

T.C
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BUĞDAY (KIZILTAN-91) VE ARPA (TOKAK-157/37) *IN VITRO*
FİDELERİNDE BOR ALIMININ ICP-AES İLE TESPİTİ


Emine ATALAY


YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARLA BİTKİLERİ ANA BİLİM DALI

734272

Bu tez 28. 01. 2003 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy çokluğu / oy birliği ile kabul edilmiştir.


Doç. Dr. Mehmet BABAĞLU
Danışman


Prof. Dr. Sait GEZGİN
Üye


Prof. Dr. Bayram SADE
Üye

734272

**BUĞDAY (KIZILTAN-91) VE ARPA (TOKAK-157/37) *IN VITRO*
FİDELERİNDE BOR ALİMINİN ICP-AES (INDUCTİVELY COUPLED
PLASMA-ATOMİC EMISSION SPECTROMETRY) İLE TESPİTİ KONULU
BU TEZ ÇALIŞMASI DPT TARAFINDAN DESTEKLENEN 1999 K 120560
NOLU PROJE TARAFINDAN DESTEKLENMİŞTİR.**

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana yol gösteren, bilimsel çalışma azmini ve becerisini kazandıran, tez çalışmam sırasında da ilmi bilgi ve tecrübelerini esirgemeyerek her konuda bana destek olan danışman hocam Doç. Dr. Mehmet BABAOĞLU'na ve Prof. Dr. Sait GEZGİN'e teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim. Göstermiş oldukları ilgi ve yardımı her zaman saygıyla hatırlayacağım. Onlarla çalışma imkanı bulduğum için kendimi şanslı görüyorum.

Laboratuvar çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Mustafa YORGANCILAR'a, tohum temininde yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. Süleyman SOYLU ve Zir. Yük. Müh. Yüksel KAYA'ya teşekkür ederim.

Konya, 2003

Emine ATALAY

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BUĞDAY(KIZILTAN-91) VE ARPA (TOKAK-157/37) IN VITRO
FİDELERİNDE BOR ALIMININ ICP-AES İLE TESPİTİ

Emine ATALAY
Selçuk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Mehmet BABAOĞLU
KONYA-2003, Sayfa: 70

Jüri : Doç. Dr. Mehmet BABAOĞLU
: Prof. Dr. Sait GEZGİN
: Prof. Dr. Bayram SADE

Buğday (*Triticum durum* cv. Kızıltan-91) ve arpa (*Hordeum vulgare* cv. Tokak-157/37) *in vitro* fidelerinde bor alımı ve çeşitli organlarda bor birikiminin dağılımı ICP-AES (Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry-Varian Vista Model Axiel) kullanılarak araştırılmıştır. Ayrıca farklı bor konsantrasyonlarının tohumların çimlenme yüzdeleri üzerine etkisi değerlendirilmiştir.

Tohumlar; 200 ml'lik cam kavanozlarda, %0.7 agar, %3 sakkaroz ve sırasıyla; 0.0, 6.2, 18.6, 55.8, 111.6 mg/l H₃BO₃ (0.00, 1.05, 3.25, 9.76, 19.5 mg B/l) içeren 50 ml MS besin ortamında, her kavanozda 5 adet tohum olacak şekilde kültüre alınmıştır. Bor alımı ve birikiminin tespiti için, 20 günlük fidelerin kurutulmuş kök ve gövde kısımları (0.1-1 g) ve fidelerin yetiştiği besin 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'in köklerindeki en düşük bor birikimi (2.2 µg B/l) bor konsantrasyonunun 0 mg/l H₃BO₃ olduğu ortamda kültüre alınanlarda bulunurken, en yüksek bor birikimi (15.1 µg B/l) en yüksek ortam bor konsantrasyonunda (111.6 mg/l H₃BO₃) tespit edilmiştir. Benzer şekilde Kızıltan-91'in gövdesi tarafından en yüksek seviyede bor alımı (67.6 µg B/l) bor konsantrasyonunun en yüksek olduğu ortamda (111.6 mg/l H₃BO₃) olmuştur. Tokak-157/37 fidelerinde kök ve gövdelerindeki bor birikimi de Kızıltan-91'e benzemektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Bor alımı, MS besin ortamı, arpa, buğday, kök, gövde, ICP-AES

ABSTRACT
MASTER THESIS
**BORON UPTAKE OF *IN VITRO* SEEDLINGS OF WHEAT (*Triticum durum*
cv KIZILTAN-91) AND BARLEY (*Hordeum vulgare* cv TOKAK-157/37) AS
DETERMINATED BY AN INDUCTIVELY COUPLED PLASMA ATOMIC
EMISSION SPECTROMETRY**

Emine ATALAY
Selçuk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Field Crops
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mehmet BABAOĞLU
KONYA-2002, Pages: 70

Jury: Assoc. Prof. Dr. Mehmet BABAOĞLU
: Prof. Dr. Sait GEZGİN
: Prof. Dr. Bayram SADE

B absorptions of *in vitro* seedlings of wheat (*Triticum durum* cv. Kızıltan-91) and barley (*Hordeum vulgare* cv. Tokak-157/37) and distribution of B accumulation in various organs were investigated using and Inductively Coupled Plasma Spectrometer (ICP-AES, Varian Vista Model Axiel). Besides, the effect of varying B concentrations on germination rates of the seeds were evaluated.

In vitro seedlings of wheat and barley were grown containing 50 ml of MS-agar medium (0.7%, w/v) with 3% (w/v) sucrose and 0.00, 1.05, 3.25, 9.76 and 19.5 mg/L boron corresponding to 0.0, 6.2, 18.6, 111.6 mg/l boric acid (H_3BO_3) respectively. Seed germination rates as per boron concentration were recorded. Seedlings of which roots and shoots was removed used as samples for the analysis of boron uptake. Dried plant samples (0.1-1 g) and plant culture media (5.0-6.0 g) were transferred into plastic bottles containing 10 ml of 65 % (v/v) nitric acid (HNO_3) solution. Samples were ashed at 200°C for 40 min in microwave (CEM-Mars x 5). A ICP-AES (Varian Vista Model Axiel) device was used for analyses followed by sample preparation in microwave.

Increasing B concentrations did not provoke any clear effect on plant development of any species tested. The lowest concentration of B (2.2 µg B/l) accumulated was found in roots of Kızıltan-91 seedling cultured in medium containing 0 mg/l H_3BO_3 whereas the highest B accumulation (15.1 µg B/l) was detected again in roots of Kızıltan-91 in medium containing the highest concentration of B (111.6 mg/l H_3BO_3). Similarly, the highest level of B absorption (67.6 µg B/l) by the shoots of Kızıltan-91 took place in media containing the highest level of Boric acid (111.6 mg/l H_3BO_3) with lowest B concentration was found in shoots at lowest medium B concentration, showing that there was a linear relation with respect of B content of the culture medium and B accumulation in the organs of Kızıltan-91. The B absorption of Tokak-157/37 seedlings in roots and shoots have been similar to those of Kızıltan-91.

KEY WORDS: Boron uptake, MS medium, barley, wheat, root, shoot, ICP-AES

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TEŞEKKÜR	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER	iv
TABLolar LİSTESİ	vi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Toprakta Bor	4
2.2. Bitkide Bor	4
2.3. Bitkilerce Bor Alınımını Etkileyen Faktörler	6
2.3.1. Toprak tekstürü ve kil mineralleri	7
2.3.2. Toprak pH'sı	7
2.3.3. Toprak nemi ve sıcaklığı	8
2.3.4. Organik madde içeriği	8
2.3.5. Bor ile diğer besin elementleri arasındaki interaksiyon	9
2.4. Borun Bitki Metabolizmasındaki Fonksiyonları	9
2.4.1. Organik yapılarda bor bileşikleri	9
2.4.2. Hücre uzaması, hücre bölünmesi ve nükleik asit meta- bolizması	10
2.4.3. Karbonhidrat ve protein metabolizması	11
2.4.4. Doku farklılaşması, oksin ve fenol metabolizması	11
2.4.5. Hücre zarı geçirgenliği	12
2.4.6. Polen çimlenmesi ve polen tüpü uzaması	12
2.5. Bor Toksitesi	13
2.5.1. Bor toksitesinin belirtileri	13
2.5.2. Bor toksitesine neden olan faktörler	14
2.5.3. Bor toksitesinin giderilmesi	15
2.6. Bor Noksanlığı	16

2.6.1. Bor noksanlığının belirtileri.....	16
2.6.2. Bor noksanlığına neden olan faktörler	17
2.6.3. Bor noksanlığının giderilmesi.....	18
2.7. Literatür Araştırma Özetleri	20
3. MATERYAL VE METOT	32
3.1. Materyal.....	32
3.2. Metot	33
3.2.1. Alet ve ekipmanların sterilizasyonu	33
3.2.2. Tohumların sterilizasyonu	34
3.2.3. Besin ortamlarının hazırlanması.....	35
3.2.3.1. Stok solüsyonlarının hazırlanması	35
3.2.3.2. Besin ortamının hazırlanması.....	37
3.2.4. <i>In vitro</i> çimlendirme (Kültüre alma)	38
3.2.5. ICP-AES Analizi	38
3.2.5.1. Bitki örneği hazırlama	39
3.2.5.2. Besin ortamının analize hazırlanması.....	39
3.2.5.3. Materyallerin mikrodalgada yakılması	40
3.2.5.4. ICP-AES ile örneklerin okunması.....	40
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	42
4.1. Sterilizasyon.....	42
4.2. <i>In Vitro</i> Çimlendirme.....	43
4.3. Bor Birikimi.....	51
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	56
6. KAYNAKLAR	61
EKLER.....	69

TABLolar LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1. Toprak bor konsantrasyonlarına göre bitkilerin tolerans sınırları ve doku bor içerikleri.....	18
Tablo 4.1. Sterilizasyon denemelerinde kullanılan sodyum hipoklorit konsantrasyonları ve kontaminasyon oranları.....	42
Tablo 4.2. Farklı H ₃ BO ₃ içeren MS ortamında yetiştirilen Kızıltan-91 çeşidinde ortalama çimlenme yüzdeleri	44
Tablo 4.3. Farklı H ₃ BO ₃ içeren MS ortamında yetiştirilen Kızıltan-91 çeşidinde ortalama çimlenme yüzdelerine ait varyans analiz sonuçları	44
Tablo 4.4. Farklı H ₃ BO ₃ içeren MS ortamında yetiştirilen Tokak-157/37 çeşidinde ortalama çimlenme yüzdeleri	45
Tablo 4.5. Farklı H ₃ BO ₃ içeren MS ortamında yetiştirilen Tokak-157/37 çeşidinde ortalama çimlenme yüzdelerine ait varyans analiz sonuçları	46
Tablo 4.6. Farklı H ₃ BO ₃ içeren MS ortamlarında yetiştirilen 20 günlük Kızıltan-91 fidelerinde ölçülen ortalama uzunluklar	47
Tablo 4.7. Farklı H ₃ BO ₃ içeren MS ortamlarında yetiştirilen 20 günlük Kızıltan-91'in kök, gövde ve fidelerine ait ortalama uzunlukların varyans analiz sonuçları	48
Tablo 4.8. Farklı H ₃ BO ₃ içeren MS ortamlarında yetiştirilen 20 günlük Tokak-157/37 fidelerinde ölçülen ortalama uzunluklar.....	49
Tablo 4.9. Farklı H ₃ BO ₃ içeren MS ortamlarında yetiştirilen 20 günlük Tokak-157/37 fidelerinin kök, gövde ve fidelerine ait ortalama uzunlukların varyans analiz sonuçları	49
Tablo 4.10. Farklı H ₃ BO ₃ içeren MS ortamlarında yetiştirilen 20 günlük Kızıltan-91 fideleri ile yetiştikleri besin ortamlarının ICP- AES'de yapılan bor analiz sonuçları	51

Tablo 4.11. Farklı H_3BO_3 içeren MS ortamlarında yetiştirilen ve ICP-AES’de analizi yapılan 20 günlük Kızıltan-91 fidelerinin kök ve gövdelerine ait varyans analiz sonuçları.....	51
Tablo 4.12. Farklı H_3BO_3 içeren MS ortamlarında yetiştirilen 20 günlük Tokak-157/37 fidelerinin kök ve gövde kısımları ile yetiştikleri besin ortamlarının ICP- AES’de yapılan bor analiz sonuçları.....	53
Tablo 4.13. Farklı H_3BO_3 içeren MS ortamlarında yetiştirilen ve ICP-AES’de bor analizleri yapılan 20 günlük Tokak-157/37 fidelerinin kök ve gövdelerine ait varyans analiz sonuçları	53



1.GİRİŞ

Buğday ve arpa, Türkiye’de 16.5 milyon hektarlık ekiliş alanı ile her yıl ekili alanların yaklaşık %85’ini işgal eden, tarımsal üretimde en fazla ekim ve üretim payına sahip olan ürünlerdir (Anonim 2001). Bununla birlikte Türkiye ve özellikle de hububat ekim alanı topraklarında yüksek CaCO_3 , yüksek reaksiyon, fazla kil ve düşük organik madde gibi olumsuz toprak özellikleri nedeniyle mikro element yarıyışlılığı çok sınırlı düzeydedir (Altan ve ark. 1995). Bu mikro besin elementleri içerisinde bor önemli bir yere sahiptir. Çünkü tahılların bor ihtiyacının çok az olması yanında toprakta bor noksanlığına ve toksitesine neden olan sınır değerleri arasındaki fark da çok azdır. Ayrıca toprak özelliklerine bağlı olarak dar alanlar içerisinde özellikle tahıllarda bor noksanlığı veya toksitesi görülebilmektedir. Nitekim Gezgin ve ark. (2002), Orta Güney Anadolu tarım bölgesinden toplanan 898 toprak örneğinin analiz sonuçlarına göre, elverişli bor miktarı toprakların %26.6’sında 0.5 mg kg^{-1} B’den düşük, %24.9’ünde $0.5-1 \text{ mg kg}^{-1}$ B, %30.5’inde $1-3 \text{ mg kg}^{-1}$ B, %8.1’inde $3-5 \text{ mg kg}^{-1}$ B, %6.3’ünde $5-10 \text{ mg kg}^{-1}$ B, %3.6’sında ise $>10 \text{ mg kg}^{-1}$ B şeklinde olduğunu tespit etmişlerdir. Böylelikle Reisenauer (1973), Keren ve Bingham’ın (1985) bildirdiği kritik değerlere göre tahıllar için bu bölge topraklarının %26.6’sında bor eksikliği ve %18.0’ünde ise bor toksitesi olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca bu araştırmada toprakların elverişli bor miktarı ile organik madde ($r= 0.29^{**}$), elektriksel iletkenlik ($r= 0.56^{**}$) ve kil miktarları ($r= 0.23^{**}$) arasında pozitif, kireç ($r= -0.24^{**}$), kum ($r= -0.24^{**}$) ve Mn miktarları ($r= -0.23^{**}$) arasında ise negatif, istatistikî olarak önemli ilişkiler belirlemişlerdir.

Bor bitki bünyesinde karbonhidrat ve protein metabolizmasında, doku farklılaşmasında, oksin ve fenol metabolizmasında, membran permeabilitesinde, polen çimlenmesinde ve polen tüpü büyümesinde önemli roller üstlenmektedir (Marschner, 1995).

Bitkilerin ihtiyaç duydukları bor miktarı oldukça azdır. Genellikle tek çenekli (monokotiledon) bitkilerin bor ihtiyacı, çift çenekli (dikotiledon) bitkilerin bor ihtiyacından daha azdır. Gerek duyulan borun çok az da olsa fazlası, bor noksanlığında olduğu gibi bitkilerin gelişmesi üzerine olumsuz etki yapmaktadır.

Tahıllar bora karşı duyarlı bitkilerdir. Buğday, yetiştirme ortamında 2 mg kg⁻¹'e kadar boru tolere etmekte, bu seviyenin üzerindeki bordan ise olumsuz yönde etkilenmektedir (Gupta ve ark. 1985).

Bor noksanlığında çiçeklenme ve meyve tutma olumsuz olarak etkilenmekte olup, bor temininin güçleştiği durumlarda üreme faaliyetleri için vejetatif gelişmeye göre daha fazla bor ihtiyacı olmaktadır. Bor noksanlığında dişi ve erkek gametlerin oluşumunun engellenmesi nedeniyle döllenme olumsuz olarak etkilenmektedir. Buğday ve arpa gibi tahıllarda bor noksanlığında dane oluşumunun engellendiği bir çok araştırmacı tarafından tespit edilmiştir (Silva ve Andrade 1983, Rerkasem ve ark. 1989).

Bor noksanlığından bitkilerin etkilenmesinde, çeşitlerin hassasiyetine göre farklılıklar olabilmektedir. Etki mekanizması farklı türler arasında da değişiklik gösterebilmektedir. Bor toksite ve eksikliğine duyarlılıktaki farklılıkların bitkilerin bordan fizyolojik ve morfolojik olarak aynı derecede etkilenmemesinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Huang ve Graham 1990, Nable 1991).

Tahıllarda bora hassasiyet bakımından geniş bir genotipik varyasyonun bulunduğu Brezilya, Çin, Hindistan, Nepal, Tayland ve Türkiye gibi değişik ülkelerde yapılan tarla denemelerinde belirgin olarak ortaya konulmuştur (Silva ve Andrade 1983, Li ve ark. 1978, Tandan ve Nagvi 1992, Subedi ve ark. 1993, Rerkasem ve Jamjod 1997, Tosun ve ark. 1999).

Toprak ve bitkide bor seviyesinin belirlenmesi zordur. Yapraklarda bor konsantrasyonu çevre şartlarından etkilenebildiği için yaprak analizleri tam olarak güvenilir kabul edilmez. Toprak katmanları genelde bor yönünden zengin olduğu için özellikle toksik seviyenin belirlenmesinde toprak analizlerinden yararlanmak zordur (Aktaş 1991). Bitki ve toprak analizleri, tam olarak sonuç vermese de elementlerin alınma mekanizmaları vb. gibi konularda genetik varyasyonun belirlenmesi, dayanıklı genotiplerin ıslahı ve bazı genetik çalışmalar açısından kolaylık sağlamaktadır (Nable ve ark. 1997).

Bor toksitesine olduğu kadar noksanlığına da tolerans için fizyolojik ve genetik varyasyon, bu varyasyonun bor açısından elverişli olmayan topraklarda bitki yetiştirilmesinde nasıl kullanılabileceği, böylece bitkisel üretiminin maksimuma çıkarılmasının nasıl sağlanabileceği konularındaki çalışmalar önem kazanmıştır.

Ancak halen bor alımı ve bitki genotiplerinin boru bünyelerinde biriktirme durumları konusunda yeterli araştırma yoktur.

Bu tez çalışmasında; makarnalık buğday (Kızıltan-91) ve arpa (Tokak-157/37) *in vitro* fidelerin bor alımının ICP-AES (Inductively coupled plasma-Atomic emission spectrometry) ile tespiti araştırılmıştır. Ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen bu çeşitlerin bor alma ve biriktirme durumlarının karşılaştırmalı olarak tespiti ve aynı çeşitlerde çimlenmenin bor miktarından ne ölçüde etkilendiğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. *In vitro* şartlarda yürütülen, genotip x çevre interaksyonunun minimuma indirilmesi, sürenin kısalarak daha çabuk sonuca ulaşılması gibi noktalarda diğer tekniklere göre üstünlük sağlanan tez çalışmasında, bitkilerin yüksek veya düşük seviyede bor içeren ortamlarda fide devresinde gösterdikleri tepkileri de incelenecektir. Çalışma sonunda elde edilecek veriler; buğday ve arpada bor alımı, alınan borun bitki bünyesinde dağılımı ve özellikle *in vitro* seleksiyon gibi modern ıslah yöntemlerine kaynak teşkil etme açısından önemlidir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Toprakta Bor

Toprakta bor; kayalar, mineraller, killler ve demir ile alüminyumun su oksitlerinin yüzeylerinde adsorbe edilmiş şekilde, organik maddeye bağlanmış olarak veya toprak çözeltisinde bağımsız, iyonize olmamış H_3BO_3 (borik asit) ve $B(OH)_4^-$ iyonları şeklinde bulunmaktadır. Borun topraktaki mobil ve immobil formları; toprağın asit-baz reaksiyonu, oksidasyon-redüksiyon ve ayrışma-çökelme reaksiyonları etkileriyle kaya borunun değişime uğraması sonucunda meydana gelir (Nable ve ark. 1997).

Toprakta bulunan borun önemli bir kısmı organik maddeye bağlı durumdadır. Bu nedenle organik madde tarımsal açıdan önemli bir bor kaynağıdır (Kaptan 1995). Organik madde dekompoze oldukça bor serbest duruma geçer (Tisdale ve Nelson 1982). Toprak minerallerince adsorbe edilmiş durumdaki bor, yarayışlı borun bir diğer kaynağıdır.

Toprakta bulunan çözünebilir borun önemli bir kısmını oluşturan borik asit toprakların sahip olabilecekleri pH sınırları içinde diğer bitki besin elementlerinden farklı olarak iyonize olmamış bir halde bulunur (Aktaş 1991). Genellikle borun, borik asit (H_3BO_3) formunda bitkiler tarafından alındığı kabul edilmekle beraber (Tisdale ve Nelson 1982); $(B_4O_7)^{-2}$, $(H_2BO_7)^{-2}$, $(BO_3)^{-2}$ formlarında da alınabildiği ileri sürülmektedir (Kacar 1984).

2.2. Bitkide Bor

Bitki türleri bor isteği yönünden önemli farklılıklar gösterir. Bu nedenle topraktan bor alımları da karakteristik olarak farklıdır. Buna bağlı olarak bora (noksanlık-toksite) hassasiyet de türler arasında değişiklik gösterir (Römheld ve

Marshner 1991). Genel olarak dikotiledon bitkilerin bor içerik ve istekleri monokotiledonlara göre daha yüksektir. Turpgiller (*Crucifera*) ve şemsiyegiller (*Umbellifera*) familyasının bor istekleri daha yüksektir (Martens ve Westermann 1991). Tarla bitkilerinin bor içerikleri genellikle 3-60 mg B/kg kuru ağırlık arasında değişiklik gösterir. Arpa, buğday, mısır, sorghum gibi monokotiledon bitkilerin 3-5 ppm, bezelye, ayçiçeği, pancar gibi dikotiledonların 20-70 ppm, sütleşen ve haşhaş gibi süt salgı sistemine sahip bitkilerin ise 80-100 ppm civarında bor içerdikleri bildirilmiştir (Aktaş 1991).

Aynı konsantrasyonlarda bor içeren topraklarda yetişen bitkilerin bor alım kapasiteleri bitki çeşitleri arasında da karakteristik olarak farklıdır. Paull ve ark. (1988), bazı buğday çeşitlerine 150 mg B/kg bor uygulaması yapılmış toprakta yetiştiklerinde önemli bir verim azalması görülmezken, aynı şartlarda yetiştirilen bazı genotiplerde ise 25 mg B/kg'da bile ciddi verim kayıplarının meydana geldiğini belirlemişlerdir (Taban ve Erdal 2000). Paull ve ark. (1992) yaptıkları bir diğer çalışmada arpada *Schooner* genotipinin bor içeriğinin *Sahara-3771*' e göre üç kat fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Bu farklılığın genetik yapı ile ilgili olduğu ileri sürülmektedir (Kacar ve Katkat 1998). Monokotiledon bitkiler ile dikotiledonlar arasındaki farklılığın ise hücre duvarı kompozisyonu ile ilgili olduğu, dikotiledonların daha fazla bor içeriğine sahip olmasının ise doku ve hücre duvarlarında daha fazla pektik madde miktarı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Sheng-Bin 2000).

Bitki tarafından borun nasıl alındığı ve bünyede nasıl hareket ettiği konusu henüz kesinlik kazanmamıştır. Bu konuda hala farklı bildirimler vardır. Kararlı izotop (^{10}B) B ile yapılan çalışmalarda bazı türlerde yapraktan uygulanan borun mevsim içinde kabuk, çiçek ve meyveye taşındığı ve bunun için de floemde bor hareketinin gerektiği belirlenmiştir. Brown ve Hu (1996), *Prunus*, *Malus*, *Pyrus* türlerine ait bazı çeşitler ile turp, karnabahar ve şalgam gibi bazı *Brassica*'larda sorbitol gibi bileşiklerle bor kompleks yapılarının floemde taşındığını ifade etmişlerdir (Blevins ve Lukaszewski 1998). (Brown ve Hu 1997), büyüme ortamından borun uzaklaştırılmasıyla olgun yapraklardaki bor konsantrasyonunun azaldığını, büyüme noktalarındaki bor konsantrasyonlarının yaşlı yapraklara göre daha yüksek olduğunu ve bunun da ancak borun floemde taşındığı türlerde

olabileceğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte pek çok bitki türünde bitki dokuları arasındaki bor dağılımı, toksite ve noksanlık belirtileri borun sınırlı harekete sahip olduğunun bir göstergesidir (Brown ve Shelp 1997). Bor alımının ve farklı organlara taşınmasının bitkinin su alımı ve ksilemdeki hareketi ile yakın ilişkili olduğu ve bunun bitkiler arasında büyük farklılık gösterdiği belirlenmiştir (Taban ve Erdal 2000). Bor, damarlı bitkilerde transprasyon akışı yönünde köklerden hareket ederek gövde ve yaprak uçlarında birikir. Bitki bünyesinde düzenli bir dağılım göstermeyen borun miktarlarının; yaprak ucu> yaprak ayası> yaprak sapı şeklinde sıralandığı ifade edilmektedir (Kacar ve Katkat 1998). Bor noksanlığının daima büyüme noktalarında otaya çıkması, toksitenin yaşlı yapraklarda ve transprasyonun noktalandığı yaprak uçları gibi kısımlarda görülmesi bor taşınmasının pasif olduğunu düşündürmektedir. Kök hücrelerinin zarlarından $B(OH)_3$ 'ün bir taşıyıcı moleküle ihtiyaç duymadan geçebilmesi ve ardından cis-diol kompleksleri oluşturmaları bor alımında pasif taşınmanın etkili olduğunu göstermektedir (Brown ve Hu 1997).

Son yıllarda yapılan çalışmalar borun alımının pasif olduğu yönünde eğilim göstermektedir. Ancak pasif taşınma mekanizması yoluyla bitkilerin bor alımını nasıl düzenlendiği hala tartışılmaktadır. Bu durumun belirlenmesi için ICP-AES ve ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry) gibi yöntemlerden yararlanarak detaylı araştırmalar yapılmaya ihtiyaç vardır (Kochian 1991).

2.3. Bitkilerce Bor Alımını Etkileyen Faktörler

Bor alımını etkileyen faktörleri; bitki, toprak ve çevre etmenleri şeklinde gruplandırmak mümkündür. Bitkinin alabileceği bor; organik madde, kil minerallerinin durumu, toprak tekstürü, toprak pH'sı gibi toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerince kontrol edilir (Nable ve ark. 1997). Bundan başka bor adsorpsiyonu ve yarayışlılığını etkileyen faktörler arasında sıcaklık ve nem gibi çevresel faktörler de vardır (Sheng-Bin 2000). Art arda gerçekleşen yağış ve kuraklık dönemleri, toprak-su oranı, toprak çözeltisindeki değişebilir iyon tipi, toprak minerallerinin tipi ve miktarı da bor alımını etkilemektedir (Hu ve Brown 1997).

Elementlerin interaksyonu, bitki tür ve çeşidi ile ışık intensitesi de yine bor alımında etkili olan faktörler arasında gösterilmektedir (Kacar ve Katkat 1998).

2.3.1. Toprak tekstürü ve kil mineralleri

Toprak tekstürü ile toprakta bulunan kilin cins ve miktarı bor alımı üzerine etki yapmaktadır. Singh ve ark. (1976), bitkiler tarafından aynı miktarda bor alımının gerçekleşmesi için kaba tekstürlü topraklara göre ince tekstürlü topraklara daha fazla bor uygulanması gerektiğini ifade etmişlerdir. Bitkiler, kil içeriği yüksek topraklara göre kumlu topraklardan daha fazla bor almaktadırlar. Bunun nedeni; borun kil minerallerince adsorbe edilmesidir. (Kacar 1984, Kacar ve Katkat 1998).

2.3.2. Toprak pH'sı

Toprak pH'sı topraktaki borun alımını ve yararlılığını etkileyen en önemli faktörlerden birisidir (Sheng-Bin 2000). Toprak pH'sındaki artışa ve yüksek kireçlenmeye bağlı olarak bitkilerde bor alımı azalır. Genelde ortam pH'sı 6.3-6.5 olduğunda en yüksek düzeye ulaşan bor alımı daha yüksek pH'larda büyük bir hızla azalır (Kacar ve Katkat 1998).

Toprak çözeltisinin pH'sı arttıkça toprak tarafından adsorbe edilen bor miktarı da artmakta ve toprak çözeltisindeki bitkiye elverişli bor miktarı azalmaktadır (Sheng-Bin 2000).



2.3.3. Toprak nemi ve sıcaklığı

Toprak nemi ile yarayışlı bor miktarı arasında yakın bir ilişki vardır. Tarla ve sera denemelerinde kurak bölgelerde yürütölen çalışmalar bor yarayışlılığının azaldığını ve noksanlığın arttığını göstermiştir (Kacar ve Katkat 1998). Bu durumun nedeni organik maddelerin ayrışma hızında, kök gelişiminde ve gelişim hızında azalma olarak açıklanabilir (Tisdale ve Nelson 1982).

Yağışlı ve toprak neminin fazla olduğu bölgelerde bor topraktan kolayca yıkanabilmektedir (Aydemir ve İnce 1988) ve bitkilerde genellikle bor noksanlığı görölmektedir (Kacar ve Katkat 1998). Yağışlı bölgelerde iyon formunda olmayan H_3BO_3 kolayca yıkanarak alt katmanlara taşınırken kurak bölge topraklarında genelde üst katmanlarda kalır ve toksik sınırlara ulaşabilir (Aktaş 1991). Bununla birlikte bor yararlılığı toprak kurumaya başladığça genelde azalır ki bundan dolayı kuraklık durumlarında toprakta yeterince bor olsa da bitkiler bor noksanlığı ile karşılaşabilmektedirler. Yağış ardından gelen kuraklık periyodu bor fiksasyonunu artırır (Sheng-Bin 2000).

2.3.4. Toprak organik madde içeriği

Sıcak suda çözünebilir bor ile organik madde arasındaki pozitif korelasyon, organik maddenin toprak borunun yarayışlılığını etkilediğini düşöndürmektedir (Moraghan ve Mascagni 1991). Her ne kadar, toprak organik maddesince tutulan bor bitki için hemen yarayışlı olmasa da mineralizasyon ile serbest bırakılan borun en büyük elverişli bor kaynağı olduğu düşünölmektedir (Sheng-Bin 2000). Genel olarak organik madde kapsamı yüksek olan topraklarda bor noksanlığı daha az görölmektedir. Bu toprakların yarayışlı bor kapsamı da yüksektir (Kacar 1984).

2.3.5. Toprakta bor ile diğer besin elementleri arasındaki interaksiyon

Bitkilerde bor alımı üzerine ortamdaki çeşitli besin elementlerinin önemli etkileri vardır. Taban ve ark. (1995), kalsiyum oranına bağlı olarak buğdayda bor alımının azaldığını belirtmiştir (Kacar ve Katkat 1998). pH'sı yüksek topraklarda magnezyum ve kalsiyuma göre bor alımının daha az olduğunu belirlenmiştir (Sheng-Bin 2000).

Benzer ilişkiler azot ve bor arasında da saptanmıştır. Azot uygulaması bor alımını azaltmakta ve böylece toksik seviyede bor içeren alanlarda yarar sağlayabilmektedir (Kacar ve Katkat 1998).

Potasyum ve bor arasında da önemli pozitif ilişki bulunmuştur (Moraghan ve Mascagni 1991). Mısır bitkisine aşırı potasyum uygulaması sonucunda verim kaybının engellenmesi için bor uygulamasının gerektiği belirlenmiştir (Sheng-Bin 2000). Yeterli bor içermeyen topraklarda potasyum, bor alımını azaltır. Potasyum uygulaması ile bor noksanlık ve fazlalık belirtilerinin belirgin ortaya çıkışı potasyumun hücre geçirgenliğini artırmasına bağlanmaktadır (Kacar ve Katkat 1998).

Graham ve ark. (1987), arpalarda bor akümülyasyonunun düşük çinko ve yüksek fosfor seviyelerinde arttığını bu nedenle çinko gübrelenmesinin bor alımını azaltarak toksite riskini azalttığını belirtmişlerdir (Moraghan ve Mascagni 1991).

2.4. Borun Bitki Metabolizmasındaki Fonksiyonları

2.4.1. Organik yapılarda bor bileşikleri

Borik asit, cis-diol şeklinde kararlı mono ve diesterler oluşturur. Cis-diol şeklinde olan polihidroksil bileşimleri şeker alkolü ve ürik asitler gibi bazı şeker ve türevleri özellikle de mannitol, mannan ve polimannuronik asitin oluşumlarında

gereklidir. Bu bileşikler, örneğin hücre duvarlarının hemiselüloz kısımlarının yapısına katılmaktadır. Dikotiledonların bor ihtiyacı monokotiledonlara göre daha fazladır. Bu durum, hücre duvarlarının özellikle hemiselüloz kısımlarında ve lignin oluşumlarında bu cis-diol şeklindeki bileşenlerin yüksek oranlarda bulunmasına bağlıdır. Tanaka (1967), buğday gibi monokotiledonlarda kök hücre duvarlarındaki kararlı bor komplekslerinin içeriğinin 3-5 µg/g kuru ağırlık, ayçiçeği gibi dikotiledonlarda ise bunun 30 µg/g kuru ağırlıktan fazla olduğunu belirtmiştir. Bu farklılıklar, kabaca türler arasındaki optimal büyüme için gerekli bor isteğini göstermektedir. Borun fonksiyonlarının ne olduğu hakkında oldukça farklı görüşler vardır. Borun esas etkilerinin lignin biyosentezi, ksilem farklılaşması, membran stabilizasyonu ve enzim reaksiyonlarını değiştirmek gibi olaylar üzerinde olduğu düşünülmektedir (Marschner 1995).

2.4.2. Hücre uzaması, hücre bölünmesi ve nükleik asit metabolizması

Bor eksikliğine gösterilen en hızlı tepkilerden birisi primer ve lateral köklerde büyümenin durması yada engellenmesidir. Bu durum köklere kısa, kalın ve çalimsı bir görünüş verir. Bor noksanlığında kök uçlarında IAA'nın optimal değerinin üstünde biriktiği, bunun da kök uzamasında azalmaya ve IAA oksidaz sentezinde artmaya sebep olduğu kabul edilmiştir.

Daha sonra yapılan çalışmalar borun hücre bölünmesine göre hücre büyümesinde daha gerekli olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte son deneysel kanıtlar borun hücre bölünmesi için de gerekli olduğunu ispatlamıştır. Yine de bor eksikliğinde hücre bölünmesinin mi yoksa hücre büyümesinin mi etkilendiği konusunda fikir ayrılıkları vardır (Marschner 1995).

Bor birkaç gün ortama verilmediğinde kök nükleik asit içeriğinin azalması yaygın olarak bilinen bir durumdur. Bor eksikliğinden dolayı oluşan büyümedeki duraklamadan sonra DNA sentezinin birkaç saat devam etmesi muhtemelen ikincil bir etkidir. RNA'nın da bor eksikliğinden fazlaca etkilendiği ve özellikle Urasil sentezinin azaldığı görülmektedir. Bu nükleotit RNA'nın bir ana bileşenidir ve aynı

zamanda aktif fosfatların oluşumunda gereklidir. Bor noksanlığına maruz kalan bitkilerde artan RNase aktivitesi nedeniyle parçalanma arttığı için bor noksanlığı olan bitkilerin dokularında RNA seviyesi azalmaktadır.

2.4.3. Karbonhidrat ve protein metabolizması

Boraks ve şeker kompleksleri yapısı yoluyla kısa ve uzun mesafe şeker taşımalarını kolaylaştırmada borun anahtar rolü olduğu ileri sürülmüştür. Borun bu görevi yerine getirmesi floem yoluyla taşımada dominant şeker olan sakkaroz için henüz kesinlik kazanmamıştır. (Marschner 1995).

Şiddetli bor noksanlığı altında genç yaprakların protein içeriği azalır ve çözünebilir azotlu bileşikler, özellikle de nitrat birikimi olur. Protein içeriğindeki azalma sitoplazmayı sınırlar, oysa kloroplast protein içeriği etkilenmez. Çoğunlukla kabul edildiğine göre klorosis bor noksanlığının bir belirtisi değildir. Yaprak metabolizması ve bileşimi bor eksikliğinden kök uçlarındaki sitokin sentezi yoluyla dolaylı olarak etkilenebilir ve bor noksanlığında sürgünlere gönderilen sitokin miktarı azalır.

2.4.4. Doku farklılaşması, oksin ve fenol metabolizması

Oksinler (IAA) ve bor arasında belirgin etkileşimler görülür. Yeşil bitkiler arasında oksin ve onun en yaygın örneği IAA, ksilem damarlarının farklılaşmasında gereklidir. Doku farklılaşması üzerine bor eksikliğinin etkileri tipiktir. Bor eksikliği kök uçlarında hücre bölünmesindeki değişikliklerle ilgili olarak uzunlamasına gelişmede azalmaya neden olur.

Bor beslenmesi, oksin düzeyi, farklılaşma ve lignifikasyon arasındaki ilişkiler henüz yeterince anlaşılamamıştır. Bor eksikliği olan bitkilerde oksin düzeyi çoğunlukla normalden daha yüksektir. IAA'nın dışardan uygulanması bor

eksikliğinin neden olduğu anatomik değişikliklere benzer kök uçlarında değişikliğe neden olurlar. Bor eksikliği belirtileri artan oksin düzeyinin göstergesidir (Marschner 1995).

2.4.5. Hücre zarı geçirgenliği

Borun hücre zarı üzerindeki doğrudan etkisinin zar öğeleri ile birlikte cis-diol borat komplekslerinin yapılanması ile ilişkili olduğu düşünölmektedir. Borun zar unsurlarıyla etkileşimi ve zarları stabilize edici etkisi, turgor ve stoma açıklığı üzerine etkisini göstermektedir. Yapılan araştırmalar çoğu iyonların membranlardan içeri alınmasında yada dışarı verilmesinde borun etkili olduğunu göstermiştir.

2.4.6. Polen çimlenmesi ve polen tüpü uzaması

Borun doğrudan ve dolaylı olarak döllenmeye etkisi vardır. Dolaylı etkileri muhtemelen nektardaki şeker bileşim miktarının artması ve değişmesidir. Böylece, döllenmesi tozlaştırıcı böceklere bağlı türlerin çiçekleri böceklere daha çekici hale gelir. Doğrudan etkiler ise anterlerin polen üretme kapasitesi ile bor miktarı arasındaki yakın ilişki ve polen taneciklerinin döllenebilirliği ile ortaya çıkar. Bunun yanında bor, özellikle polen tüpü büyüklüğünü ve çimlenmeyi de harekete geçirir (Marschner 1995).

2.5. Bor Toksitesi

2.5.1. Bor toksitesinin belirtileri

Bor toksitesinin belirtileri tipik değildir ve diğer bazı bitki hastalık belirtileriyle karıştırılabilir¹. Yüksek tuzluluk ve demir noksanlığı belirtileriyle de benzerlik gösterir². Bitki türlerinin yaygın varyeteleri arasında bor toksitesinin görülen tipik belirtisi; yaprakların çoğu kez de yaşlı yaprakların uçlarının ve kenarlarının yanması, sararması yada ölmesidir (Nable ve ark. 1997). Yaprakta klorosis ve yaprak kenarında kahverengi noktacıklar şeklinde belirtiler ortaya çıkar ve bunu kenarların yavaş yavaş kahverengileşip kuruması takip eder. Diğer belirtiler; uç yanıklığı, yaprakların bombeleşmesi, yaprak büyüklüğünün azalması, kırmızı, pembe, mor yada mavi renkli antosiyaninlerin kenar boyunca bant oluşturması ve bunun artışıyla beraber erken yaprak dökülmesi şeklindedir. İlk önce yaşlı yaprakların kenarları sarımsı-yeşil renge dönüşür, aşağıya doğru çukurlaşır ve normale göre daha dairesel gelişir. Bu belirtiler daha sonra bitkide aşağıdan yukarıya doğru ilerlemeye başlar ve yaprak damarları arasında nekrotik noktalar gelişir. Sonuçta büyüme gerilemeye başlar, üst yapraklar küçük kalır³.

Bu belirtiler pek çok türde bor dağılımının transprasyon yönünde olduğunu ve borun yaprak uçlarında biriktiğini göstermektedir (Kaptan 1995).

Yaygın görüşün aksine yaprak yanıklığı tüm türlerde bor toksitesinin görülen belirtisi değildir. Borun floemde hareketli olduğu *Prunus*, *Malus*, *Pyrus* gibi türlerin büyüme bölgelerinde transprasyon yönüne göre daha fazla bor birikimi olmaktadır. Bu bitki türlerinde bor toksitesinin belirtileri yapışkan dane ve öz çürüklüğü gibi meyve arazları ile kambial dokuların ve ardından gövdenin geriye doğru ölümü nedeniyle oluştuğu düşünülen kabuk nekrozlarıdır (Nable ve ark. 1997).

Bor toksitesi arpanın yapraklarında küçük kahverengi-siyah noktacıkların oluşmasına neden olur. Bu noktacıklar öncelikle yaprakların kenarlarında kendini

¹ <http://www.agric.wa.gov.au/cvt/ecvsg00/025-038-WH.htm>

² <http://www.extension.unr.edu/horticulture/april2000/boron.html>

³ <http://res2.agr.ca7harrow/bk2/cuke1a.htm>

gösterir. Daha sonra yaprak yüzeyinin tamamını kaplar, gelişme ilerledikçe başaklarda ve en son kılçıklarda görülür⁴. Kloritik-nekrotik bölgelerin bor konsantrasyonu diğer yaprak dokularına göre daha yüksektir ve arpa gibi bazı türlerde farklı genotipler karakteristik tepki gösterir (Nable ve ark. 1997).

Loomis ve Durst'e (1992) göre bazı türlerde yaprağın bombeleşerek fincana benzer bir hal alması bor toksitesinde görülen özel bir belirtidir. Bunun hücre duvarları arasındaki bağlantıların bozukluğu nedeniyle hücre duvarı büyümesinin engellenmesi sonucu olduğu ileri sürülmektedir (Nable ve ark. 1997).

2.5.2. Bor toksitesine neden olan faktörler

Borun başlıca kaynağı topraktır. Bununla birlikte sulama suyunun kalitesi ve sulama şekline bağlı olarak da bor gelişme ortamında birikerek toksik konsantrasyonları meydana gelebilmektedir. Volkanik kaynak suları veya yer altı suyu ile sulandığında kısmen mobil bir element olduğu için bor sulamayla alt katmanlara, buharlaşmayla üst katmanlara taşınabilmektedir. Bu da hem toprak yüzeyinde hem de yer altı sularında bor birikimine sebep olmaktadır. İnert organik maddece zengin olan karbonlu katmanlar ve kömür yatakları çoğu kez yüksek bor içerir. Madencilik uygulamaları boyunca bu organik materyallerin oksidasyonu suda çözülmüş bor miktarının kademeli olarak artmasına neden olabilir. Fosil yakıtların yanmasıyla oluşan baca külleri, özellikle küldeki borun çözünürlüğü fazla ise toprağa uygulanınca yada bulaşınca toprağın bor konsantrasyonunun artmasına öncülük edebilir. Borun başlıca kullanımı endüstriyel ve ev tipi beyazlatıcılarda oksitleyici olarak kullanılan sodyum perborattır. Üretim boyunca sodyum perboratın çevreye bırakılması ve artan deterjan kullanımı doğal su sisteminde ve yeraltı sularında borun birikmesiyle sonuçlanmaktadır (Nable ve ark. 1997). Dikkatsizce kullanılan borlu gübreler de kolayca bor toksitesine neden olabilen bir başka etkidir³.

⁴ http://www.grdc.com.au/groovers/res_upd/south/99/S_WARRACKNABEAL_25_08_99_P1.HTM

2.5.3. Bor toksitesinin giderilmesi

Topraktan toksik seviyedeki boru temizlemek için pratik bir metot yoktur. Üretimde toleranslı çeşitlerin kullanılması yalnızca ürünün bor toksitesinden etkilenmesini azaltır⁴.

Yüksek seviyedeki toprak borunun iyileştirilmesinde kullanılan en yaygın metot filtrelemedir. Filtreleme fazla miktardaki boru uzaklaştıracak kadar yüksek olmalı, ancak özellikle asitli-kumlu topraklardan bitki besin elementlerinin kaybını önleyecek düzeyde düşük tutulmalıdır. Gereken su miktarı, istenilen son bor konsantrasyonuna, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine ve başlangıçtaki toprak bor konsantrasyonuna çok bağlıdır (Nable ve ark. 1997). Özellikle perkolasyon gibi toprağın fiziksel özellikleri bor kontrolündeki bir başka kriterdir. Eğer toprak geçirgen değilse bor uzaklaşamaz². Çözeltide filtrelemeyi takip eden azalma sürekli, yani kalıcı değildir. Toprak organik maddesinin mineralizasyonu yada toprak minerallerinin hava ile reaksiyona girmesiyle yeniden oluşabilmektedir. Her filtreleme ile azalan borun toprağa yeniden kazandırılması yeteneği ıslah edilebilir bor konsantrasyonunun elde edilmesinin sınırlı olduğunu göstergesidir.

Çözünebilir bor seviyesinin yüksek olduğu topraklarda, bora toleranslı bitkilerin ekilmesi, yeniden bitkisel üretim yapılabileceği ve bitki alımı tarafından çözünen bor hareketinin kontrol edilebileceği anlamına gelir. Bununla birlikte, bitkilerin büyüme sırasında bor alımı, biriktirme kabiliyetleri ve boru nasıl yararlı hale getirdikleri hakkında yeterli bilgi yoktur. Genetik mühendisliğinde elde edilen son gelişmelerle bora toleranslı çeşitlerin geliştirilmesinin mümkün olduğu gözükmemektedir. Ancak bu konuda yeterli bilgi elde edilinceye kadar toleranslı çeşitlerin seçilmesi, farklı yöntemlerin denenmesiyle olacaktır. Yüksek bor içeren topraklarda kendiliğinden yetişen bitkiler ve onların yüksek bor içeren toprakların ıslahında kullanımı da alternatif bir fikir olabilir (Nable ve ark. 1997). Her ne kadar fazla bor içeren toprakların biyolojik olarak iyileştirilmesi hala çok yeni bir konu olup, yalnızca spesifik bazı araştırmalar ile sınırlıysa da pratiğe intikal edecek uygulamalar ileride geliştirilebilir².

2.6. Bor Noksanlığı

2.6.1. Bor noksanlığının belirtileri

Bitkide bor immobil olduğu için eksiklik belirtileri genç dokularda kendini gösterir. Bor noksanlığı öncelikle büyüme noktalarına zarar verdiği için bitkilerde büyüme yavaşlar. Genç yaprakların biçimleri bozulur, yüzeylerinde kabarıklıklar ve çukurluklar oluşur. Çoğu zaman bu yapraklar normalden kalın ve koyu mavimsi-yeşil bir renge bürünürler ve yukarıya doğru kıvrılırlar. Boğum araları kısalmır, büyüme bodurlaşır, bitki çalimsı bir görüntü kazanır. Noksanlık ilerledikçe uç büyüme noktaları ölür ve tüm bitki büyümesi duraklar. Çiçek, tomurcuk ve meyve oluşumu sınırlanır yada engellenir (Kacar ve Katkat 1998). Polen çimlenmesinde aksaklıklar meydana gelir ve meyve oluşumu olumsuz etkilenir (Aydemir ve İnce 1988). Bor alımının yetersizliği durumunda, dane oluşamaz ve tam erkek kısırlığı görülür. Bor noksanlığında dişi ve erkek gametlerin gelişiminin engellenmesi nedeniyle döllenme olumsuz olarak etkilenmektedir (Rerkasem ve Jamjod 1997). Kabuğunda uzunlamasına çatlaklar olan bodur-gelişmemiş meyveler oluşur. Bor eksikliğinin şiddetli olması ciddi verim kaybına ve meyve kalitesinin bozulmasına neden olabilmektedir³. İç dokuların çürüyebilmesi fungal hastalıklara zemin hazırladığı için verim ve kalitenin daha da düşmesine sebep olur⁵.

Bor noksanlığında köklerin gelişimi büyük ölçüde geriler, köklerde genel sararmayla birlikte primer kökler zarar görür ve kökler kalınlaşarak olağan şekillerini yitirirler (Kacar 1984).

Rozetleşme, kısır başaklanmadan dolayı yetersiz tozlaşma, içi boş kırılğan gövde ve meyve oluşumu, gövdede renk bozulması ve meyve kaybı görülebilir⁶.

Bor noksanlığında hücreler belki bölünmeye devam edebilirler ancak yapısal olarak farklılaşamazlar. Bor noksanlığı gösteren bitkilerdeki belirtiler türe ve bitki yaşına bağlı olarak farklılıklar gösterir fakat ilk belirtiler DNA ve RNA sentezinin

⁵ <http://www.greenair.com/interpri.htm#Boron>

⁶ <http://imc-agrico.com/fertilizer/education/efumanual/09micronutrients/09-02.htm>

engellenmesine bağı olarak kılcal kök uçlarının normal olarak gelişmemesidir. Genç yapraklarda olduğu gibi tepe sürgünlerindeki hücre bölünmesini de engeller⁷.

Bor noksanlığında genelde benzer etkiler görülse de bitkilere özel durumlar da söz konusudur.

Arpa, çeltik ve buğday gibi tahıllarda bor noksanlığında dane oluşumunun engellendiği birçok araştırmacı tarafından tespit edilmiştir. Bu araştırmalarda bor noksanlığında anter ve polenin zayıf gelişmesi sonucu oluşan erkek kısırılığının dane oluşumunu engellediği belirtilmektedir. Mısırdaki bor noksanlığında erkek gametlerin gelişmesinde bir zayıflama olmasa da polenin ipekte çimlenmesi bor konsantrasyonundan etkilenmektedir (Rerkasem ve Jamjod 1997). Dürülü yapraklar gerektiği gibi ortaya çıkıp düzgünce açılmazlar. Kısa eğik koçanlar meydana gelir. Koçanın ucundaki daneler olgunlaşmadan kurur⁸.

2.6.2. Bor noksanlığına neden olan faktörler

Bor noksanlığı, yıkanan asit topraklar, fazla kireçli topraklar, kaba tekstürlü kumlu topraklar, pH 7'den yüksek olan topraklar, düşük organik maddeli aşınmış topraklar, azot ve potasyumun yüksek oranda kullanılması, kuraklık durumları, organik materyali az topraklar gibi şartlara bağı olarak ortaya çıkabilmektedir⁸

Bor, anyon yada yüksüz H_3BO_3 şeklinde bulunur. Bundan dolayı B toprakta toprak suyu ile tamamen hareket eden mobil bir elementtir ve kök bölgesinden yıkanabilir⁹. Topraklarda yağışlar perkolasyon ile borun kök bölgesinden aşağılara doğru yıkanarak uzaklaşmasına yol açarak bor noksanlığına neden olabilir. Bor eksikliği alkali kumlu topraklarda, kuru geçen yaz sezonlarında oldukça sık görülür. Bor noksanlığı kuraklık periyodu boyunca kök aktivitesi sınırlandığından çok etkili olmaktadır. Çünkü köke ulaşan bor miktarında azalma olmaktadır. Bor çoğunlukla sürekli süzülerek bitki köküne doğru akan su tarafından uyarılan bitki kök yüzeyi

⁷ <http://sanangelo.tamu.edu/mg/b.htm>

⁸ <http://www.agrienergy.net/renewabledata/Role%2520of%2520micronutrients.htm>

⁹ http://www.msu.edu/ipm/CAT99_veg/V06-09-99.htm#Understanding

tarafından alınmaktadır⁹. Bu nedenle kurak yerlerde nemin yeterli olduğu yerlere göre toprak ve bitki analizleri bor eksikliğini gösterebilmektedir.

2.6.3. Bor noksanlığının giderilmesi

Topraklarda görülen bor noksanlığı borlu gübrelerin toprağa verilmesiyle başarılı bir şekilde giderilmektedir. Toprağa verilecek bor miktarı, bitkilerin çeşidine, gübrenin verilme şekline, kireçlenme durumuna ve toprağın organik madde kapsamına bağlı olarak değişir (Kaptan 1995). Bunun için her hangi bir uygulama yapılmadan önce uygulamanın yapılacağı alandaki bor seviyesi kontrol edilmelidir⁷. Toprak analizlerine göre toprak 0.5 mg/kg (ppm) dan daha az bor içeriyorsa bor uygulaması yapılır. Fazla uygulanan bor bitki için toksik etki yapabileceğinden uygulanan oran konusunda oldukça dikkatli olunmalıdır. Bora karşı gösterdikleri tepkilere göre bitkiler 3 tolerans sınıfında toplanmıştır (Keren ve Bingham 1985, Kacar ve Katkat 1998) (Tablo 2.1). Bu yüzden ürün yetiştirilmeye başlarken bor istek ve hassasiyetinin bilinmesi çok önemlidir.

Tablo 2.1. Toprak bor konsantrasyonlarına göre bitkilerin tolerans sınırları ve doku bor içerikleri (Keren ve Bingham 1985, Kacar ve Katkat 1998)

Hassas Bitkiler (0.1 mg B/kg toprak)		Yarı Duyarlı Bitkiler (0.1-0.5 mg B/kg toprak)		Toleranslı Bitkiler (0.5-1 mg B/kg toprak)	
Dokudaki Bor (mg B/kg)		Dokudaki Bor (mg B/kg)		Dokudaki Bor (mg B/kg)	
Buğday	6-17	Domates	40-80	Şeker Pancarı	35-200
Mısır	5-25	Marul	15-60	Turp	40-100
Soya	15-80	Armut	20-70	Ayçiçeği	25-125
Bezelye	30-70	Tatlı Patates	20-75	Yonca	35-80
Fasulye	25-80	Havuç	25-100		
Patates	21-75	Kiraz	20-100		

Bor kaynağı olarak çeşitli bitkisel ve hayvansal kökenli organik materyallerden kompost, kent atıkları ve kanalizasyon atıklarından yararlanılabilir.

Bor içeren kimyasal gübreler de kullanılabilir (Kacar 1994). Ancak kökeni ne olursa olsun bor kaynakları toksik etki oluşturmayacak düzeyde uygulanmalıdır (Kacar ve Katkat 1998).

Bor içerikleri yönünden gübreler arasında farklılıklar vardır (Tisdale ve Nelson 1982). Bor alımına etki eden faktörlere göre etkinlikleri değişen bu gübreler ihtiyaca ve şartlara uygun bir şekilde seçilerek kullanılmalıdır.

Boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$): En tanınmış bor içeren gübre borakstır (Aktaş 1991). Boraks %11 oranında suda çözünebilen bor içeren beyaz renkli bir bileşiktir (Aydeniz ve Brohi 1993). Bu bileşik, topraktan yıkanabilir ve verildikleri anda bitkilerce hemen absorbe edilebilirler (Tisdale ve Nelson 1982).

Borosilikat camları: Bor tuzlarının cam ile eritilerek karıştırılması ve kırılmasından sonra toprağa uygulanmasıyla bor ihtiyacının karşılandığı belirlenmiştir. Bor içeren ve frit olarak adlandırılan bu maddeler, etkin bir mikro element kaynaklarıdır. Öğütülerek toprağa karıştırılan cam çözüldükçe bor tuzları yavaşça serbest hale gelir ve bitki bor ihtiyacını karşılar (Tisdale ve Nelson 1982). Fritlerin bor içerikleri farklılık göstermekle birlikte %3-6 arasında değişir (Aydeniz ve Brohi 1993). Bor kaynağı olarak borosilikat camların kullanılması özellikle yıkanma ile kaybın fazla olduğu yerlerde daha yararlıdır.

Borlu sıvı gübreler: Borik asit ve solubor, bor içeren sıvı gübrelerdir (Tisdale ve Nelson 1982). Borik asit (H_3BO_3) (%17 B) özellikle toprağın potansiyel olarak fazla miktarlarda bor fikse etme yeteneğine sahip olduğu durumlarda, daha çok çözelti biçiminde yapraklara püskürtme amacıyla kullanılmaktadır (Aydemir ve İnce 1988). Borik asit kullanımı sınırlıdır.

Solubor ($\text{Na}_2 \text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{B}_{10}\text{O}_{16} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) (%20 B) çözünebilme özelliğinde olduğu için hem toprak hem de yaprak uygulamalarında kullanılabilir (Martens ve Westermann 1991).

Borlu gübreler doğrudan toprağa uygulanabildiği gibi yapraktan sıvı gübre olarak da uygulanabilmektedir. Başlangıçtaki toprak bor seviyesi oldukça yüksek olduğunda yaprak spreyleri alternatif olarak dikkate alınmalıdır¹⁰.

Bazı bor türevleri herbisit olarak da kullanılabilir. Bitki sıralarının üstüne uygulandığı zaman hem bitki beslenir hem de yabancı ot kontrolü yapılır

¹⁰ <http://www.gov.nf.ca/agric/crops/guides/beet.htm>

(Benderdour ve ark. 1998). Eğer yetişme sezonu yeterince uzun ise, gerekli olan bor verilebilirse verim etkilenmeyebilir⁸.

2.7. Literatür Araştırma Özetleri

Yau ve ark. (1995), farklı orijinli 19 makarnalık buğday çeşitinin fidelerini 5 farklı toprak bor konsantrasyonunda, saksıda, kontrollü sıcaklıklarda yetiştirerek genotiplerin bor toksitesine toleranslarını değerlendirmiştir. Seřitlen çeşitlerin bora karşı gösterdiği varyasyon hassaslık ile kısmi toleranslılık arasında dağılım göstermiş, makarnalık buğdayda toksite belirtilerinin ortaya çıkışındaki varyasyonun istatistiki olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. Toprak bor konsantrasyonu arttıķça toksite belirtileri ciddi bir şekilde artmış, belirtilerin ortaya çıkması için gećen süre azalmıştır. Yüksek bor uygulamasında çeşitler arasında bitki ağırlıklarında çok büyük farklılık görölmesine rağmen sürgün bor konsantrasyon farklılıklarının önemli olmadığı belirlenmiştir. Araştırmadan elde edilen bilgilere dayanılarak bor toksitesine tolerans için Cezayir, Irak, Libya, Suriye ve Türkiye'den germplasm oluşturulabileceği ifade edilmiştir.

Kalaycı ve ark. (1997), toksik miktarda bor içeren topraklarda tarla ve sera denemelerinde, farklı buğday genotiplerinin bor toksitesine tepkilerini incelemişlerdir. Tarla denemesinde en toleranslı çeşitlerin lokal orijinli olduğu, bor toksitesine en fazla tepkiyi makarnalık buğday çeşidi Kunduru-1149'un verdiği belirlenmiştir. Sera denemesinde de yine makarnalık buğday çeşitlerinin en hassas çeşitler olduğu, lokal popülasyondan seşitlen yada en azından lokal orijinli bir ebeveyne sahip olan çeşitlerin toksiteye daha fazla tolerans gösterdiği belirlenmiştir. Hassas çeşitlere göre düşük olsa da toleranslı çeşitlerin sürgünlerindeki yüksek bor konsantrasyonları doku toleransı gibi bazı mekanizmaların varolabileceğini göstermiştir. Yaşlı yapraklardaki bor konsantrasyonunda belirlenen büyük genotipik varyasyona dayanarak bünyeye daha az alımın bitki bünyesinde daha az taşınmadan daha önemli olabileceği ifade edilmiştir. Tarla ve sera şartlarının her ikisinde de genotip x çevre interaksiyonunun önemli olduğu, elde edilen sonuçlar arasında

korelasyon olmaması nedeniyle bora tolerans için yapılacak seçimlerde her iki çalışmanın beraber değerlendirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Yau ve ark. (1997), serada, H_3BO_3 'ün farklı miktarlarda toprağa karıştırılmasıyla oluşturulan yüksek toprak bor seviyelerinde (0.3, 7.1 ve 17.4 mg B/kg) 9 makarnalık buğday çeşidinin büyüme, gelişme ve verim açısından bora gösterdikleri varyasyonları araştırmışlardır. Vejetatif dönemde yaprak bor toksite belirti sayısı, kuru ağırlık ve sürgün bor konsantrasyonunu yönüyle denedikleri çeşitler arasında yüksek toprak boruna farklı tepkiler belirlemişlerdir. Bor toksite belirti sayısı ve sürgün bor konsantrasyonu için bor x çeşit interaksyonu önemli olmuştur. Bor artışıyla ortaya çıkan sürgün kuru ağırlığındaki azalmaya dayanarak, diğerlerine göre toleranslı olan makarnalık buğday çeşitlerinin toleranslı ekmeklik buğday kontrol çeşidine göre bora daha az toleranslı olduğu belirlenmiştir. Daha toleranslı materyaller geliştirilene kadar, bu orta düzeyde toleranslı makarnalık buğday çeşitlerinin bor toksitesinin sorun olduğu bölgeler için kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

Mahalakshmi ve ark. (1995), yüksek seviyelerde bor (12 mg B/kg) içeren toprakta 4 arpa hattının fidelerini yetiştirerek toprak sıcaklığının (5, 10 ve 15 °C) dokulardaki bor konsantrasyonu, bitki gelişimi ve bor toksite belirtilerinin ortaya çıkışına etkisini incelemişlerdir. Toksite belirtileri, ilk kez çıkıştan 12 gün sonra 5 °C'de gözlenmiştir. Dokudaki bor konsantrasyonu toprak sıcaklığındaki artışa bağlı olarak azalmış, çıkıştan 17 gün sonra alınan örnekte ise bitki dokusundaki bor konsantrasyonu üzerinde toprak sıcaklığının hiçbir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Arpa hatlarının toksite belirtilerinin ortaya çıkışı ve dokulardaki bor konsantrasyonu açısından farklılık gösterdiği, yüksek bora adaptasyonun ya düşük doku bor konsantrasyonunu sürdürerek yada dokudaki yüksek bor konsantrasyonuna tolerans göstererek oluştuğu ifade edilmiştir.

Yau ve ark. (1994), ICARDA arpa çeşitleri ile CIMMYT / ICARDA makarnalık ve ekmeklik buğday çeşitlerinde bor toksitesine toleranstaki varyasyonu incelemişlerdir. Bor uygulanmış (50 mg B/kg) toprakta yetiştirilen fidelerde yaprak belirtileri ekiminden 4 hafta sonra ortaya çıkmıştır. Çeşitlerin gösterdikleri toksite belirtilerinin şiddeti arasında önemli varyasyon tespit edilmiş, en büyük varyasyon arpada ortaya çıkarken makarnalık buğdaydaki varyasyonun çok az olduğu

belirlenmiştir. En az belirtinin görüldüğü çeşitlerde sürgün bor konsantrasyonları da ölçülmüş, bütün çeşitlerin sürgün bor konsantrasyonlarında geniş ölçüde farklılık görülmüştür. Arpa açısından, bor toksitesinin Batı Asya'da yaygın olabileceğini ve bu bölgede ıslahla yeni çeşitlerin geliştirilmesi sırasında bu özelliğin ihmal edilmemesi gerektiği belirlenmiştir.

Jamjod ve ark. (1993), bor noksanlığına farklı tepkiler veren 7 buğday hattını ve bunların diallel melezlemeyle oluşan F₁ hibritlerini kum kültürlerinde yetiştirmişlerdir. İki gün arayla bor konsantrasyonu düşük (0.2 µM) besin çözeltisi ile sulanan bitkilerin başaklarındaki başakçık ve başakçıklarındaki çiçek sayısı tespit edilmiştir. Bitkilerin başakçık ve çiçek oluşturma sırasında bor noksanlığına gösterdikleri tepkilere göre toleranslı hatlardan duyarlı hatlara geri melezleme ile tolerans özelliklerinin transfer edilebileceği anlaşılmıştır.

Nable ve ark. (1997), bitkilerin yüksek bor konsantrasyonlarına gösterdikleri tepkide çok geniş genetik varyasyonun bulunduğunu, bu genetik varyasyonun bitki türlerinin çoğunda benzer tolerans mekanizmasına (sürgün ve köklerdeki düşük bor alımına) sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Tolerans mekanizmasının birkaç baskın eklemeli gen ile idare edildiği, bazı türlerde belirli kromozom bölgelerinin toleransla ilgisinin olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu bilgiler yüksek bor içeren topraklarda yetiştirilebilecek toleranslı genotiplerin ıslahını kolaylaştırmış, bor toksitesine tolerans için yapılan melezlemelerde önemli başarı sağlanmıştır. Yüksek seviyede bor içeren topraklarda toksiteye toleranslı bitki genotiplerinin yetiştirilmesinin bu alanların tarıma uygun hale getirilmesinde kullanılabilir bir yöntem olduğu, bu amaçla genotipik varyasyonun ıslahta kullanılabilirliği belirtilmiştir.

Jefferies ve ark. (1999), arpada bor toksitesine toleransı kontrol eden genlerin kromozomlarda bulunduğu yerleri ve bunun kalıtımını araştırmışlardır. Bor toksitesine toleranslı Sahara 3771 ile hassas Clipper arpa çeşitlerinin melezlenmesiyle elde edilen 150 haploid hattın katlanmasıyla oluşan Clipper x Sahara popülasyonunun RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism= Kesilen Parça Uzunluğu Polimorfizmi) linkage haritası, arpada bor toleransı ile ilgili kromozom bölgelerinin teşhisinde kullanılmıştır. Bor toleransının göstergesi olarak kabul edilebilen özelliklerin bağlı bulunduğu 4 kromozomal bölge tespit edilmiştir.

Kromozom 2H'nin, yaprak belirtilerinin ortaya çıkmasıyla, kromozom 3H'nin, kök gelişimindeki bor toksite etkisinin azaltılmasıyla, kromozom 6H'nin, azaltılmış bor alımıyla ve kromozom 4H'nin ise kök uzunluğu, kuru madde üretimi ve belirtilerin ortaya çıkmasıyla olduğu kadar bor alımının kontrolüyle de ilişkili olduğu belirlenmiştir.

Paull ve ark. (1991a), Chinese Spring (duyarlı) ve Halberd (toleranslı) buğday çeşitleri ile Chinese Spring x *Agropyron elongatum* amphiploid çeşidinin topraktaki yüksek bor konsantrasyonlarına verdikleri tepkileri kıyaslamışlardır. Yüksek bor uygulamalarında Chinese Spring x *Agropyron elongatum* amphiploid çeşidinin daha fazla Chinese Spring'in ise en az ürün verdiği belirlenmiştir. Sürgünlerdeki bor konsantrasyonu incelendiğinde Chinese Spring x *Agropyron elongatum* amphiploid çeşidi ile Halberd'in benzerlik gösterdiği Chinese Spring'in sürgün bor konsantrasyonu önemli ölçüde daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bora yönelik tolerans mekanizmasında amphiploid çeşit ile buğdayın benzerlik gösterdiği ve tolerans mekanizmasının sürgünlerdeki azaltılmış bor birikimiyle bağlantılı olduğu ifade edilmiştir.

Paull ve ark. (1991b), toprak borunun yüksek konsantrasyonlarına buğdayın toleransının genetik kontrolünü 5 genotip kullanarak incelemişlerdir. Her genotip, yüksek bor seviyelerine çok hassaslıktan toleranslılığa kadar sıralanan 5 tepki kategorisinden birini (toleranslı, kısmi toleranslı, kısmi hassas, hassas, çok hassas) göstermiştir. F1 hibritlerinin tepkisi uygulanan bor seviyesine bağlı olarak değişse de bor toleransı kısmen dominant bir karakter olarak ifade edilmiştir. F1 hibritleri, düşük bor uygulamalarında daha toleransı ebeveyne benzer tepkiler vermiş ve daha yüksek uygulamalarda ebeveynlerin arasında bir tepki göstermiştir. Bu genotipler arasındaki bor toleransı ile ilgili genetik varyasyonun *Bo1*, *Bo2* ve *Bo3* genlerinin etkisiyle oluştuğu belirlenmiştir.

Huang ve Graham (1990), 7 buğday genotipinin hücre ve organ seviyesinde büyümesine toksik bor konsantrasyonlarının etkisini araştırdıkları çalışmalarında organ seviyesinde, buğday genotiplerinin toksik bor konsantrasyonuna lateral kök gelişimi ve kök uzaması yönünden farklı tepkiler gösterdiğini belirlemişlerdir. Tarla denemelerinde dayanıklı olarak sınıflandırılan genotipler, duyarlı ve yarı duyarlı genotiplere göre daha uzun kök eksenine ve daha fazla lateral köke sahip olmasına

rağmen kök uzunluğunda duyarlı ve kısmen toleranslı genotipler arasında böyle bir farklılık görülmemiştir. Hücre seviyesinde, toksik bor konsantrasyonuna tepkide genotipler arasında kök eksplantlarının kallus üretimi yönünden farklılık görülmüş, dayanıklı genotipler duyarlı ve kısmen toleranslılara göre daha fazla kallus üretebilmiştir. Bu sonuçlara göre, hem hücre hem de organ düzeyinde bor toksitesine tolerans açısından genotipler arasındaki farklılıkların ortaya konulmasının ıslah için yapılacak seleksiyonda oldukça yararlı olabileceği belirtilmiştir.

Graham ve ark. (1993), 8 soya fasulyesi çeşidinin kallusları üzerine bor, mangan ve çinko noksanlığının etkisini incelemiştir. Çinko ve bor noksanlığı kallus ağırlığının azalmasında etkili olurken, manganın önemli bir etki yapmadığı, çeşitler arasında da kallus ağırlıklarında önemli farklılık bulunduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar soya fasulyesinde hücre seviyesinde bor, çinko ve mangan noksanlığına tepkide genotipik varyasyonun varlığını göstermiştir. Hücre seviyesinde dayanıklı genotipler belirlenir ve bitki seviyesinde dayanıklılık elde edilebilirse, bor, mangan ve çinko noksanlığı olan topraklarda bu bitkilerden faydalanılarak üretimin artırılabilirliği ifade edilmiştir.

Brown ve Hu (1998), belirli türlerde bor hareketinin bilinmesinin, bitkideki bor durumunu teşhis etmek için kullanılması gereken yaklaşımın belirlenmesinde kolaylık sağlayacağını ifade etmişlerdir. Bunun aynı zamanda bor eksikliğinin sebeplerini ve sonuçlarını anlamaya yardımcı olacağı ve kullanılması gereken optimum gübre miktarının belirlenmesini de sağlayacağı ifade edilmiştir. Mısır, buğday, yonca ve bazı sebzelerde borun hareketsiz olduğu, bundan dolayı bitkinin bütün gelişim aşamalarında bor uygulamasının gerektiği açıklanmıştır. Dokulardaki eksikliği gidermek için yapraktan bor uygulanabileceği ancak bu uygulamanın yeni dokuların gelişiminde minimal etkide bulunacağı belirlenmiştir. Bazı türlerde, bor hareketinde çeşitler arasında küçük farklılıkların oluşabileceği, bunun da çeşitler arasında bor noksanlığına hassasiyet farklılığı oluşturabileceği ifade edilmiştir.

Nable (1991), toksik seviyede bor içeren ortama transfer edilen 4 arpa genotipinin bitki kısımları arasında borun dağılımını inceleyerek genotiplerin bor toksitesine dayanma mekanizmasını araştırmıştır. Transferden sonra bütün bitki kısımlarında bor konsantrasyonunun arttığı, duyarlı genotiplerin daha yüksek bor içerdiği, kök ve yapraklardaki bor konsantrasyonlarının her genotipin bor toksitesine

nispi duyarlılığı yansıttığı belirlenmiştir. Genotipler arasında kök ve gövde bor konsantrasyonları ile absorbe edilen toplam bor miktarlarında büyük farklılıklar olmasına rağmen bor dağılımının genotipler arasında çok benzerlik gösterdiği, bor toksitesine duyarlılıkta arpa genotipleri arasındaki farklılıkların elementin iç dağılımının kontrol yeteneğinden çok alınan bor miktarı ile kontrol edildiği ifade edilmiştir.

Canhong (1992), ekmeçlik buğday genotiplerinde bor noksanlığında ortaya çıkan varyasyonları tarla ve saksı denemelerinde incelemiştir. Tarla denemelerinde farklı bor seviyelerinde (0.09, 0.12, 0.16, 0.24 mg B/kg) yetiştirilen noksanlığa hassas genotiplerde anter ve polen gelişiminin ve dane veriminin azaldığı, toleranslı genotiplerde böyle bir etkinin olmadığı belirlenmiştir. Saksıda kumda günde iki kez farklı bor seviyeleri (0, 0.001, 0.002 ve 0.005 mg B/l) içeren besin çözeltisi ile sulanarak yetiştirilen aynı genotiplerin bora gösterdikleri tepki tarla tepkileri ile benzerlik göstermiştir. Polen çimlenmesi *in vitro* şartlarda %0.7 agar, 0.75 M rafinoz ve 300 mg CaCl₂.2H₂O/l ve sırasıyla 0, 10, 15, 20 ve 100 mg H₃BO₃/l içeren besin ortamlarında araştırılmıştır. Bor noksanlığı nedeniyle azalan polen canlılığı ve polen tüpünün uzunluğu ortam bor içeriğinin artırılmasıyla önemli derecede artış göstermiştir. Bu sonuçlar; buğday genotipleri arasındaki bor noksanlığına gösterilen farklı tepkilerin; bor ihtiyacı, bor alım kapasitesi ve başaklanma boyunca style, stigma ve polen içinde bor dağılım farklılığından kaynaklanabileceğini göstermiştir. B noksanlığına hassas genotiplerde hassasiyete neden olan faktörlerin bor isteğinin yüksek olması, yetersiz bor alımı ve yeni oluşan dokularda bor dağılımındaki düzensizlik olabileceği ifade edilmiştir.

Jamjod ve Rerkasem (1999), iki sıralı Stirling ve altı sıralı BRB-2 arpa çeşitlerini; 0, 0.1 ve 1.0 µM bor ilave edilmiş kum kültürlerinde yetiştirerek, bora tepki sınırlarını araştırmışlardır. Bor noksanlığı tüm genotiplerde bayrak yaprak bor konsantrasyonunu, dane sayısını ve dane verimini azaltmıştır. Stirling çeşidinde bor noksanlığı bitkide başak ve başakta başakçık sayısını azaltmıştır. Genotiplerde vejetatif kısımda görülen bor konsantrasyon farklılıklarının bora tepkideki varyasyonu belirlediği, bunun arpa genotiplerinin seçilmesi ve yetiştirilmesinde göz önüne alınması gereken bir durum olduğu sonucu elde edilmiştir. Bununla birlikte

düşük bor uygulamalarında genotipler arasında bayrak yaprak bor konsantrasyonunda ciddi bir fark bulunamamıştır.

Huang ve ark. (2000), buğdayda bor noksanlığının anther gelişimini sınırladığını ve polen canlılığını azalttığını belirlemişlerdir. Mayoz bölünmenin olduğu dönemde bor noksanlığının çiçek fertilitasını ve her başakta oluşan toplam dane sayısını azalttığı, bor noksanlığının tahıllarda vejetatif gelişmeden çok generatif gelişimi sınırladığı ifade edilmiştir.

Subedi ve ark. (1999), saksı denemesinde bor noksanlığına hassas SW-41 ve toleranslı Fang-60 çeşitlerini sınırlı (20 μ M) bor içeren büyüme ortamında yetiştirerek buğday genotiplerinin tepkilerini, bor dağılımını ve birikimini araştırmışlardır. Bu çeşitlere ya ekimden bayrak yaprak çıkışına kadar 20 μ M bor uygulanmış ve bundan sonra bor uygulanmamış yada 20 μ M bor uygulaması ekimden olgunlaşmaya kadar devam etmiştir. Ortamda sınırlı miktarda bor bulunduğu çeşitler arasında çiçeklenmede bayrak yaprak bor konsantrasyonu büyük farklılık göstermezken bor sınırlaması olmadığı çeşitler arasında belirgin fark oluşmuştur. Bor uygulamasının kesilmesi veya devam etmesi, bayrak yaprak çıkışından sonra önemli bor dağılım farklılığı oluşturmamış, buğday çeşitlerinin toleranslılığı yada hassaslığının bayrak yaprak bor içeriği ve konsantrasyonu ile ilgili olmadığı anlaşılmıştır. Benzer bayrak yaprak bor konsantrasyonlarına sahip olsalar da canlı polen ve başak oluşturmada çeşitler arasında farklılık oluşmuştur. Besin çözeltisine bor uygulanmadığında çiçek canlılığı %39-93 arasında değişirken, dane sayısının her başakta 4'den 32'ye kadar değişen değerler aldığı belirlenmiştir.

Taban ve Erdal (2000), bor uygulamasının buğday çeşitlerinde gelişme ve toprak üstü aksamda bor dağılımı üzerine etkisini araştırmıştır. Denemede killi-tın tekstürlü, %12 kireç içeren, pH'sı 7.9 ve bitkiye yarayışlı bor miktarı 1.52 mg/kg olan toprak örneği kullanılmıştır. Serada ekmeklik (*Triticum aestivum* L. cv: Bolal-2973, Bezostaja-1, Kırış-66, Gerek-79) ve makarnalık (*Triticum durum* L. cv: Çakmak-79 ve Kızıltan-91) buğday çeşitleri ile yürütülen denemede, topraklara H_3BO_3 0.1 ve 10 mg B/kg konsantrasyonlarda uygulanmıştır. Makarnalık çeşitler ekmeklik çeşitlere göre bordan daha fazla etkilenmiş ve bor uygulaması Bolal-2973 ve Gerek-79 çeşitlerinde kuru ağırlık artışına, Çakmak-79 ve Kızıltan-91 çeşitlerinde ise kuru ağırlık azalışına neden olmuştur. Bor uygulandığında ve uygulanmadığında

buğday çeşitlerinin tümünde en fazla bor yaprak ucunda belirlenmiş ve bunu yaşlı yapraklar takip etmiştir. Toprağa bor uygulanmadığında çeşitlerin toprak üstü bitki aksamında yapraklarda ve ucu alınan yaprağın kalan kısmında belirlenen bor konsantrasyonları arasında belirgin bir farklılık belirlenememiştir. Toprağa bor uygulandığında çeşitlerin bora tepkilerinin farklı olmasından dolayı, toprak üstü bitki genelinde, yaprak genelinde ve ucu alınan yaprağın kalan kısmında belirlenen bor konsantrasyonları farklı olmuştur.

Mahboobi ve ark. (2000), 10 günlük bor toksitesine dayanıklı Anadolu ve duyarlı Hamidiye arpa çeşitlerini 5 gün boyunca konsantrasyonu 10 mM olan H_3BO_3 çözeltisinde yetiştirerek kök ve yaprak proteinlerindeki değişiklikleri iki boyutlu gel-elektroforesis yöntemi ile belirlemişlerdir. Analizler, bor uygulamasının kök ve yaprak dokularında çok sayıda proteinin sayısının artmasına yada azalmasına neden olduğunu göstermiştir. Bor uygulamasıyla toleranslı çeşitlerin kök profillerinde yeni bir proteinin sentezlendiği tespit edilmiş, duyarlı çeşitlerde bu proteine rastlanamamıştır. Toleranslı çeşitlerde kökte 3 proteinin miktarı artmış, duyarlı çeşitlerde değişiklik olmamıştır. Toksik bor konsantrasyonlarının köklere göre yapraklardaki polipeptit kompozisyonunu daha fazla değiştirdiği tespit edilmiştir. Yaprak dokularında duyarlı çeşitlerde her hangi bir değişiklik olmazken toleranslı çeşitlerde en az 7 proteinin miktarı artmıştır.* Özellikle sürgün düzeyindeki bu değişikliklerin bor toksitesine tolerans mekanizmasının bir göstergesi olduğu düşünülmüş ve arpada bazı proteinlerin bor toksitesine toleransta rol alabileceği ifade edilmiştir.

Cristobal ve Fontes (1999), tütünde bor noksanlığı ve nitrat azlığı arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Bor noksanlığı, sürgünlerin dayanıklılığında, kök ağırlıklarında ve yaprak nitrat içeriğinde önemli ölçüde azalmaya neden olmuştur. Yaprakların magnezyum, kalsiyum ve özellikle de potasyum içerikleri de bor noksanlığında azalmıştır. Fakat nitrat içeriğindeki azalış diğer katyonlardan daha yüksektir. Bor noksanlığı yapraklardaki sakkaroz ve heksoz birikiminde fark edilir bir artışa neden olmuştur. Bu artışın bor noksanlığı olan bitkilerde düşük katyon ve nitrat konsantrasyonlarının neden olduğu osmotik dengesizliği düzeltebileceği belirtilmiştir.

*Proteinlerin henüz tanımlanmadığı ve özel bir adım olmadığı araştırmacı tarafından ifade edilmiştir.

Mozafar (1989), 2 hibrit mısırdaki borun uzun dönem etkilerini ve bor uygulaması ile kök ve ilk yapraklarda diğer element konsantrasyonlarının ne ölçüde değiştiğini belirlemek için kum kültüründe çalışmalar yapmıştır. Uygulanan bor ile hibritlerin ilk yaprak ve köklerindeki besin elementleri arasında önemli bir interaksiyon olduğu belirlenmiştir. Çözeltideki bor konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak köklerde, molibden, bakır, çinko, demir, mangan, magnezyum, kalsiyum ve ilk yapraklarda, molibden, çinko, demir, mangan, azot, fosfor konsantrasyonlarında değişme olurken her iki bitki kısmında da bor konsantrasyonunun arttığı tespit edilmiştir. Püskül verme dönemi ile olgunluğa kadar olan dönemde bor uygulamasının kesilmesi ise koçan ve toplam dane veriminin önemli ölçüde azalmasına neden olmuştur.

Limâ (1998), 0, 2, 4, 8, 10, 15 ve 20 mg B/dm³ çözelti ile doyurulmuş pamuk üzerinde bezelye çeşidi Rondo'nun tohumlarını çimlendirerek borun çimlenmeye etkisini incelemiştir. Yalnızca yüksek konsantrasyonlarda yaklaşık olarak %8 azalma gösteren çimlenme 8 mg B/dm³'e çıkıncaya kadar bor uygulamasından etkilenmemiştir. Fidelerin gelişme oranı konsantrasyon artışıyla azalmış ve toksite belirtileri 2 mg B/dm³ den fazla olan bütün uygulamalarda açıkça kendini göstermiştir.

Bagheri ve ark. (1992), 9 Avustralya bezelye çeşidini 5 farklı seviyede bor içeren (0, 10, 20, 30, 40 mg B/kg) toprakta sera denemelerinde yetiştirerek bora toleranstaki genetik dağılımı tespit etmeye çalışmışlardır. Çeşitler arasında borun artan seviyelerine tepkide kuru madde verimi ve sürgün doku konsantrasyonları açısından önemli farklılık bulunmuştur. Toleranslı genotiplerin sürgünlerinde bor konsantrasyonlarının düşük olduğu belirlenmiştir. Bor uygulamasındaki artışa bağlı olarak bor toksite belirtilerinin arttığı, bitki ağırlığı ve nodül sayısının azaldığı, bor uygulamasının çimlenmeyi etkilemediği belirlenmiş ve bu farklılıkların ıslah programlarında kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Paull ve ark. (1988), bora farklı tepkiler veren 7 buğday ve 2 arpa çeşidini bor içeriği 25, 50, 150 mg B /kg olan saksılarda yetiştirerek bora gösterdikleri tepkileri incelemişlerdir. En yüksek bor uygulamasında tohumlarda çimlenme gecikirken, çimlenme yüzdesinde konsantrasyona bağlı bir azalma olmamıştır. Toprağa artan miktarlarda bor ilavesi dokuların bor konsantrasyonunda lineer bir artışa neden

olurken bora tolerans gösteren genotipler her bor uygulamasında da düşük düzeyde bor içermiştir. Duyarlı genotiplerde en düşük konsantrasyon da bile toksite belirtileri görüldüğü, kuru ağırlıkları ve dane verimlerinin azaldığı, bu durumun toleranslı genotiplerde görülmediği tespit edilmiştir.

Nable ve ark. (1990b), arpada toksite tepkilerini belirlemek için çalışmışlar ve her genotipin uygulamalardan farklı etkilendiğini tespit etmişlerdir. Toksiteye daha dayanıklı olan genotiplerin kök ve yeşil aksamda daha az bor biriktirdiği, bu durumun genotiplerin bor alma farklılığından kaynaklanabileceğini ifade etmişlerdir.

Nable (1988), arpa ve buğdayı su kültüründe 35 gün boyunca 15 μM 'dan 5000 μM 'a kadar artan bor konsantrasyonlarında yetiştirmiştir. Tüm genotiplerde artan konsantrasyona bağlı olarak bitkinin bütün kısımlarında bor artışı olduğu ancak bu artışın dayanıklı genotiplerde daha az olduğu belirlenmiştir.

Zubaidi ve ark. (1999), ekmeklik ve makarnalık buğdaylar arasında besin elementlerini alma şekillerinde fark olup olmadığını belirlemek için 3 ekmeklik buğday çeşidi ile 9 makarnalık buğday çeşidini tarla denemesinde incelemiştir. Besin elementlerinin danelerde birikimi konusunda ekmeklik ve makarnalık buğdaylar arasında tutarlı bir fark bulunamamıştır. Borun tohum ekiminden 15 hafta sonra maksimum oranda alındığı, maksimum bitki gelişiminin ise ekimden 11 hafta sonra olduğu tespit edilmiştir. Dane dolumu sırasında bor miktarında çok az bir artış olduğu belirlenmiştir.

Nable ve ark. (1990c), çözeltili kültürlerinde yetiştirilen arpalarda yapraklardaki bor dağılımı üzerine transprasyonun etkisi ve bor toksitesine neden olan kritik değeri belirlemek için çalışmışlardır. Artan su kullanımı bitkilerde özellikle de yaprak uçlarında bor birikiminin artmasıyla sonuçlanmıştır. Sürgün kuru madde üretimi ve sürgün bor konsantrasyonu arasındaki ilişkinin transprasyon koşullarından çok etkilendiği ancak yaprak uçlarının analizden çıkarılması ile bu etkinin ortadan kalktığı belirlenmiştir. Yaprak uçlarının analizden çıkarılması sürgünlerdeki bor konsantrasyonunda azalmaya neden olmuştur. Tarla ve sera şartlarında yetişen bitkilere göre analiz sonuçlarının değiştiği, bu nedenle yaprak analizlerinin bor toksitesinin teşhisinde ve kritik değerlerin belirlenmesinde güvenilir sonuçlar vermediği ifade edilmiştir.

Riley ve ark. (1994), Stirling arpa çeşidini saksıda kumlu toprağa farklı seviyelerde bor ilave ederek yetiştirmişlerdir. Bitki analizleri ve yapraklarda ortaya çıkan belirtileri gözlemleyerek bor toksitesinin neden olduğu verim kaybının tespiti üzerinde çalışmışlardır. Toprak borunun artmasıyla yaşlı yapraklarda bor birikiminin ve toksitenin neden olduğu zararların arttığı belirlenmiştir. Yaprak toksite belirtilerinin kuru ağırlığın azalmasını takiben ortaya çıktığı, kök ağırlığının sürgün ağırlığına göre daha fazla azaldığı tespit edilmiştir. Dane ağırlığının sadece en yüksek bor uygulamasından etkilendiği, sürgünlerde kritik bor konsantrasyonunun seçilen verim parametreleri ve analizin yapıldığı bitki büyüme dönemine bağlı olarak 40-150 µg B/g arasında değiştiği ifade edilmiştir.

Riley ve Rabson (1994), sera şartlarında Stirling arpa çeşidini kumlu toprağa ekim öncesi, vejetatif dönem yada başaklanma boyunca farklı seviyelerde bor ilave ederek yetiştirmişlerdir. Büyüme ilerledikçe gövde ve danede bor birikiminin arttığı, bunun da yaprak zararlarını ve diğer toksite belirtilerini artırdığı belirlenmiştir. Danede ve gövdede toksite için kritik bor değerlerinin sırasıyla 2-15 µg B/g ve 50-420 µg B/g arasında değiştiği ve bu dokulardaki bor konsantrasyonlarının bor toksitesinin teşhisinde güvenilir sonuçlar vermediği belirtilmiştir.

Güneş ve Alpaslan (2000), sera şartlarında yetiştirdikleri 8 mısır genotipinde fosfor uygulamasının bor alımı, bitkideki bor konsantrasyonu ve büyüme üzerine etkilerini araştırmışlardır. İlk denemede fosfor; 0, 50 ve 100 mg P/kg; ikinci denemede bor; 0, 10 ve 30 mg B/kg seviyelerinde uygulanmıştır. Bor uygulamasının tüm genotiplerde borun alımını ve konsantrasyonunu artırırken kuru ağırlığı azalttığı, bununla birlikte fosfor uygulamasının genotiplerdeki bor birikimini ve konsantrasyonunu azaltırken kuru ağırlığı artırdığı tespit edilmiştir. Deneme sonunda fosfor noksanlığında bor toksitesinin daha fazla olduğu, bor toksitesinin fosfor uygulaması ile azaltılabildiği belirlenmiştir.

Güneş ve ark. (2000), sera koşullarında toprağa H₃BO₃ formunda 3 farklı konsantrasyonda (0, 10 ve 30 mg/kg) bor uygulayarak mısır çeşitlerinin bor toksitesine duyarlılıklarını araştırmışlardır. Bor uygulamasına bağlı olarak tüm çeşitlerin bor içeriklerinin önemli oranda arttığı, genel olarak hassas çeşitlerin dayanıklı çeşitlere göre daha fazla bor içerdikleri belirlenmiştir. Bor uygulanmadığında çeşitler arasında böyle bir farklılık bulunamamıştır. Sonuç olarak,

toleranslılıkta genetik bir varyasyonun bulunduğu, genetik ve fizyolojik seleksiyon çalışmaları yapılarak toleranslı çeşitlerin geliştirilmesinin daha kısa sürede sonuç vereceği ve problemlili alanların tarıma kazandırılmasını sağlayacağı ifade edilmiştir.

Chantachume ve ark. (1995), 3 farklı konsantrasyonda (50, 100, 150 mg B/l) H_3BO_3 ile ıslatılmış filtre kağıdında yetiştirdikleri fidelerin kök uzunluklarını tolerans indeksi gibi kullanarak yüksek bora farklı tepkiler verdiği bilinen ekmeklik buğday genotiplerini karşılaştırmıştır. Fideler içinde bora daha toleranslı genotiplerin daha hassas genotiplere göre önemli derecede uzun köklere sahip olduğu belirlenmiştir. Kök uzunlukları açısından kontrol ile bor uygulamaları arasında önemli bir korelasyon tespit edilememiş, buğday genotiplerindeki kök uzunluk farklılıkları, yüksek bor konsantrasyonlarına gösterilen genotipik varyasyon olarak değerlendirilmiştir. Borun yüksek seviyelerini içeren toprakta büyüyen bitkiler için tolerans kriteri olarak belirlenen sürgün bor konsantrasyonu, bitki kuru ağırlığı ve bitki belirtileri ile filtre kağıdında farklı bor konsantrasyonlarında yetiştirilen bitkilerdeki kök uzunlukları arasında çok önemli korelasyon tespit edilmiş ve bor toleransı için yürütülecek ıslah programı yada genetik çalışmalarda seleksiyon kriteri olarak kök uzunluklarının kullanılabilceği ifade edilmiştir.

Campbell ve ark. (1998), yüksek bora farklı tepkiler verdiği bilinen 5 buğday genotipinin fidelerini 7 farklı bor konsantrasyonu (0, 25, 50, 75, 100, 125, 150 μM H_3BO_3) içeren çözelti kültürlerinde yetiştirmiş ve kök uzunluklarını ölçerek bora tepkideki genetik varyasyonu belirlemeye çalışmışlardır. Bor uygulanmayan bitkilerde kök uzunlukları genotipik açıdan çok az değişirken uygulamanın artmasıyla tüm genotiplerde kök uzunluklarının azaldığı, hassas çeşitlerdeki azalmanın en düşük uygulamada bile kendini gösterdiği belirlenmiştir. 125 ve 150 μM H_3BO_3 konsantrasyonlarında bütün genotiplerde kök uzunluklarında ciddi bir azalma görülmüştür. Kök uzunluklarına göre yakın tolerans seviyelerine sahip genotipler birbirlerinden belirgin bir şekilde ayrılabilirken 125 ve 150 μM H_3BO_3 uygulamasında genotiplerin birbirinden ayıramadığı tespit edilmiştir. Sonuçların farklı yöntemlerle yapılmış daha önceki tolerans için seçim çalışmalarıyla benzerlik gösterdiği, bu yöntemin ise diğerlerinden daha kolay ve ekonomik olduğu ifade edilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışma materyali olarak İç Anadolu Bölgesi'nde yaygın olarak yetiştirilen bir makarnalık buğday çeşidi olan Kızıltan-91 (*Triticum durum L.*) ve iki sıralı arpa çeşidi olan Tokak-157/37 (*Hordeum vulgare L.*) kullanılmıştır.

Buğday (*Triticum*) genusu, *Graminea* familyasının, *Pooideae* alt familyasından *Triticeaea* oymağının *Triticinae* alt oymağındandır. Makarnalık buğdaylar $2n = 4x = 28$ olan tetraploid buğday grubunu oluştururlar.

Bu grup genel olarak kılçıklıdır. Başak eksenindeki başakçıklar sık ve kiremitvari bir şekilde düzgün olarak dizilmiştir. Dış kavuzlardaki orta damar belirgindir ve uçları gagamsı bir çıkıntı yapmıştır. Daneler uzun ve camısı, karın çizgisi derindir. Verimli topraklara daha iyi adapte olmuşlardır (Yürür 1994).

Kızıltan-91 makarnalık buğday çeşidi 1987 yılında Ankara Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü tarafından tescil ettirilmiştir. (Akkaya 1994). Sapları 90-95 cm uzunluğunda, yaprakları yeşil, tüysüz ve yarı yatık, başakları dik duruşludur. 1000 dane ağırlığı 46-48 g olup, daneler camısı görünümlü ve serttir. Kışa dayanması iyi, kurağa dayanıklılığı orta iyidir. Yüksek verimli ve orta erkencidir. Yatmaya dayanıklı, dane dökmeye mukavemetli ve gübreye karşı iyi reaksiyon gösteren bir çeşittir. Sürme ve rastığa dayanıklı, sarı pasa ise toleranslıdır. Kahverengi pasa kısmen toleranslıdır. Makarnalık kalitesi orta-iyidir (Anonim 2000).

Arpa (*Hordeum*) genusu, *Gramineae* familyasının *Pooideae* alt familyasından, *Triticeae* oymağının *Triticinae* alt oymağındandır. Bütün kültür arparalarının kromozom sayısı $2n = 2x = 14$ dür.

Bütün kültür arparaları tek bir türe, *Hordeum vulgare L.* türüne sokulup, sıra sayısı değişiklikleri varyete gruplar (*Convariety = con.*) olarak belirtilir. Buna göre, kültür arparaları başlıca altı sıralı (*H.vulgare con. hexastichon*) ve iki sıralı (*H. vulgare con. distichon*) varyete gruplarına ayrılırlar. İki sıralı arpalarda başak eksenlerinin bir boğumdan oluşan üç başakçıktan yalnız orta başakçık dane bağlar.

Yan başakçıklar sterilidir. Steril olan başakçıklarda dış kavuzlar ve çiçek kavuzları iyi gelişmiştir. Bu çiçeklerde anterler gelişmiş olabilir fakat dişi organ gelişmemiştir.

Tokak-157/37 arpa çeşidi 1937 yılında Ankara Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsünde seleksiyon metodu ile ıslah edilmiş bir arpa çeşididir. Alternatif gelişme tabiatlı, uzun boylu (80-100 cm) koyu yeşil renkli yapraklı, iki sıralı, beyaz, uzun, meyilli ve seyrek başaklı, saman renginde kılçıklı, dane dökmez, beyaz, kavuzlu daneli, orta uzunlukta ve geniş daneli bin dane ağırlığı 49 g olup kışa, kurağa dayanıklılığı iyi, yatmaya orta derecede dayanıklı, orta erkenci, verimli, gübreye karşı reaksiyonu iyi, başağı kırılmaz, açık ve kapalı rastık ile sarı, kahverengi pasa mukavemeti iyi, kara pasa mukavemeti zayıf, maltlık kalitesi iyi bir arpa çeşididir (Yürür 1994, Anonim 2000).

Araştırmada kullanılan tohumlar Uluslararası Bahri Dağdaş Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden temin edilmiştir.

Araştırma S.Ü. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Doku Kültürü Laboratuvarı'nda yürütülmüştür.

3.2. Metot

Tüm steril çalışmalarda aseptik teknikler, kullanılan her bir malzeme için gereklidir. Çalışılan materyal ve malzemenin özelliğine göre uygulanan sterilizasyon aşağıdaki şekilde farklılık göstermektedir.

3.2.1. Alet ve ekipmanların sterilizasyonu

Tohum sterilizasyonunda kullanılan saf su, sterilizasyon sonrası tohumların kurutulmasında kullanılan filtre kağıtları, sterilizasyon için kullanılan maddelerin uzaklaştırılması için gerekli olan pastör pipetleri, sterilizasyonda sodyum hipoklorid ile birlikte kullanılacak fungusit çözeltisi ve eksplantların konulacağı besin ortamları

kavanozlara konulduktan sonra kapakları hafifçe kapatılarak otoklavda 121 °C de 1.5 atm basınç altında 20 dakika sterilize edilmiştir. Sterilizasyon sırasında kullanılacak kavanozlar boş olarak kapakları kapatılıp aynı şekilde sterilize edilmiştir. Sterilizasyon sonrası tohumlar kurutulurken kullanılacak fayanslar alüminyum folyo ile sarılıp otoklav poşetine konulduktan sonra yine 121°C'de 20 dakika 1.5 atm basınç altında sterilizasyon işlemine tabi tutulmuştur.

Bitki tohumlarını tutmada kullanılan pensler %96 'lık alkol muamelesinden sonra alevde yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuştur. Benzer şekilde çalışma sırasında eldiven kullanılmış ve eller %96'lık etil alkol ile muamele edilmiştir.

Tüm steril çalışmalar 0.22 µm porozitede filtrelere sahip laminar hava akışlı kabin içinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya başlamadan önce laminar hava akışlı kabinin içi alkolle silinmiş ve kabin içi 20 dakika süreyle açık bırakılan ultra-viyole lambası ile sterilize edilmiştir.

3.2.2. Tohumların sterilizasyonu

Ön sterilizasyon için her çeşitten 300 adet tohum seçilmiş ve arpaların kavuzları soyulmuştur. Sterilizasyon için öncelikle akan musluk altında 10 dakika bekletilen tohumlar, 1-2 damla yayıcı-yapıştırıcı (Tween-20) ilave edilmiş 200 ml fungusit (Agro-Captan ve Benlate) çözeltisinde 15 dakika sürekli karıştırılarak bekletilmiş ve ardından steril filtre kağıdı üzerinde kurutulurken steril petri kaplarına alınmış, petrinin ağzı stretch film ile sarılarak sterilizasyon işlemine kadar birkaç gün bekletilmiştir.

Fungusit çözeltisi kontakt etkili Agro-Captan ile sistemik etkili Benlate ticari fungusitlerinden ayrı ayrı 2.5 g tartılıp son hacim 500 ml tamamlanarak mekanik karıştırıcı üzerinde homojen bir çözelti elde edildikten sonra 100 ml'lik kavanozlara alınarak otoklavda 121°C'de 20 dakika süreyle sterilize edilerek hazırlanmıştır.

Sterilizasyonda ise öncelikle 1 dakika süreyle %96'lık alkol ile muamele edilen tohumlar alkol kuruyuncaya kadar bekletildikten sonra hazırlanan 1-2 damla yayıcı-yapıştırıcı madde (Tween-20) ihtiva eden 200 ml %30'luk ticari hipoklorid

çözeltisi (%50 NaOCl içeren Axion) içinde 20 dakika bırakılmıştır. Sürenin sonunda 3-4 defa steril saf su ile durularak sterilizasyon işlemi tamamlanmıştır.

3.2.3. Besin ortamlarının hazırlanması

Bütün ortamlar ve stok solüsyonlar Merck şirketinin analitik seviyede kimyasalları kullanılarak hazırlanmıştır.

3.2.3.1. Stok solüsyonlarının hazırlanması

Stok solüsyonlar bir laboratuvarda dikkatli bir şekilde hazırlanıp sürekli taze olarak elde tutulması gereken besin ortamı unsurlarındandır. En çok hazırlanan stok solüsyonlar; makro ve mikro elementler, bitki büyüme düzenleyicileri, vitaminler ve antibiyotiklerdir. MS (Murashige ve Skoog 1962) temelli olarak ve genellikle normal konsantrasyonun 10 veya 100 katı olacak şekilde hazırlanmışlardır.

H₃BO₃ Stok Solüsyonu (x100); 62 mg H₃BO₃ 80 ml saf su içinde çözüldürüldükten sonra son hacim 100 ml'ye tamamlanmıştır. Daha sonra renkli cam şişelere alınarak şişeler etiketlenmiş ve buzdolabında muhafaza edilmiştir.

MnSO₄.4H₂O Stok Solüsyonu (x100); 2230 mg MnSO₄.4H₂O hassas terazide tartıldıktan ve 80 ml saf su içinde, manyetik karıştırıcı yardımıyla çözüldürüldükten sonra hacim 100 ml'ye tamamlanmış ve çözelti renkli şişe içinde buzdolabında saklanmıştır.

ZnSO₄.7H₂O Stok Solüsyonu (x100); 100 ml'lik behere 80 ml saf su konulduktan sonra manyetik karıştırıcı üzerine yerleştirilmiş ve 86 mg ZnSO₄.7H₂O tartılıp suya eklenmiş, iyice çözüldükten sonra son hacim 100 ml olacak şekilde saf

su ile tamamlanmıştır. Renkli cam şişe içine konulmuş ve şişe etiketlendikten sonra buzdolabında muhafaza edilmiştir.

Na₂MoO₄.2H₂O Stok Solüsyonu (x100); öncelikle 100 ml behere 80 ml saf su konularak işe başlanmış ve daha sonra 25 mg Na₂MoO₄.2H₂O tartılıp ilave edilerek son hacim saf su ile 100 ml'ye tamamlanmıştır. Renkli cam şişeye konularak etiketlenmiş ve buzdolabında muhafaza edilmiştir.

CuSO₄.5H₂O Stok Solüsyonu (x100); 2.5 mg CuSO₄.5H₂O içinde 80 ml saf su bulunan behere konulmuş ve manyetik karıştırıcı ile çözündürüldükten sonra hacim yine saf su ile 100 ml'ye tamamlanmıştır.

KI Stok Solüsyonu (x100); 83 mg KI tartılarak 80 ml saf su içine katılarak son hacim 100 ml'ye tamamlanmış ve hazırlanan çözelti renkli şişelere alınarak etiketlenerek buzdolabında muhafaza edilmiştir.

CoCl₂.6H₂O Stok Solüsyonu (x100); 2.5 mg CoCl₂.6H₂O 100 ml'lik behere konulan 80 ml saf suda manyetik karıştırıcı üzerinde çözündürülmüş ve son hacim saf su ile 100 ml'ye tamamlanmıştır.

Vitamin Stok Solüsyonu (x100); glisin (200 mg), nikotinic asit (50 mg), piridoksin-HCl (50 mg), tiamin-HCl (10 mg) vitaminleri beherdeki 80 ml saf su içine, biri tamamen çözüldükten sonra diğeri ilave edilerek son hacim 100 ml'ye tamamlanmıştır. Myo-inositol çökelti verdiği için stok solüsyona katılmamış ortam hazırlanırken toz olarak tartılıp ortama ilave edilmiştir.

Vitamin stok solüsyonu 10 ml'lik özel plastik kaplara konulmuş, etiketlenmiş ve bozulmasını engellemek için buzdolabında dondurularak saklanmıştır. Hazırlanan vitamin stok solüsyonu herhangi bir sterilizasyon işlemine tutulmamıştır.

Fe-EDTA Stok Çözeltisi; 5.57 g FeSO₄ .7H₂O 350 ml saf suda, 7.45 g Na₂EDTA 350 ml saf suda ayrı ayrı hafifçe ısıtılarak eritilmiştir. Her iki çözelti daha sonra karıştırılarak hacmi 1 litreye tamamlanmış ve otoklav edilmiştir. Otoklav

şelatlama işlemini hızlandırmak amacıyla yapılmıştır. Otoklav sonrası solüsyon koyu altın sarısı bir renk almış ve kullanıma hazır hale gelmiştir. Hazırlanan bu Fe-EDTA stok solüsyonu buzdolabında saklanmıştır.

3.2.3.2. Besin ortamlarının hazırlanması

Bütün ortamlarda temel besin ortamı olarak MS (Murashige ve Skoog 1962) alınmış olup sadece H_3BO_3 miktarı amaca göre değiştirilmiştir.

1 litre besin ortamı hazırlamak için 2 litrelik cam erlene 800 ml saf su konularak işe başlanmıştır. Erlen manyetik karıştırıcı üzerine yerleştirildikten sonra sırası ile makro elementler; NH_4NO_3 (1650 mg), KNO_3 (1900 mg), $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (370 mg), KH_2PO_4 (170 mg) ve $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ (440 mg) hassas terazide tartılarak ortama teker teker ilave edilmiştir (MS besin ortamı komponentleri Bkz. Ek A).

x100 olarak hazırlanmış mikro element stok solüsyonları Gilson pipet ile 1ml/l şeklinde ortama sırasıyla eklenmiştir (Mikro element stok solüsyonları Bkz. Ek B).

H_3BO_3 0, 6.2, 18.6, 55.8 ve 111.6 mg/l olarak 5 farklı konsantrasyonda ortamlara ilave edilmiştir. Bu durumda ortamlar sırasıyla; 0.0, 1.05, 3.25, 9.76, 19.5 mg B/l içermektedir. Hazırlanmış H_3BO_3 solüsyonundan pipet yardımıyla sırasıyla 0, 1, 3, 9, 18 ml olarak çözelti alınarak istenilen konsantrasyonda ortamlar hazırlanmıştır.

Fe-EDTA stok solüsyonundan 1 litre besin ortamı için pipet ile 5 ml alınarak ortama eklenmiştir.

Her ortama karbon kaynağı olarak %3 (a/h) sakkaroz (30 g/l) ilave edilmiştir.

Ortam pH'sı duruma göre 0.1-1 M KOH yada 0.1-1 N HCl kullanılarak 5.8'e ayarlanmış ve hacim saf su kullanılarak 1 litreye tamamlanmıştır.

Yarı katılaştırıcı madde olan agar %0.7 (a/h) ortama ilave edilip erlenin ağzı alüminyum folyo ile kapatılmış ve manyetik karıştırıcının ısıtıcısı açılarak ortam şeffaf bir hal alıncaya kadar ısıtılmıştır.

Ortamlar şeffaf bir renk alınca 200 ml'lik cam kavanozlara her farklı konsantrasyondaki ortamdan 10 kavanoz, her kavanozda da 50 ml besin ortamı olacak şekilde dağıtılmış ve kavanozlar etiketlenerek ağızları kapatılmış daha sonra 121°C'de 1.5 atm basınç altında 20 dakika süre ile otoklavda sterilize edilmiştir.

3.2.4. *In vitro* çimlendirme (Kültüre alma)

Sterilize edilen tohumlar içinde %0.7 (a/h) agar, %3 (a/h) sakkaroz ve 5 farklı H₃BO₃ konsantrasyonuna sahip MS besin ortamı bulunan kavanozlardan her birinde 5 adet tohum olacak şekilde kültüre alınmıştır.

Kavanozlar 16 saat fotoperiyot, %64 nem ve 24°C (\pm 1) sıcaklık ve 3000 lux ışık yoğunluğu koşullarında raflı kültür dolabına konulmuştur. Kültür sonrası analiz için numunenin alınacağı 20. güne kadar iki gün aralıklarla tohumlar gözlenmiş ve çimlenme durumları ile çimlenme yüzdeleri tespit edilmiştir.

Buğday, kavuzsuz tohum yapısına sahip buğday tohumları için özel bir yöntem uygulanmamıştır. Tohumlar 3.2.2.'de belirtildiği gibi sterilize edilerek kültüre alınmıştır.

Arpa, kavuzların daneye yapışık olduğu arpada kavuzlar kontaminasyona sebep olabileceği düşüncesiyle soyulmuş ve tohumlar 3.2.2.'de belirtildiği gibi sterilize edilerek kültüre alınmıştır.

3.2.5. ICP-AES Analizi

Besin ortamında gelişen 20 günlük fideler analizler için kullanılmıştır.

3.2.5.1. Bitki örneği hazırlama

Bitki kök uzunluğu; her bir farklı uygulama için tek kavanozdaki tüm bitki köklerinin uzunlukları ölçülerek ortalama uzunluklar cm cinsinden tespit edilmiştir.

Ölçüm işlemi biten kökler tohum yüzeyinden bistüri ile kesilerek tohumdan ayrılmış daha sonra saf su ile agardan arındırılana kadar yıkanmış ve kağıt havlu arasında suyu alındıktan sonra 70°C'deki etüve plastik kaplar içinde konularak yaklaşık 2 gün kurutulup köklerin kuru ağırlıkları tespit edildikten sonra yakma işlemine geçilmiştir.

Bitki gövdesi (Sap+Yaprak); her bir farklı konsantrasyondaki kavanozlarda bulunan tüm bitki gövdeleri tohum yüzeyinden bistüri ile kesilerek tohumdan ayrılmıştır. Gövde boyları ölçülerek cm olarak kaydedilmiştir. Bitki gövdeleri kurutma ve yakma sırasında kolaylık sağlaması amacıyla bistüri ile 2-3 parça olacak şekilde kesilip plastik kaplara konulmuş ve 70°C'deki etüvde yaklaşık 2 gün kurutulup gövdelerin kuru ağırlıkları tespit edildikten sonra yakma işlemine tabi tutulmuştur.

3.2.5.2. Besin ortamının analize hazırlanması

Her bir farklı konsantrasyondaki besin ortamı içeren ve içinde bitki yetiştirilen kavanozlardan bitkiler uzaklaştırılmış ve kavanozlar su banyosuna konulup ortamlar eridikten sonra tekrar katılaşması sağlanmış daha sonra kurutulmadan yakma işlemine geçilmiştir

3.2.5.3. Materyallerin mikrodalgada yakılması

Bitki materyallerinin yakılması; etüvde (hava sirkülasyonlu kurutma dolabı) 70 °C'de sabit ağırlığa ulaşınca kadar kurutulan bitki kısımları mikrodalgada yakma sırasında kullanılacak linerlara aktarılmış ve ağırlıkları gram olarak (0.1-1 g) tespit edilmiştir. Her bir örneğin üzerine 10 ml nitrik asit (HNO₃) ilave edilerek 25-30 dakika kadar gaz çıkışı olması için beklendikten sonra mikrodalgaya (CEM-Mars x 5 model) 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 bor bulaşmasını önlemek için plastik kaplara mavi bantlı filtre kağıdıyla süzülerek aktarılan numuneler buzdolabında okuma yapılıncaya kadar muhafaza edilmiştir.

Besin ortamlarının yakılması; besin ortamları etüvde herhangi bir işleme tabi tutulmadan yakılmıştır. Mikrodalgada yakma sırasında kullanılacak kaplar içinde hassas terazide örnek miktarı 5.0-6.0 gram olacak şekilde tartımları yapılan ortamların üzerine 10 ml nitrik asit (HNO₃) ilave edilmiştir. Besin ortamlarında gaz çıkışı az olduğu için 10 dakika beklenmiştir. Yine kapakları ve vidaları kapatılan kaplar; mikrodalgada 200°C'de 40 dakika 170 PSI basınç altında yakılmıştır. Yanma sonrası 25 ml cam balonlara alınan numunenin hacmi saf su ile 25 ml'ye tamamlanmış ve mavi bantlı filtre kağıdıyla süzülerek plastik kaplara alınmıştır. Hazırlanan numuneler analize kadar buzdolabında muhafaza edilmiştir.

3.2.5.4. ICP-AES ile örneklerin okunması

ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry) (Varian-Vista Model, axiel) cihazında otomatik olarak analiz yapılmaktadır. Argon gazı ile çalışan cihaz 10000°C sıcaklıktaki torch'a püskürtülen örneğin oluşturduğu

ışığın (okuması yapılan elementin) dalga boyuna göre element miktarını ppm olarak belirlemektedir. Kalibrasyon standart çözeltiler (0.25-0.50 ve 1 ppm B) kullanılarak yapıldıktan sonra okumaya geçilmiştir.

Bir okumada 73 elementin miktarını belirleyebilen ICP-AES ile bu çalışma için hazırlanan materyal sadece bor içeriği yönünden analize tabi tutulmuştur. Okuma sonrası elde edilen veriler ;

$B (\mu\text{g/g kuru ağırlık}) = \text{okuma değeri} \times \text{sulandırma faktörü (hacim)} / \text{örnek ağırlığı}$
formülü ile gerçek değere çevrilmiş ve istatistiki analizler için kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Kızıltan-91 (*Triticum durum var durum L.*) ve Tokak-157/37 (*Hordeum vulgare L.*) çeşitlerinde bor konsantrasyonlarının çimlenmeye etkisi ve çeşitlere göre bor alımının ICP-AES ile belirlenmesi amacıyla yürütülen bu çalışmada; her iki çeşit/tür için sterilizasyon, *in vitro* çimlendirme ve bor birikimi konuları elde edilen sonuçlara göre değerlendirilmiştir.

4.1. Sterilizasyon

Çalışmada uygulanan sterilizasyon işlemlerinin şekli ve kullanılan maddelerin konsantrasyonları ön denemeler sonucunda belirlenmiştir.

Sterilizasyon denemelerindeki kontaminasyon oranları Tablo 4.1’de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Sterilizasyon denemelerinde kullanılan sodyum hipoklorit konsantrasyonları ve kontaminasyon oranları.

Sodyum hipoklorit (%)	Süre (dakika)	Kontaminasyon oranı (%)
10	20	100
20	20	75
25	20	20
30	20	5
30+fungusit(10 g/l)	20	0

Değerler 3 tekrerrün ortalamasıdır.

Yapılan sterilizasyon denemelerine rağmen kontaminasyon tam olarak engellenememiştir. Ön çalışmalarda oldukça iyi sonuç veren uygulamalar deneme sonuçlarıyla uygunluk göstermemektedir. En iyi sonucu veren %30’luk Axion

(%50 NaOCl içeriği olan ticari sodyum hipoklorit) çözeltisinin NaOCl konsantrasyonu %15 olup bu konsantrasyon literatürde belirtilen değerin oldukça üstündedir (Yorgancılar 1999). Fungusit ürünün etiketi üzerinde tavsiye edilen sınırlar içinde kullanılmıştır. Fungusit kullanımı her ne kadar kontaminasyonu azalttıysa da tam başarı sağlanamamıştır.

H₃BO₃ konsantrasyonlarının çimlenme üzerine etkisi de araştırıldığından sterilizasyon işlemleri sırasında fungusit ve hipoklorit konsantrasyonları da tohumun canlılığını etkileyebileceği için belirlenen konsantrasyonlar artırılmadan çalışmaya devam edilmiştir. Çalışmada çok sayıda kavanoz kullanılması (her çeşit/tür için 50 adet kavanoz, her kavanozda 5 adet tohum) kontaminasyon sonrası yeterince sağlam materyalin kalmasını sağladığı için analiz işlemlerinde materyal sıkıntısı çekilmemiştir.

4.2. *In Vitro* Çimlendirme

Kültüre alınan tohumlar; analiz için numune alınana kadar çimlenme ve gelişme durumlarının tespiti amacıyla iki gün ara ile gözlenmiştir. Buna göre farklı konsantrasyonlarda borik asit (H₃BO₃) içeren besin ortamlarında kültüre alınan tohumların, çimlenme yüzdelerinde farklılıklar meydana geldiği belirlenmiştir.

Tablo 4.2 ve 4.3 de farklı H₃BO₃ içeren MS ortamında Kızıltan-91 çeşidinde ortalama çimlenme yüzdesi ve buna ait varyans analiz sonuçları gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Farklı H₃BO₃ içeren MS ortamında Kızıltan-91 çeşidinde ortalama çimlenme yüzdeleri

Gün	Kızıltan-91 Çimlenme (%)				
	0 mg/l H ₃ BO ₃	6.2 mg/l H ₃ BO ₃	18.6 mg/l H ₃ BO ₃	55.8 mg/l H ₃ BO ₃	111.6mg/l H ₃ BO ₃
4	33.790 ab	36.167 a	31.333 ab	29.707 b	33.330 ab
8	58.333 b	74.220 a	53.997 bc	47.773 c	60.570 b
10	69.997 b	80.443 a	64.440 b	66.667 b	78.220 a
20	82.140 a	80.440 a	69.993 b	86.330 a	81.663 a

Değerler 3 tekerrürün ortalamasıdır. Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemsizdir.

4.gün için %5 önem seviyesine göre LSD: 4.94

diğer günler için %1 önem seviyesine göre LSD: 6.64

Tablo 4.3. Farklı H₃BO₃ içeren MS ortamında Kızıltan-91 çeşidinde ortalama çimlenme yüzdelere ait varyans analiz sonuçları

V.K.	S.D.	K.O.	F
Gün	3	6404.691	713.266**
Bor	4	301.817	33.612**
Gün*Bor	12	88.689	9.877**
Hata	40	8.979	
Genel	59	370.251	

** %1 seviyesinde önemlidir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre Kızıltan-91 çeşidinin tohumlarının çimlenme yüzdesi üzerine varyasyon kaynaklarının etkisi istatistiki olarak %1 seviyesinde önemli bulunmuştur. Gün x bor interaksiyonunun etkisinin önemli olması, buğday tohumlarının çimlenmesi üzerine besin ortamındaki bor miktarının etkisinin çimlenme süresine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Nitekim bazı istisnalar olmakla birlikte farklı günlerde elde edilen çimlenme yüzdeleri besin

ortamındaki bor konsantrasyonuna bağı olarak değişmekte ve elde edilen çimlenme yüzdeleri arasındaki farkların istatistik olarak %5 veya %1 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.3).

Kızıltan-91'de sayım günü arttıkça çimlenmenin de arttığı, en yüksek çimlenmenin 20. günde, 55.8 mg/l H₃BO₃ içeren besin ortamında %86.330, en düşük çimlenmenin 4. günde, yine aynı ortamda %29.707 olduğu tespit edilmiştir. Besin ortamı konsantrasyonu arttıkça çimlenmenin azaldığı, bor ile çimlenme arasında olumsuz bir etkileşim olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Kızıltan-91 tohumlarının çimlenme yüzdeleri ile çimlenme süresi ve besin ortamındaki bor konsantrasyonu arasında yapılan regresyon analizinde;

$Y = 8.34 + 37.91X - 4.49X^2 - 6.42B + 0.98B^2$, $R^2 = 0.886^{**}$ (Y=çimlenme yüzdesi; X=gün; B=bor konsantrasyonu) eşitliği ile ifade edilen %1 düzeyinde önemli bir ilişki bulunmuştur. Bu eşitliği göre çimlenme oranı, çimlenme süresinin birim artışı ile 37.91 birim artarken, besin ortamındaki bor konsantrasyonunun birim artışı ile 6.42 birim azalmaktadır.

Tablo 4.4 ve 4.5 de farklı H₃BO₃ içeren MS ortamında Tokak-157/37 çeşidinde ortalama çimlenme yüzdesi ve buna ait varyans analiz sonuçları gösterilmiştir.

Tablo 4.4. Farklı H₃BO₃ içeren MS ortamında Tokak-157/37 çeşidinde ortalama çimlenme yüzdesi

Gün	Tokak-157/37 Çimlenme (%)				
	0 mg/l H ₃ BO ₃	6.2 mg/l H ₃ BO ₃	18.6 mg/l H ₃ BO ₃	55.8 mg/l H ₃ BO ₃	111.6mg/l H ₃ BO ₃
4	68.240 ab	71.747 a	64.950 abc	55.917 b	59.000 bc
8	85.473 a	81.900 a	80.887 a	83.333 a	87.617 a
10	85.473 a	85.710 a	80.887 a	84.283 a	88.060 a
20	97.140 a	85.710 b	89.330 ab	93.000 ab	92.663 ab

Değerler 3 tekrerrün ortalamasıdır. Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemsizdir

%1 önem seviyesine göre LSD: 9.3

Tablo 4.5. Farklı H₃BO₃ içeren MS ortamında Tokak-157/37 çeşidinde ortalama çimlenme yüzdelere ait varyans analiz sonuçları

V.K.	S.D.	K.O.	F
Gün	3	2130.992	120.760**
Bor	4	52.969	3.002*
Gün*Bor	12	56.569	3.206**
Hata	40	17.647	
Genel	59	135.416	

** %1, * %5 seviyesinde önemlidir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre Tokak-157/37'de çimlenme üzerine günün ve bor konsantrasyonunun etkili olduğu belirlenmiştir. Günün çimlenmeye etkisi %1 seviyesinde önemli iken borun etkisi %5 ve her ikisinin ortak etkisi ise %1 seviyesinde önemlidir. Gün arttıkça çimlenmenin de arttığı, en yüksek çimlenmenin 20. günde, 0 mg/l H₃BO₃ içeren besin ortamında %97.140, en düşük çimlenmenin ise 4. günde 55.8 mg/l H₃BO₃ içeren besin ortamında %55.917 olduğu tespit edilmiştir. Besin ortamı konsantrasyonu arttıkça çimlenmenin azaldığı, bor ile çimlenme arasında olumsuz bir etkileşim olduğu belirlenmiştir. Regrasyon analizi sonuçlarına göre de buğdaya benzer bir şekilde Tokak-157/37 tohumlarının çimlenme yüzdesi, çimlenme süresi ve besin ortamındaki bor konsantrasyonuna bağlı olarak değişmekte olup bu ilişki belirleme katsayısı %1 düzeyinde önemli olan

$Y = 52.24 + 24.93X - 3.31X^2 - 6.42B + 0.96B^2$, $R^2 = 0.77^{**}$ şeklinde bir eşitlikle ifade edilmiştir (Y=çimlenme yüzdesi; X=gün; B=bor konsantrasyonu).

Paull ve ark. (1988), saksı denemelerinde 25, 50, 150 mg B/kg uygulayarak 7 buğday ve 2 arpa çeşit ve hattının tepkilerini inceledikleri araştırmanın sonucuna göre en yüksek uygulamada dozunun çimlenmeyi geciktirdiğini ancak çimlenme yüzdesinde bir değişikliğin olmadığını bildirmişlerdir. Bagheri ve ark. (1992), serada saksı denemelerinde farklı bor seviyelerinde yetiştirdikleri bezelyelerde çimlenmenin bor seviyesinden etkilenmediğini ifade etmişlerdir. Çimlenmenin bor konsantrasyonlarından etkilenmemiş olması yönüyle tez çalışması farklılık göstermektedir. Deneme süresince her iki çeşit/tür için süre ilerledikçe çimlenmenin arttığı, ancak ortamların H₃BO₃ konsantrasyonuna bağlı azalma gösterdiği

belirlenmiştir. Lima (1998), 0, 2, 4, 8, 10, 15 ve 20 mg B/dm³ çözelti ile doyurulmuş pamuk üzerinde bezelye çeşidi Rondo'nun tohumlarını çimlendirerek borun çimlenmeye etkisini incelemiştir. Yalnızca yüksek konsantrasyonlarda yaklaşık olarak %8 azalma gösteren çimlenme 8 mg B/dm³'e çıkıncaya kadar bor uygulamasından etkilenmediğini belirlemiştir. Ayrıca, fide gelişmesinde azalma ve toksite belirtilerinin ortaya çıktığı bor konsantrasyonundan 4 kat daha fazla bor bulunması durumunda tohumların çimlenme oranında azalma olduğunu ifade etmiştir. Yaptığımız çalışmada da genel olarak buğday ve arpa tohumlarının en yüksek çimlenme oranı 6.2 mg/l H₃BO₃ konsantrasyonunda elde edilmiş olup, daha yüksek konsantrasyonda bor uygulamalarında çimlenme yüzdesinin besin ortamındaki nem oranının çimlenme için yeterli düzeyde olması nedeniyle beklenen seviyede olumsuz etkilenmediği kanaatindeyiz.

Analiz için numunenin alındığı 20. gün bitki kök ve gövde uzunlukları ölçülmüştür.

Tablo 4.6 ve 4.7 de farklı H₃BO₃ içeren MS ortamlarında yetiştirilen 20 günlük Kızıltan-91 fidelerinde ölçülen ortalama uzunluklar ve bunlarla ilgili varyans analiz sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.6. Farklı H₃BO₃ içeren MS ortamlarında yetiştirilen 20 günlük Kızıltan-91 fidelerinde ölçülen ortalama uzunluklar

H ₃ BO ₃ (mg/l)	Bitki Uzunlukları (cm)			
	Kök	Gövde	Fide	Gövde/kök oranı
0	8.395	24.337 a	32.732 a	2.90
6.2	8.716	25.321 a	34.038 a	2.90
18.6	9.616	23.254 a	32.871 a	2.42
55.8	7.508	20.448 b	27.957 b	2.72
111.6	9.216	22.823 ab	32.039 a	2.48

Değerler 3 tekerrürün ortalamasıdır. Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemsizdir
% 5 önem seviyesine göre gövde için LSD: 2.53
% 5 önem seviyesine göre fide için LSD: 3.66

Tablo 4.7. Farklı H₃BO₃ içeren MS ortamlarında yetiştirilen 20 günlük Kızıltan-91'in kök, gövde ve fidelerine ait ortalama uzunlukların varyans analiz sonuçları

V.K.	S.D.	Kareler ortalaması		
		Kök	Gövde	Fide
Bor Kons.	4	1.309 ^{öd}	6.552*	10.885*
Hata	5	0.339	0.969	2.023
Genel	9	0.770	3.539	5.961

öd: önemli değil, * % 5 seviyesinde önemlidir.

Varyans analizi sonucuna göre uygulanan borun Kızıltan-91'de kök uzunluğu üzerine etkisi önemsiz bulunurken, gövde ve toplam fide uzunluğu üzerine etkisi %5 seviyesinde önemli olmuştur. Konsantrasyon artışıyla uzunluk azalmış, en uzun gövde 6.2 mg/l H₃BO₃ de 25.321 cm, en az uzunluk 55.8 mg/l H₃BO₃ de 20.448 cm olarak belirlenmiştir. Gövde uzunluğu için yapılan LSD testine göre 0, 6.2, 18.6 mg/l H₃BO₃ 1.grupta (a), 111.6 mg/l H₃BO₃ 2.grupta (ab) ve 55.8 mg/l H₃BO₃ 3.grupta (b) yer almıştır. Ayrıca yapılan regrasyon analizi sonucunda da Kızıltan-91'in gövde uzunluğu ile besin ortamının bor konsantrasyonu arasında $Y = 25.59 - 0.79X$ $R^2 = 0.392$ (Y= gövde uzunluğu, X= verilen bor konsantrasyonu) eşitliğiyle ifade edilebilen bir ilişki bulunmuştur. Bu eşitlikten de besin ortamının bor konsantrasyonunun artışıyla gövde uzunluğunun azaldığı görülmektedir.

Kızıltan-91'de fide uzunluğu da %5 önem seviyesinde besin ortamı bor konsantrasyonundan etkilenmiştir. Bor konsantrasyonu arttıkça uzunluk azalmış, en uzun fide 6.2 mg/l H₃BO₃ de 34.038 cm, en kısa fide 55.8 mg/l H₃BO₃ de 27.957 cm olarak tespit edilmiştir. Fide için yapılan LSD testine göre 0, 6.2, 18.6 ve 111.6 mg/l H₃BO₃ 1.gruba (a), 55.8 mg/l H₃BO₃ ise 2. gruba (b) dahil olmuştur. Regrasyon analizine göre de toplam fide uzunluğu ile besin ortamının bor konsantrasyonu arasında $Y = 34.17 - 0.75X$ $R^2 = 0.21$ (Y= fide uzunluğu, X= verilen bor konsantrasyonu) eşitliğiyle ifade edilebilen ters bir ilişki bulunmuştur.

Tablo 4.8 ve 4.9 da farklı H₃BO₃ içeren MS ortamlarında yetiştirilen 20 günlük Tokak-157/37 fidelerinde ölçülen ortalama uzunluklar ve bunlara ait varyans analiz sonuçları gösterilmiştir.

Tablo 4.8. Farklı H₃BO₃ içeren MS ortamlarında yetiştirilen 20 günlük Tokak-157/37 fidelerinde ölçülen ortalama uzunluklar

H ₃ BO ₃ (mg/l)	Bitki Uzunlukları (cm)			
	Kök	Gövde	Fide	Gövde/kök oranı
0	7.117	21.659 bc	28.777	3.04
6.2	7.027	21.176 c	29.221	3.01
18.6	7.386	23.507 a	30.894	3.18
55.8	6.661	20.755 c	27.416	3.11
111.6	6.282	22.530 ab	28.813	3.59

Değerler 3 tekerrürün ortalamasıdır. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemsizdir %5 önem seviyesinde LSD: 1.351

Tablo 4.9. Farklı H₃BO₃ içeren MS ortamlarında yetiştirilen 20 günlük Tokak-157/37 fidelerinin kök, gövde ve fide uzunluklarının varyans analiz sonuçları

V.K.	S.D.	Kareler ortalaması		
		Kök	Gövde	Fide
Bor Kons.	4	0,369 ^{öd}	2.435*	3.099 ^{öd}
Hata	5	1.062	0.276	1.742
Genel	9	0.754	1.236	2.345

öd: önemli değil, * % 5 seviyesinde önemlidir.

Besin ortamlarındaki farklı bor konsantrasyonlarının Tokak-157/37 fidelerinde kök uzunluğu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Bununla birlikte bor konsantrasyonunun gövde uzunluğuna etkisinin %5 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir. En fazla gövde uzunluğu 23.507 cm ile 18.6 mg/l H₃BO₃ içeren ortamda elde edilirken en düşük uzunluk 20.755 cm ile 55.8 mg/l H₃BO₃ içeren ortamda yetişen fidelerde tespit edilmiştir. Yapılan LSD testine göre gövde uzunlukları bakımından 18.6 mg/l H₃BO₃ 1.grupta (a), 111.6 mg/l H₃BO₃ 2.grupta (ab), 0 mg/l H₃BO₃ 3.grupta (bc), 6.2 ve 55.8 mg/l H₃BO₃ 4.grupta (c) yer

aldığı belirlenmiştir. Tokak-157/37'de gövde uzunluğu ile besin ortamının bor konsantrasyonu arasındaki ilişki regrasyon analizi ile belirleme katsayısı %5 seviyesinde önemli olan $Y = 26.71 - 1.75B + 0.16B^2$ $R^2 = 0.414^*$ (Y= gövde uzunluğu, B= bor konsantrasyonu) eşitliği ile ifade edilebilir.

Tokak-157/37'de fide uzunluğu için yapılan varyans analizleri fide uzunluğunda da bor etkisinin istatistiksel olarak önemsiz olduğunu göstermiştir.

Huang ve Graham (1990), organ seviyesinde toksik bor konsantrasyonuna tepkide yan kök gelişimi ve kök uzaması yönünden genotiplerin farklılık gösterdiğini, tarla denemelerinde dayanıklı olarak sınıflandırılan genotiplerin; duyarlı ve yarı duyarlı genotiplere göre daha uzun kök eksenine ve daha fazla lateral köklere sahip olduğunu belirtmişlerdir. El-Sharkavi ve ark.'nın (1999), borun buğdayda kök gelişimine etkisini inceledikleri çalışmalarına göre artan bor uygulamasıyla kılcal kök gelişimi hızlanmaktadır. Chantachume ve ark. (1995) ile Campbell ve ark. (1998), kök uzunluğunun bora toleranslılık için ıslah kriteri olarak kullanılabileceğini ifade etmişlerdir. Tez çalışmasında kullanılan genotiplerde kök uzunlukları için dikkati çeken bir farklılık görülmemiştir. Gövde uzunluğunda her iki tür/çeşitte de borik asit konsantrasyonuna bağlı bir farklılık görülmüş, Kızıltan-91'de fide uzunluğu bordan etkilenirken, Tokak-157/37'de etkilenmemiştir. Jamjod ve Rerkasem'in (1999) belirttiği gibi bor generatif döneme göre vejetatif dönemde daha az etkili olmaktadır. Gözlem ve ölçüm sonuçları da bunu desteklemektedir. Deneme süresinin vejetatif gelişiminin oldukça başında olduğu göz önüne alındığında bor etkisinin oluşmaması normal bir durum olarak değerlendirilmiştir.

4.3. Bor Birikimi

In vitro ortamda 20 gün boyunca yetiştirilmiş Kızıltan-91 ve Tokak-157/37 fidelerinin kök ve gövdeleri ile geliştikleri besin ortamlarından alınan örneklerin bor konsantrasyonları ICP-AES cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

Tablo 4.10 ve 4.11 de farklı H₃BO₃ içeren MS ortamlarında yetiştirilen 20 günlük Kızıltan-91 fideleri ile yetiştikleri besin ortamlarının ICP- AES’de yapılan bor analiz sonuçları ile bunlara ait varyans analiz sonuçları verilmektedir.

Tablo 4.10. Farklı H₃BO₃ içeren MS ortamlarında yetiştirilen 20 günlük Kızıltan-91 fideleri ile yetiştikleri besin ortamlarının ICP- AES’de yapılan bor analiz sonuçları

H ₃ BO ₃ mg/l	B µg/50ml	Kök µ/organ	Kök %	Gövde µg/organ	Gövde %	Fide %	Ortam mg/kg
0	0	2.231 d	-	4.903 d	-	-	3.496
6.2	54	2.289 d	26.703	5.879 d	73.298	15.574	7.949
18.6	162.5	6.660 c	22.671	21.607 c	77.330	17.395	15.933
55.8	488	9.209 b	13.430	57.405 b	86.571	13.650	43.211
111.6	975	15.097 a	19.008	67.621 a	80.992	8.484	92.567
ort		7.555	20.453	32.464	79.548	13.776	32.631

Değerler 3 tekerrürün ortalamasıdır. Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemsizdir.

%1 önem seviyesine göre kök için LSD: 1.925

%1 önem seviyesine göre gövde için LSD: 4.813

Tablo 4.11. Farklı H₃BO₃ içeren MS ortamlarında yetiştirilen ve ICP-AES’de bor analizi yapılan 20 günlük Kızıltan-91 fidelerinin kök ve gövdelerine ait varyans analiz sonuçları

V.K.	S.D.	Kareler ortalaması	
		Kök	Gövde
Bor Kons.	4	57.718**	1.718.746**
Hata	5	0.228	1.473
Genel	9	25.779	764.705

** %1 seviyesinde önemlidir.

Kızıltan-91'de kök bor konsantrasyonu ile ortam bor konsantrasyonu arasındaki ilişki %1 seviyesinde önemlidir. Konsantrasyon arttıkça kökte biriken bor miktarı da artmaktadır. En az bor birikimi 0 mg/l H₃BO₃ da 2.231 µg/g B ile, en çok bor birikimi ise 111.6 mg/l H₃BO₃ da 15.097 µg/g B ile gerçekleşmiştir. Kök için yapılan LSD testine göre 111.6 mg/l H₃BO₃ 1.grupta (a), 55.8 mg/l H₃BO₃ 2.grupta (b), 18.6 mg/l H₃BO₃ 3.grupta (c), 6.2 ve 0 mg/l H₃BO₃ 4.grupta (d) yer almaktadır. Yapılan regrasyon analiz sonucuna göre Kızıltan-91 köklerinde biriken bor konsantrasyonu ile ortam bor konsantrasyonu arasında $Y = -2.70 + 3.26X$ $R^2 = 0.919^{**}$ (Y= Kök bor konsantrasyonu, X= Verilen bor konsantrasyonu) eşitliği ile ifade edilebilen bir ilişki tespit edilmiştir. Konsantrasyon artışı ile kökte biriken borun arttığı açıkça görülmektedir.

Kızıltan-91'de bor birikimi gövde için değerlendirildiğinde de %1 önem seviyesinde benzer ilişki tespit edilmiştir. Bor birikiminin en az 0 mg/l H₃BO₃ da 4.903 µg/g B, en çok 111.6 mg/l H₃BO₃ da 67.621 µg/g B olduğu belirlenmiştir. Gövde için yapılan LSD testine göre 111.6 mg/l H₃BO₃ 1.grupta (a), 55.8 mg/l H₃BO₃ 2.grupta (b), 18.6 mg/l H₃BO₃ 3.grupta (c), 6.2 ve 0 mg/l H₃BO₃ 4.grupta (d) yer almaktadır. Yapılan regrasyon analiz sonucuna göre Kızıltan-91 gövdesinde biriken bor konsantrasyonu ile besin ortamının bor konsantrasyonu arasındaki ilişki $Y = -21.61 + 17.7X$ $R^2 = 0.91^{**}$ (Y= Gövde bor konsantrasyonu, X= Verilen bor konsantrasyonu) eşitliği ile ifade edilebilir.

Tablo 4.12 ve 4.13 de farklı H₃BO₃ içeren MS ortamlarında yetiştirilen 20 günlük Tokak-157/37 fidelerinin kök ve gövde kısımları ile yetiştikleri besin ortamlarının ICP- AES'de yapılan bor analiz sonuçları ve bunlara ait varyans analiz sonuçları gösterilmiştir.

Tablo 4.12. Farklı H₃BO₃ içeren MS ortamlarında yetiştirilen 20 günlük Tokak-157/37 fidelerinin kök ve gövde kısımları ile yetiştikleri besin ortamlarının ICP- AES’de yapılan bor analiz sonuçları

H ₃ BO ₃ mg/l	B µg/50ml	Kök µ/organ	Kök %	Gövde µg/organ	Gövde %	Fide %	Ortam mg/kg
0	0	0.533 d	-	0.738 e	-	-	1.495
6.2	54	1.780 cd	21.815	6.388 d	78.186	23.493	8.624
18.6	162.5	3.037 c	20.988	19.056 c	79.012	14.561	25.217
55.8	488	8.707 b	17.878	79.987 b	82.123	9.980	41.881
111.6	975	17.290 a	14.713	100.549 a	85.288	12.086	82.133
ort		6.269	18.849	4.344	81.152	15.03	31.87

Değerler 3 tekrerrürün ortalamasıdır. Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemsizdir.

%1 önem seviyesine göre kök için LSD: 2.074

%1 önem seviyesine göre gövde için LSD: 1.254

Tablo 4.13. Farklı H₃BO₃ içeren MS ortamlarında yetiştirilen ve ICP-AES’de bor analizleri yapılan 20 günlük Tokak-157/37 fidelerinin kök ve gövdelerine ait varyans analiz sonuçları

V.K.	S.D.	Kareler ortalaması	
		Kök	Gövde
Bor Kons.	4	95.449**	3.277.313**
Hata	5	0.265	0.097
Genel	9	42.569	1.456.37

** %1 seviyesinde önemlidir.

Ortamlarda bulunan farklı konsantrasyondaki bor ile Tokak-157/37’de kökte biriken bor içeriği arasında %1 seviyesinde önemli ilişki belirlenmiştir. Konsantrasyon arttıkça kökte biriken bor miktarı da artmaktadır. En düşük kök bor konsantrasyonunun 0.533 µg/g B ile 0 mg/l H₃BO₃ da yetiştirilen fidelerin köklerinde, en yüksek 17.290 µg/g B ile 111.6 mg/l H₃BO₃ da yetiştirilen fidelerin köklerinde biriktiği belirlenmiştir. Yapılan LSD testine göre bor birikimi bakımından 111.6 mg/l H₃BO₃ 1.grupta (a), 55.8 mg/l H₃BO₃ 2.grupta (b), 18.6 mg/l H₃BO₃ 3.grupta (c), 6.2 mg/l H₃BO₃ 4.grupta (cd) ve 0 mg/l H₃BO₃ 5. grupta (d) yer almaktadır. Yapılan regrasyon analizine göre Tokak-157/37’de kökte biriken bor ile ortam bor konsantrasyonu arasında $Y = -5.86 + 4.04X$ $R^2 = 0.85^{**}$ (Y= Kök bor

konsantrasyonu, X = Verilen bor konsantrasyonu) eşitliği ile ifade edilen %1 seviyesinde önemli bir ilişki bulunmuştur.

Benzer ilişki Tokak-157/37'nin gövdesinde de tespit edilmiştir. Besin ortamı bor içeriği ile gövde bor içeriği arasında %1 seviyesinde önemli bir ilişki vardır. Konsantrasyon artışıyla gövdede biriken bor miktarı da artmış, artışın gövdede köke göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. En düşük gövde bor konsantrasyonunun $0.738 \mu\text{g/g}$ B ile $0 \text{ mg/l H}_3\text{BO}_3$ da yetiştirilen fidelerin gövdelerinde, en yüksek $100.549 \mu\text{g/g}$ B ile $111.6 \text{ mg/l H}_3\text{BO}_3$ da yetiştirilen fidelerin gövdelerinde biriktiği belirlenmiştir. Yapılan LSD testine göre bor birikimi bakımından $111.6 \text{ mg/l H}_3\text{BO}_3$ 1.grupta (a), $55.8 \text{ mg/l H}_3\text{BO}_3$ 2.grupta (b), $18.6 \text{ mg/l H}_3\text{BO}_3$ 3.grupta (c), $6.2 \text{ mg/l H}_3\text{BO}_3$ 4.grupta (d) ve $0 \text{ mg/l H}_3\text{BO}_3$ 5.grupta (e) da yer almaktadır. Tokak-157/37'de gövdede biriken bor ile besin ortamı bor konsantrasyonu arasında %1 seviyesinde önemli ilişki $Y = -36.62 + 23.32X$ $R^2 = 0.83^{**}$ (Y = Gövde bor konsantrasyonu, X = Verilen bor konsantrasyonu) eşitliği ile ifade edilebilir.

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 alımı lineer olarak arttığını bildirmişlerdir. Bizim çalışmamız da benzer sonuçlar ortaya koymuştur. Besin ortamındaki bor miktarı arttıkça bitkilerce alınan ve bitkide biriken bor miktarında da artış olmaktadır. Her iki çeşit/türde de gövde kısmındaki bor miktarındaki artış köklerden daha fazla bulunmuştur. Riley ve Rabson (1994), büyüme ilerledikçe gövde bor konsantrasyonunun arttığını ifade etmişlerdir. Bu durum Brown ve Shelp (1997)'nin borun pasif taşındığı görüşünü desteklemektedir.

Pasif taşımının işleyişinde transprasyon önemli etkiye sahiptir. Nable ve ark. (1990c), artan su kullanımı ile transprasyonun yoğun olduğu yapraklar başta olmak üzere bitkide bor konsantrasyonunun arttığını belirtmişlerdir. Laboratuvar ortamının kontrollü oluşu transprasyondan kaynaklı bor alım farklılığını minimuma indirmesi nedeniyle transprasyonun bor alımı üzerine etkisi tam olarak belirlenememiştir. Ancak gövde bor içeriğinin konsantrasyona bağlı lineer bir artış göstermesi borun pasif taşındığının ifade edildiği çalışmalar ile benzerlik göstermektedir.

20. gün alınan numunelerde Tokak-157/37'nin kökünde Kızıltan-91'in gövdesindeki nisbi bir bor artışı dikkati çekmektedir. Paull ve ark. (1991a),

yürüttükleri bora yönelik tolerans mekanizması çalışmalarında buğdayda gövdede daha az B birikimiyle toleransın bağlantılı olduğunu belirlemişlerdir. Nable ve ark. (1990b), arpada her genotipin B uygulamalarından farklı etkilendiğini, toksiteye daha dayanıklı olan genotiplerin kök ve yeşil aksamda daha az bor biriktirdiğini ve bu durumun genotiplerin farklı bor alım yeteneklerinden kaynaklanmış olabileceğini ifade etmişlerdir. Nable (1988), arpa ve buğdayda ortamdaki bor artışına paralel olarak doku bor konsantrasyonunda da artış olduğunu ancak toleranslı genotiplerde bu artışın daha az olduğunu bildirmiştir. Yine aynı şekilde Güneş ve ark. (2000), mısırdaki hassas genotiplerin diğerlerine göre daha fazla bor içerdiğini belirlemişlerdir. Bu çalışmada da tür/çeşit arasında bitkide bir farklılığın olduğu görülmektedir. Arpa ve buğday arasında nispi bir fark tespit edilmiştir. Ancak bu farklılığın temelindeki tolerans mekanizması belirlenememiştir. Konu üzerinde daha fazla çeşit ile çalışma yapılması gerekmektedir. Bu nedenle tez çalışması bir ön araştırma niteliğindedir.

Bor uygulaması yapılmamış 0 mg/l besin ortamlarında analiz sonuçlarına göre bor bulunmuştur. Bu durum sterilizasyon çözeltileri, agar ve kullanılan kaplardan belirli oranlarda bor bulaştığını göstermektedir. Kökten salınım ile ortama bor çıkışının olup olmadığı belli değildir. Ancak her çalışmada farklı konsantrasyonların çıkması bu ihtimalin zayıf olduğunu göstermektedir. Yine de bu konu çok net bir şekilde belirlenememiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bor alımını etkileyen faktörleri; bitki, toprak ve çevre etmenleri şeklinde gruplandırmak mümkündür. Bitkinin alabileceği bor; organik madde, kil minerallerinin durumu, toprak tekstürü, toprak pH'sı gibi toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerince kontrol edilir. Toprakta bor adsorpsiyonu ve bor yarıyışlılığını etkileyen faktörler arasında sıcaklık ve nem de bulunmaktadır. Bu nedenle deneysel olarak şartları kontrol edilen besin ortamı üzerinde yetişen *in vitro* aksenik fideler ise bitki organları içinde bor alımı ve bor dağılımının analizi için mükemmel materyal sağlayabilir. Çünkü besin ortamlarında bunlara benzer bor alımını etkileyecek faktörler yoktur yada minimum seviyeye indirilmiştir.

Uzun çalışmaların bir ürünü olarak Murashige ve Skoog tarafından 1962 yılında geliştirilen MS besin ortamı biyoteknolojik çalışmalarda en yaygın kullanılan formülasyondur. 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, gelişmekte olan bitki için ideal sıcaklık, nem ve fotoperiyot isteği 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 teşhisinde kolaylık sağlayabilmektedir.

Kültür ortamı; toprak, saksı ve hidrofonic kültürlere göre avantajlıdır. Besin ortamlarında özellikle filtreleme ve mikroorganizmalar gibi pek çok faktörden etkilenen ortam komponentlerinin konsantrasyonları kontrol edilebilmektedir. Örneklemeden sonra ortamda kalan borun analizi köklerin bor salgısının olup olmadığı test edilebilmesi için imkan sunabilir. Toprak yerine agar kullanımı ise toprakta meydana gelen bazı faktörleri (adsorpsiyon, yıkanma, fiksasyon vs.) elemine etmektedir. Daha önce yaygın olarak toprak, kum ve hidrofonic kültürlerde çalışılmış olduğu düşünüldüğünde özellikle mikro besin elementleri ile ilgili çalışmalara tez çalışmasında kullanılan yöntemler yeni bir bakış açısı getirmektedir. Kullanılan agarın tek dezavantajı içerisinde belirli bir miktar bor bulunabileceğidir. Ama tüm

deneylerde aynı agar kullanıldığı için çeşitler ve bitki kısımlarının göstereceği tepkinin değişmeyeceği düşünülmektedir. Klasik yöntemlere göre daha kısa sürede ve daha güvenilir bir şekilde bu çalışma ve benzerleri ile tespiti zor olan bazı hususların üstesinden gelinebilir.

Bor alımı yönünden bitki türleri hatta aynı türün genotipleri arasında önemli farklar vardır ve benzer çevre şartlarında yetişmeler bile türler arasında bor konsantrasyon farklılıkları bariz bir şekilde ortaya çıkar. Bununla birlikte bitkilerin büyüme sırasında bor alımı, borun yararlı hale nasıl getirildiği, türler arası hatta tür içi bitki farklılığının nereden kaynaklandığı gibi konular netlik kazanmamıştır. Bu tez çalışmasında uygulanan yöntem; bor alımı üzerine etki eden pek çok faktörü ortadan kaldırmakta yada minimum seviyeye indirmektedir. Bu sayede bitki faktörü daha doğru bir şekilde gözlenebilir. Bor noksanlığı gübreleme gibi çeşitli yöntemler ile giderilebilse de toksite probleminin çözümü daha zor ve zaman alıcıdır. Pratikte uygulaması en kolay yöntem ise toksiteye dayanıklı çeşitlerin kullanılmasıdır. Tür/çeşit bazında yapılan bu tez çalışmasında kullanılan yöntemler; klasik ıslah yöntemlerini desteklemek ve yeni toleranslı (noksanlık-toksite) genotipleri belirlemek için alternatif bir yol sunmaktadır. Bunun dışında elde edilecek temel bilgiler daha sonra yapılacak *in vitro* seleksiyon, doku kültürü çalışmaları ve gen transferi gibi ileri ıslah yöntemlerine temel hazırlamaktadır.

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. Besin ortamını oluşturan elementlerin stok solüsyonları besin ortamlarının amaca göre kolayca modifiye edilebilmesini sağlar. Bu sayede bir element seviyesinde araştırmalar yapılabildiği gibi element interaksyonları da tespit edilebilmektedir. Kullanılan bu metot ile laboratuvar şartlarında farklı genotiplerin tolerans ve hassasiyetleri belirlenerek bu yönde seçim yapılabilir. En azından bu genotiplerin bor alımı ve borun bitkideki dağılımı belirlenebilir.

Campbell ve ark. (1998), borca zengin bir çözeltinin üzerinde yetiştirilen buğday fideleri ile buğday genotiplerinin bora toleransı için seçim yapabilmek amacıyla kök uzunluklarının sürekli ölçülmesi yöntemini geliştirmişlerdir. Tez çalışmasında tüm deneyle ilgili parametrelerin kontrolü yanında toprağın yerine

geçen agarı kapsayan aseptik koşullar sayesinde mikroorganizmalar tarafından borun kullanımını engelleyen bir yöntem kullanılmıştır. Metot Campbell ve ark.(1998)'nın yöntemine göre daha pahalı gibi görünmekle birlikte çok daha kolay ve doğru sonuç vermektedir. Modern ıslah çalışmalarının temelini oluşturan besin ortamı ve aksenik şartların kullanımının yanında yine günümüzün gelişmiş analiz yöntemleri arasında gösterilen ICP-AES ile bor analizlerinin yapılmış olması yöntemin benzerlerine göre daha üstün olmasının bir göstergesidir.

Buğday (Kızıltan-91) ve arpada (Tokak-157/37) *in vitro* fidelerin bazı morfolojik özellikleri ile fidelerin bor alımının ICP-AES ile tespiti amacıyla yürütülen bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

Kızıltan-91 çeşidinin tohumlarının çimlenme yüzdesi üzerine gün ve ortam bor konsantrasyonunun etkisi istatistiki olarak %1 seviyesinde önemli bulunmuştur. Gün x bor interaksiyonunun etkisinin önemli olması, buğday tohumlarının çimlenmesi üzerine besin ortamındaki bor miktarının etkisinin çimlenme süresine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Bazı istisnalar olmakla birlikte farklı günlerde elde edilen çimlenme yüzdeleri besin ortamındaki bor konsantrasyonuna bağlı olarak değiştiği ve elde edilen çimlenme yüzdeleri arasındaki farkların istatistiki olarak %5 veya %1 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir. Sayım günü arttıkça çimlenmenin de arttığı, en yüksek çimlenmenin 20. günde, 55.8 mg/l H₃BO₃ içeren besin ortamında %86.330, en düşük çimlenmenin 4. günde, yine aynı ortamda %29.707 olduğu tespit edilmiştir.

Tokak-157/37'de çimlenme üzerine günün ve bor konsantrasyonunun etkili olduğu belirlenmiştir. Günün çimlenmeye etkisi %1 seviyesinde önemli iken borun etkisi %5 ve her ikisinin ortak etkisi ise %1 seviyesinde önemlidir. Gün arttıkça çimlenmenin de arttığı, en yüksek çimlenmenin 20. günde, 0 mg/l H₃BO₃ içeren besin ortamında %97.140, en düşük çimlenmenin ise 4. günde 55.8 mg/l H₃BO₃ içeren besin ortamında %55.917 olduğu tespit edilmiştir.

Kızıltan-91 için uygulanan borun kök uzunluğu üzerine etkisi önemsiz, gövde ve toplam fide uzunluğu üzerine etkisi %5 seviyesinde önemli olmuştur. Konsantrasyon artışıyla uzunluk azalmış, en uzun gövde 6.2 mg/l H₃BO₃ de 25.321cm, en az uzunluk 55.8 mg/l H₃BO₃ de 20.448 cm olarak belirlenmiştir. Fide uzunluğu da %5 önem seviyesinde besin ortamı bor konsantrasyonundan

etkilenmiştir. Bor konsantrasyonu arttıkça uzunluk azalmış, en uzun fide 6.2 mg/l H_3BO_3 de 34.038 cm, en kısa fide 55.8 mg/l H_3BO_3 de 27.957 cm olarak tespit edilmiştir.

Tokak-157/37 fidelerinde besin ortamlarındaki farklı bor konsantrasyonlarının kök uzunluğu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Bununla birlikte bor konsantrasyonunun gövde uzunluğuna etkisinin %5 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir. En fazla gövde uzunluğu 23.507 cm ile 18.6 mg/l H_3BO_3 içeren ortamda elde edilirken en düşük uzunluk 20.755 cm ile 55.8 mg/l H_3BO_3 içeren ortamda yetişen fidelerde tespit edilmiştir. Fide uzunluğu için yapılan varyans analizleri fide uzunluğunda da bor etkisinin istatistiksel olarak önemsiz olduğunu göstermiştir.

Kızıltan-91'de kök bor konsantrasyonu ile ortam bor konsantrasyonu arasındaki ilişkinin %1 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon arttıkça kökte biriken bor miktarı da artmaktadır. En az bor birikimi 2.231 $\mu\text{g/g}$ B ile 0 mg/l H_3BO_3 içeren ortamda, en çok bor birikimi ise 15.097 $\mu\text{g/g}$ B ile 111.6 mg/l H_3BO_3 içeren ortamda yetiştirilen fidelerin köklerinde olmuştur. Birikim gövde için değerlendirildiğinde de %1 önem seviyesinde benzer ilişki tespit edilmiştir. Bor birikiminin en az 4.903 $\mu\text{g/g}$ B ile 0 mg/l H_3BO_3 içeren besin ortamında, en çok 67.621 $\mu\text{g/g}$ B ile 111.6 mg/l H_3BO_3 içeren besin ortamında olduğu belirlenmiştir.

Tokak-157/37 fidelerinde ortamlarda bulunan farklı konsantrasyondaki bor ile kökte biriken bor içeriği arasında %1 seviyesinde önemli ilişki belirlenmiştir. Konsantrasyon arttıkça kökte biriken bor miktarı da artmaktadır. En düşük kök bor konsantrasyonunun 0.533 $\mu\text{g/g}$ B ile 0 mg/l H_3BO_3 da yetiştirilen fidelerin köklerinde, en yüksek 17.290 $\mu\text{g/g}$ B ile 111.6 mg/l H_3BO_3 da yetiştirilen fidelerin köklerinde biriktiği belirlenmiştir. Benzer ilişki gövdede de tespit edilmiştir. Besin ortamı bor içeriği ile gövde bor içeriği arasında %1 seviyesinde önemli bir ilişki vardır. Konsantrasyon artışıyla gövdede biriken bor miktarı da artmış, artışın gövdede köke göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. En düşük gövde bor konsantrasyonunun 0.738 $\mu\text{g/g}$ B ile 0 mg/l H_3BO_3 da yetiştirilen fidelerin gövdelerinde, en yüksek 100.549 $\mu\text{g/g}$ B ile 111.6 mg/l H_3BO_3 da yetiştirilen fidelerin gövdelerinde biriktiği belirlenmiştir.

Sonuç olarak bu çalışma ile bir mikro element olan borun alımı,taşınması ve bitki gelişimine etkileri gibi netlik kazanmamış noktalarına ışık tutulmuştur. Ancak araştırılan noktaların netleşmesi için çalışma farklı çeşitler kullanılarak devam ettirilebilir, laboratuvar çalışmaları, öncelikle seralarda saksı denemeleri ve akabinde tarla denemeleriyle desteklenebilir. Türkiye'nin pek çok bitki türünün anavatanı olduğu dikkate alındığında genetik zenginliğimiz benzeri çalışmalar ile belirlenebilir, toleranslı çeşitler geliştirilebilir ve tarımsal potansiyelimiz değerlendirilebilir.



**T.C. YÜKSEKOKUL EĞİTİM KURUMU
BİLİMSEL ARAşTIRMALAR ENSTİTÜSÜ**

KAYNAKLAR

- Akkaya, A. 1994.** Buğday Yetiştiriciliği. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv. Genel Yayın No:1. Ziraat Fak. Genel Yayın No: 1. Ders Kitapları Yayın No: 1. Kahramanmaraş.
- Aktaş, M. 1991:** Bitki Besleme Ve Toprak Verimliliği. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları: 1202. Ders Kitabı: 347. Ankara.
- Alkan, A. 1994.** Orta Anadolu Ve GAP Bölgelerinde Yetiştirilen Değişik Arpa Ve Buğday Genotiplerinin Bor Beslenme Statüsünün Belirlenmesi. Yüksek lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana.
- Altan, A., Kalaycı, M., Yılmaz, A., Ekiz,H., Torun, B., Eker, S., Çakmak, İ., 1995.** Değişik Arpa Genotiplerinde Bor Toksitesinin Araştırılması. Arpa Malt Sempozyumu. 5-7 Eylül, Konya.
- Anonim, 2000.** Tohumluk Kataloğu. TİGEM. Ankara.
- Anonim, 2001.** Tarımsal Yapı ve Üretim. DİE. Ankara.
- Aydemir, O., İnce, F. 1988.** Bitki Besleme. Dicle Üniv. Eğitim Fak. Yayınları No:2 Diyarbakır.
- Aydeniz, A., Brohi, A. 1993.** Gübreler ve Gübreleme. Gaziosmanpaşa Üniv. Yayınları No: 1. Ziraat Fak. Yayın No: 1. Ders Kitapları Serisi Yayınları No:1. Tokat.
- Babaoğlu, M., Yorgacılar, M., Akbudak, M.A. 2001.** Doku Kültürü: Temel Laboratuvar Teknikleri. Bitki Biyoteknolojisi. Babaoğlu, M (ed.).1-35. Selçuk Üniversitesi Vakfı Yayınları. Konya.
- 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; 17 ref.
- Benderdour, M., Bui, V.T., Dicko, A., Belleville, F. 1998.** *In vivo* and *In vitro* Effects of boron and boronated compounds. J Trace Elem Med Biol. 12(1):2-7. Germany. (<http://www.infotreve.com/freemedline>)
- Blevins, G.D., Lukazewski, M.K. 1998.** Boron in Plant Structure and Function. Annual Review of Plant Physiology and Plant Moleküler Biology. 49: 481-500.

- Brown, P.H., Hu, H. 1996.** Phloem Mobility of Boron is Species Dependent: Evidence for Phloem Mobility in Sorbitol-rich Species. *Annals of Botany*. 77 (5): 497.
- Brown, P.H., Hu, H. 1997.** Does boron play only a structural role in the growing tissues of higher plants? *Plant and Soil*. V: 196(2): 211-215.
- 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.
- Brown, P.H., Hu, H. 1998.** Boron mobility and consequent management in different crops. *Better Crops with Plant Food*. 82:2, 28-31; 3 col. pl.
- Campbell, T.A., Rathjen, A.J., Paull, J.G., Islam, A.K.M.R. 1998.** Method for screening bread wheat for tolerance to boron. *Eupatica*. 100: 131-135. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
- Canhong C. 1992.** Variation in responses to boron deficiency in wheat genotypes. (<http://www.aggie.cmu.ac.th/graduate/thesis/prod47.html>). Thesis Abstract of AGS Students.
- Chantachume, Y., Smith, D., Hollanby, G.J., Paull, J.G., Rathjen, A.J. 1995.** Screening for boron tolerance in wheat (*Triticum aestivum*) by solution culture in filter paper. *Plant and Soil*. 177: 249-254.
- Cristobal, J.J.C., Fontes, A.G. 1999.** Boron deficiency causes a drastic decrease in nitrate content and nitrate reductase activity, and increases the content of carbohydrates in leaves from tobacco plants. *Planta*. Volume: 209. Issue 4. pp 528-536.
- El-Sharkawi, H.M., Farkhali, K.A., Sayed, S.A. 1999.** Growth characteristics of *Triticum aestivum* L. roots under different treatment combinations of boron, matric water potential and temperature. *Seed Science and Technology*. 27:1, 239-249; 25 ref
- 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., and M., Babaoğlu. 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., and W., Micholaichuk. 1985.** Boron Toxicity and Deficiency. A Review. *Can. J. of Soil Sci.* 65, 381-408.
- Güneş, A., Alpaslan, M. 2000.** Boron uptake and toxicity and maize genotypes in relation to boron and phosphorus supply. *Journal of plant nutrition.* Vol: 23. 4: 541-550.
- Güneş, A., Alpaslan, M., Özcan, H., Çıkılı, Y. 2000.** Türkiye’de Yaygın Olarak Yetiştirilen Mısır (*Zea mays L.*) Çeşitlerinin Bor Toksitesine Duyarlılıkları. *Turkish Agricultural and Forestry.* 24: 277-282. TÜBİTAK. Ankara.
- Graham, M.J., Heavner, D.L., Nickell, C.D., Widholm, J.M. 1993.** Response of soybean genotypes to boron, zinc and manganese deficiency in tissue culture. *Plant and Soil.* 150: 2, 307-310; 28 ref.
- Hu, H., Brown, P.H. 1997.** Absorbtion Of Boron By Plant Roots. **Boron in Soils and Plants: Reviews.** Kluwer Academic Publishers. Printed In The Netherlands. *Plant and Soil.* 193: 49-58.
- Huang, C.Y., Graham, R.D. 1990.** Resistance of wheat genotypes to boron toxicity is expressed at cellular level. *Plant and Soil.* 126:2, 295-300; 10 ref.
- Huang, L., Pant, J., Dell, B., Bell, R. 2000.** Effects of Boron Deficiency on Anther Development and Floret Fertility in Wheat (*Triticum aestivum L.* cv Wilgoyne). *Annals of Botany* 85:4,493-500.
- Jamjod, S., Mann, C.E., Rerkasem, B. 1993.** Combining ability of response to boron deficiency in wheat. *Developments in Plant and Soil Science.* Vol:50, 359-361; 8 ref. Kluwer Academic Publishers. Printed in Netherlands.
- Jamjod, S., Rerkasem, B. 1999.** Genotypic variation in response of barley to deficiency. *Plant and Soil.* 215:1, 65-72.
- Jefferies, S.P., Barr, A.R., Karakuosis, A., Kretschmer, J.M., Manning, S., Chalmers, K.J., Nelson, J.C., Islam, A.K.M.R., Langridge, P. 1999.** Mapping of chromosome regions conferring boron toxicity tolerance in barley (*Hordeum vulgareL.*). *Theoretical and Applied Genetics.* 98:8, 1293-1303; 28 ref.

- Kacar, B. 1984.** Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları: 899. Ders Kitabı: 250. Ankara.
- Kacar, B. 1994.** Gübre Bilgisi. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları No:1383. Ders Kitabı: 397. Ankara.
- Kacar, B., Katkat, A.V. 1998.** Bitki Besleme. Uludağ Üniv. Güçlendirme Vakfı Yayın No: 127. Vipaş Yayın No: 3. Bursa.
- Kalaycı, M., Alkan, A., Çakmak, İ., Bayramoğlu, O., Yılmaz, A., Aydın, M., Özbek, V., Ekiz, H., Özberisoy, F. 1997.** Studies on differential response of wheat cultivars to boron toxicity. Wheat: projects for global improvement. Proceedings of the 5th International Wheat Conference, Broun, H.J.(ed)10-14 June. Ankara, Turkey. Developments in Plant Breeding. Volume 6;11 ref.
- Kaptan, H. 1995.** Toprak Verimliliği Ve Bitki Besleme. Harran Üniv. Ziraat Fak. Ders Notları No: 1. Şanlıurfa.
- Keren, R., Bingham, F.T. 1985.** Boron in Water, Soil and Plants. In Adv. In Soil Sci. Stewart B.A.(ed.) Vol.1: 229-276.
- 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.
- Li, W.H., M.C. Kui, N.S. Chao, M.P. Jern, W.J. Chu and C.L. Wang, 1978.** Studies on the causes of sterility on wheat. J. North eastern Agric. College. 31, 1-19 (In Chinese with English abstract).
- Lima, M.D.R. 1998.** Seed germination of pea (*Pisum sativum L.*) under different concentration boron levels. IRRIGA. 3:1, 47-54; 8 ref.
- Mahalakshmi, V., Yau, S.K., Ryan, J., Peacock, J.M. 1995.** Boron toxicity in barley (*Hordeum vulgare L.*) seedlings in relation to soil temperature. Plant and Soil. 177:2, 151-156; 15 ref.
- Mahboobi, H., Yücel, M., Öktem, H.A. 2000.** Changes in total protein profiles of barley cultivars in response to toxic boron concentration. Journal of Biological Sciences. 23:3, 391-399; 22 ref.
- Marschner, H. 1995.** Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. New York. USA.

- Martens, D.C., Westermann, D.T. 1991.** Fertilizer Applications For Correcting Micronutrient Deficiencies. Mortvedt (ed.) *Micronutrients In Agriculture*. 549- 584. Published Soil Science Society Of America. Madison, USA.
- Moraghan, J.T., Mascagni, J.R. 1991.** Environmental and Soil Factors Affecting Micronutrient Deficiencies and Toxicity. Mortvedt (ed.) *Micronutrients In Agriculture*. 371-411. Published Soil Science Society Of America. Madison, USA.
- Mozafar, A. 1989.** Boron effect on mineral nutrients of maize. *Agronomy Journal*. 81:2. 285-290.
- 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; 15 ref.
- 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; 22 ref.
- 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., Cartwright, B., Rathjen, A.J. 1988.** Responses of wheat and barley genotypes to toxic concentrations of soil boron. *Euphytica*. 39, 137-144

- Paull, J.G., Rathjen, A.J., Cartwright, B. 1991a.** Tolerance to high concentrations of boron for the amphiploid of *Triticum aestivum* x *Agropyron elongatum*. *Plant and Soil*. 133:2, 297-299; 15 ref.
- Paul, J.G., Rathjen, A.J., Cartwright, B. 1991b.** Major gene control of tolerance of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) to high concentration of soil boron. *Euphytica*. 55:3, 217-228; 23 ref
- Paul, J.G., Nable, R.O., Rathjen, A.J. 1992.** 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.
- Reisenauer, H. M., Walsh, L. M., and R. G., Hoelt, 1973.** Testing Soils for Sulphur, Boron, Molybdenum, and Chlorine. In Walsh L.M., and Beaton J.D. (Eds.), *Soil Testing and Plant Analysis*. Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, USA, pp. 173-200.
- Rerkasem, B., D.A. Sounders and B. Dell, 1989.** Grain set failure and boron deficiency in wheat. *J. Agric. (Chiang Mai University)* 5, 1-10.
- Rerkasem, B., Jamjod, S. 1997.** Genotypic Variation in Plant Response to Low Boron and Implication for Plant Breeding. *Boron in Soils and Plants. Reviews*. Kluwer Academic Publishers. Printed In The Netherlands. *Plant and Soil*. 193:169- 180.
- Rerkasem, B., D.A. Sounders and B. Dell, 1989.** Grain set failure and boron deficiency in wheat. *J. Agric. (Chiang Mai University)* 5, 1-10.
- Riley, M.M., Rabson, A.D., Dellar, G.A., Gartrell, J.W. 1994.** Critical toxic concentrations of boron are variable in barley. *Journal of Plant Nutrition*. Vol: 17 (10)p. 1701-1709.
- Riley, M.M., Rabson, A.D. 1994.** Pattern of supply affects boron toxicity in barley. *Journal of Plant Nutrition*. V: 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.

- Sheng-Bin, H. 2000.** Boron Deficiency of Crops in Taiwan. Extension Bullutein. Food & Fertilizer Technology Center. An International Information Center for Farmer in The Asia Pasific Region. August-2000. Taiwan (<http://www.agnet.org/library/article/eb486.html>)
- Silva, da A.R. and J.M.V. de Andrade, 1983.** Influence of microstrients on the male sterility on upland wheat and rice and soybean yields in red yellow latosal. Pesq. Agropec Bras Brasilia 18, 593-601. (in Portuquese with English abstract).
- Singh, D.V., Chauhan, R.P.S., Charan, R. 1976.** Safe and toxic limits of boron for grain in sandy loam and clay loam soils. Indian J. Agron. 21:309-315.
- Subedi, K.D., C.B. Budhathoki, M.Subedi and J.K. Tuladhar, 1993.** Survey and Research Report on Wheat Sterility Problem (1992/93). Working Paper No: 93/94, Nepal.
- Subedi, KD., Gregory, P.J., Summerfield, R.J., Gooding, M.J. 1999.** Boron accumulation and partitioning in wheat cultivars with contrasting tolerance to boron defieny. Plant and Soil. 214:1/2, 141-152.
- Taban, S., Erdal, İ. 2000.** Bor Uygulamasının Değişik Buğday Çeşitlerinde Gelişme ve Toprak Üstü Aksamda Bor Dağılımı Üzerine Etkisi.Turk. J. Agric. For. 24: 255-262.
- Tanaka, H. 1967.** Boron absorbtion by plant roots. Plant and Soil. 27: 300-302.
- Tandan, J.P. and S.M.A. Nagvi, 1992.** Wheat varietal screening for boron deficiency in India. In: C.E. Mann and B. Rerkasem (Eds.), Boron Deficiency in wheat, Wheat Spec. Rep. 11, pp. 76-78. CIMMYT, Mexico.
- Tisdale, S.L., Nelson, V.L. (Çeviren Gürel N.) 1982.** Toprak Verimliliği Ve Gübreler. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Yayınları No: 168. Ders Kitabı No:13. Adana.
- Torun, A., Yılmaz, A., Kalaycı, M., Gültekin, İ., Torun, B., Eker, S., Çakmak, İ. 1999.** Konya Koşullarında Yetiştirilen Farklı Buğday Çeşitlerinin Bor Toksitesine Duyarlılığının Sera Ve Tarla Koşullarında Araştırılması. Hububat Sempozyumu. Ekiz, H.(ed.) Sayfa No.317-327. 8-11 Haziran 1999. Konya.
- Yau, S.K., Hamblin, J., Ryan, J. 1994.** Phenotypic variation in boron toxicity tolerance in barley,durum and breat wheat. Rachis. 13:1-2, 20-25; 9 ref.

- Yau, S.K., Nahcit, M.M., Ryan, J., Hamblin, J. 1995.** Phenotypic variation in boron toxicity tolerance at seedling state in durum wheat (*Triticum durum* L.). *Euphytica*. 83:3, 185-191; 16 ref
- Yau, S.K., Nachit, M., Ryan, J. 1997.** Variation in growth, development and yield of durum wheat in response high soil boron. II. Differences between genotypes. *Australian Journal of Agricultural Research*. 48:7, 951-957; 22 ref.
- Yorgancılar, M. 1999.** Çayır Düğmesi (*Poterium sanguisorba* L.) ve Kohya'da (*Kochia prostrata* L.) Uygun Doku Kültürü Şartlarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Konya.
- Yürür, N. 1994.** Serin İklim Tahılları (Tahıllar-1) Uludağ Üniversitesi Yayınları. Yayın no:7-030-0256. Bursa.
- Zubaidi, A., McDonald, G.K., Hollamby, G.J. 1999.** Nutrients uptake and distribution by bread and durum wheat under drought conditions in South Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 39:6, 721-732; 22.

DİPNOTLAR

1. <http://www.agric.wa.gov.au/cvt/ecvsg00/025-038-WH.htm>
2. <http://www.extension.unr.edu/horticulture/april2000/boron.html>
3. <http://res2.agr.ca7harrow/bk2/cuke1a.htm>
4. http://www.grdc.com.au/grovers/res_upd/south/99/S_warracknabeal_25_08_99_P1.HTM
5. <http://www.greenair.com/interpri.htm#Boron>
6. <http://imc-agrico.com/fertilizer/education/efumanual/09micronutrients/09-02.htm>
7. <http://sanangelo.tamu.edu/mg/b.htm>
8. <http://www.agrienergy.net/renewabledata/Role%2520of%2520micronutrients.html>
9. http://www.msu.edu/ipm/CAT99_veg/V06-09-99.htm#Understanding
10. <http://www.gov.nf.ca/agric/crops/guides/beet.htm>

EKLER

Ek-A. MS besin ortamının içeriği (Murashige ve Skoog 1962)

Komponentler	Madde miktarı (mg/l)
CaCl ₂ .2H ₂ O	440
CoCl ₂ .6H ₂ O	0.025
CuSO ₄ .5H ₂ O	0.025
Na ₂ EDTA	37.3
H ₃ BO ₃	6.2
KH ₂ PO ₄	170
KI	0.83
KNO ₃	1900
MgSO ₄ .7H ₂ O	370
MnSO ₄ .4H ₂ O	22.3
Na ₂ MoO ₄ 2H ₂ O	0.25
NH ₄ NO ₃	1650
ZnSO ₄ .7H ₂ O	8.6
Glisin	2.0
Myo-Inositol	100
Nikotinic asit	0.5
Pridoksin-HCl	0.5
Thiamine-HCl	0.1
Sakkaroz	30 000

Ek-B. MS ortamında kullanılan mikro besin element stok çözeltilerinin ve MS ortamının hazırlanması (Babaoğlu ve ark. 2001)

Kalsiyum Klorid Stok Solüs.

CaCl₂.2H₂O 44 g/100ml

Mikro Besinler (x 100)

100 ml için

MnSO₄.4H₂O 2230 mg

ZnSO₄.7H₂O 86

H₃BO₃ 62

Na₂MoO₄.2H₂O 25

CuSO₄.5H₂O 2.5

KI 83

CoCl₂.6H₂O 2.5

Vitamin Stok Solüs. (x 100)

100 ml için

Glisin 200 mg

Nikotinic asit 50

Piridoksin-HCl 50

Tiamin-HCl 10

Fe-EDTA Stok Solüsyonu

5.57 g FeSO₄.7H₂O 350 ml saf suda
7.45 g Na₂EDTA 350 ml saf suda
ayrı ayrı hafifçe ısıtılarak eritilir.
Her iki çözelti daha sonra karıştırılır.
Hacmi 1 litreye tamamlanır ve
otoklav edilir.

1 litre MS Besin Ortamı Hazırlamak İçin

NH₄NO₃ 1650 mg/l
KNO₃ 1900
MgSO₄.7H₂O 370
KH₂PO₄ 170

↓
Tartılır ve 800 ml bidistile su içinde eritilir.

↓
5 ml Fe-EDTA çözeltisi ilave edilir.

↓
30 g sakkaroz tartılıp, eritilir.

↓
2 ml kalsiyum klorid stok solüs. eklenir.

↓
Bütün mikro besin elementlerinin x100 konsantrasyonda stok çözeltileri hazırlanır ve her birinden 1 ml ortama eklenir.

↓
Vitamin stoğundan 1 ml eklenir

↓
100 mg/l *myo*-inositol eklenir

↓
Ortamın pH'sı 5.8'e ayarlanır

↓
Hacim 1 litreye tamamlanır

↓
Yarı katılaştırıcı olarak 7-8 g/l agar ilave edilir.

↓
Erlenin ağzı folyo ile kapatılarak manyetik karıştırıcı üzerinde ısıtılır.

↓
Çözelti şeffaf bir hale gelince ısıya dayanıklı kültür kaplarına istenilen miktarlarda dökülür ve kapakları kapatılarak 120°C de 20 dak. otoklav edilir

ÖZGEÇMİŞ

1976 Konya doğumluyum. İlk ve orta öğrenimimi Konya'da tamamladım. 1994 yılında Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri bölümünde başladığım lisans öğrenimimi 1998 yılında bitirdim. 2000 yılında Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim dalında yüksek lisans öğrenimime başladım. Yabancı dilim İngilizcedir.

Emine Atalay