp.379-396.

- Nable, R. O. 1988. Resistance to Boron Toxicity Among Several Barley and Wheat Cultivars. *Plant and Soil* 112: 45-57.
- Nable, R.O., Cartwright, B., Lancer, R.C.M., 1990. Genotype Differences in Boron Accumulation in Barley. *Genetic Aspects of Plant Min.Nutr.*,243-251.
- Nable, R.O. 1991. Distribution of Boron Within Barley Genotypes with Differing Susceptibilities to Boron Toxicity. *J. Plant Nutrition*, 14: 453-461.
- Nyomora, A.M.S., Sah, R.N., Brown, P.H. 1997. Boron Determination in Biological Materials by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission and Mass Spectrometry: Effects of Sample Dissolution Methods. *Fresenius J. Anal. Chem.* 357; 1185-1191.
- Paul, J.G., Rathjen, A. J., Cartwright, B., 1988. Genetic Control of Tolerance to High Concentrations of Soil Boron in Wheat. p.p. 871-877. In T.E. Miller and R.M.D. Koebner (Eds) Proc.7th Int. Wheat Genetics Symposium Cambridge.
- Reisenauer, H.M.; Walsh, L.M.; Hoefl, R.G. 1973. Testing Soils for Sulphur, Boron, Molybdenum and Chlorine. In Soil Testing and Plant Analysis. Eds.L.M.walsh and J.D.Beaton Rev.Ed.Pp 173-200. Soil Sci. Soc.Am.Inc., Madison, Wisconsin, USA
- Rerkasem, B., Jamjod, S. 1997. Genotypic Variation in Plant Response to Low Boron and Implications for Plant Breeding. *Plant and Soil* 193: 169-180.
- Sakal, R., Singh, A.P. 1995. Boron Research and Agricultural Production. In Micronutrient Research and Agricultural Production. Ed. H.L.S. Tandon. Pp 1-31. Fertilizer Development and Consultation Org., New Delhi, Indian.
- SAS/STAT Software: Version: 9.00 SAS Institute. – Cary, USA, 1999
- Taban S., Erdal İ. 2000. Bor Uygulamasının Değişik Buğday Çeşitlerinde Gelişme ve Topraküstü Akşamında Bor Dağılımı Üzerine Etkisi. *T. J. Agric. For.*, 24, 255-262.
- Torun, A., Yılmaz, A., Kalaycı, M., Gültekin, İ., Torun, B., Eker, S., ve Çakmak, İ., 1999. Konya Koşullarında Yetiştirilen Farklı Buğday Çeşitlerinin Bor Toksisitesine Duyarlılığının Sera ve Tarla Koşullarında Araştırılması. *Hububat Sempozyumu*. 317-327. Konya.
- Warrington, K. 1923. The Effect of Boric Acid and Borax on The Broad Bean and Certain Other Plants. *Ann. Bot.*, 37: 629-672.