

**T. C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BOR – TOPRAK TUZLULUĞU İLİŞKİSİNİN
BUĞDAYIN GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ**

**Deniz Savaş SARI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
TOPRAK ANABİLİM DALI**

Konya, 2009

**T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BOR – TOPRAK TUZLULUĞU İLİŞKİSİNİN
BUĞDAYIN GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Deniz Savaş SARI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TOPRAK ANABİLİM DALI**

Bu tez 19/ 08/ 2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Mehmet HAMURCU
(Danışman)

Prof. Dr. Saim KARAKAPLAN
(Üye)

Prof. Dr. Sait GEZGİN
(Üye)

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BOR – TOPRAK TUZLULUĞU İLİŞKİSİNİN BUĞDAYIN GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

Deniz Savaş SARI

Selçuk Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Toprak Anabilim Dalı

Danışman: Yrd.Doç. Dr. Mehmet HAMURCU

2009, Sayfa:

Jüri : Yrd. Doç. Dr. Mehmet HAMURCU

: Prof. Dr. Saim KARAKAPLAN

: Prof. Dr. Sait GEZGİN

Bu araştırma kontrollü sera koşullarında farklı seviyelerde bor ve tuz uygulamalarının buğdayın biyolojik verim değeri, kuru madde miktarı, B konsantrasyonu ve içeriği ile Ca, Mg, K, Na konsantrasyonu ve K/Na oranları üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. “Tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine” göre üç tekerrürlü olarak kurulan denemede, bor beş (0, 1.0, 2.5, 5.0, 10.0 mg kg⁻¹), tuz dört (0-200, 200-400, 400-600, >600 µS/cm) farklı seviyede uygulanmıştır.

Buğday bitkisinin biyolojik verim değeri, kuru madde miktarı, bor konsantrasyonu ve içeriği ile Ca, Mg, K, Na konsantrasyonu ve K/Na oranları üzerine bor ve tuz uygulamaları ile interaksiyonlarının etkisi istatistiki olarak önemli (p<0.01) bulunmuştur. Bitkide uygulanan bor dozu miktarı arttıkça bor konsantrasyonu ve içeriği ile, K konsantrasyonunun ve K/Na oranlarının arttığı, Ca, Mg ve Na konsantrasyonlarının ise azaldığı, uygulanan tuz seviyelerinin artışı ile birlikte bitki bor konsantrasyonu ile K konsantrasyonu ve K/Na oranları azalırken, Ca ve Na konsantrasyonlarının arttığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Buğday, bor, tuz, Na, K/Na oranı, bor uygulaması, tuz uygulaması

ABSTRACT

MASTER THESIS

EFFECT OF BORON – SOIL SALINITY INTERACTION ON WHEATH GROWTH

Deniz Savaş SARI

Selçuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Soil Science

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Mehmet HAMURCU

2009, Pages:

Jury : Assist. Prof. Dr. Mehmet HAMURCU

: Prof. Dr. Saim KARAKAPLAN

: Prof. Dr. Sait GEZGİN

This research was carried out to determine the effect of boron and salt applications in various levels on the biological yield value, dry matter amount, B, Ca, Mg, K, Na contents and on the ratio of K/Na of the wheat grown in controlled greenhouse conditions. According to “factorial experimental design in the coincidence parcels” which was three replicates, five boron doses (0, 1.0, 2.5, 5.0, 10.0 mg kg⁻¹) and four salt doses (0-200, 200-400, 400-600 and > 600 µS cm⁻¹) were applied.

The effects of boron and salt applications with their interactions on the wheat plant's biological yield value, dry matter amount, B, Ca, Mg, K, Na concentration and on the rates of K/Na were found statistically significant ($p < 0.01$). It was determined that while the B doses increased, B concentration and its correlation with K concentration and K/Na ratio increased, but the Ca, Mg and Na concentrations decreased, and with the increasing of the applied salt levels, plant B and K concentrations and K/Na rates decreased and Ca with Na concentrations decreased.

Key Words: Wheat, boron, salt, Na, K/Na ratio, boron application, salt application.

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Borun Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi ile İlgili Araştırmalar	3
2.2. Toprak Tuzluluğunun Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi İle İlgili Araştırmalar	16
2.3. Bor – Toprak Tuzluluğunun Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi İle İlgili Araştırmalar	21
3. MATERYAL VE METOT	24
3.1. Materyal	24
3.1.1. Toprak Materyali	24
3.2. Metot	25
3.2.1. Sera Denemesinin Kurulması	25
3.2.2. Denemede Yapılan Ölçümler	27
3.2.2.1 Biyolojik Verim (g bitki ⁻¹)	27
3.2.2.2. Kuru madde miktarı (g bitki ⁻¹)	27
3.2.2.3. Laboratuvar Analizleri	27
3.2.2.3.1. Bitki Örneklerinin Analize Hazırlanması ve Analizi	27
3.2.3. Laboratuvar çalışmaları	28
3.2.3.1. Elementel analizler (Mikro besin içerikleri)	28
3.2.4. İstatistiksel Analizler	28
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	29
4.1. Biyolojik verim	29
4.2. Kuru Madde Miktarı	34
4.3. Bor Konsantrasyonu ve İçeriği	39
4.4. Ca ve Mg Konsantrasyonu	43
4.5. K ve Na Konsantrasyonu ile K/Na Oranı	48
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	56
6. KAYNAKLAR	58

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Toprak tuzluluğunun çeşitli bitkilerde verim kaybına etkisi.	21
Şekil 3.1. Denemeden genel bir görünüm (Sera genel resim, bitkilerin sapa kalkma evresi ve hasat dönemi).	25
Şekil 4.1. Farklı dozlarda uygulanan bor ve tuzun buğday bitkisinin biyolojik verim değerlerine (g bitki ⁻¹) etkisi.	32
Şekil 4.2. Farklı dozlarda uygulanan bor ve tuzun buğday bitkisinin kuru madde miktarı değerlerine (g bitki ⁻¹) etkisi.....	36
Şekil 4.3. Farklı dozlarda uygulanan bor ve tuzun buğday bitkisinin yaprak bor konsantrasyonuna etkisi.....	40
Şekil 4.4. Farklı dozlarda uygulanan bor ve tuzun buğday bitkisinin yaprak bor içeriğine etkisi.....	43
Şekil 4.5. Farklı dozlarda uygulanan bor ve tuzun makarnalık buğday bitkisinin Ca konsantrasyonuna etkisi.....	46
Şekil 4.6. Farklı Dozlarda Uygulanan Bor ve Tuzun Sera Koşullarında Yetiştirilen Buğdayın Mg Konsantrasyonuna Etkisi.	48
Şekil 4.7. Farklı dozlarda uygulanan bor ve tuzun makarnalık buğday bitkisinin K konsantrasyonuna (%) etkisi.....	50
Şekil 4.8. Farklı Dozlarda Uygulanan Bor ve Tuzun Sera Koşullarında Yetiştirilen Makarnalık Buğdayın Na Konsantrasyonuna (%) Etkisi.	52
Şekil 4.9. Farklı Dozlarda Uygulanan Bor ve Tuzun Sera Koşullarında Yetiştirilen Makarnalık Buğdayın K/Na Oranına (%) Etkisi.	54

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1.	Denemede Kullanılan Toprak Örneğinin Bazı Özellikleri.....	24
Çizelge 3.2.	Denemede uygulanan bor ve tuz dozları.....	26
Çizelge 4.1.	Farklı Dozlarda Uygulanan Bor ve Tuzun Sera Koşullarında Yetiştirilen Buğdayın Biyolojik Verim, Kuru Ağırlık, Bor Konsantrasyonu ve İçeriği, Ca, K, Mg, Na Konsantrasyonu ve K/Na Oranı Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	29
Çizelge 4.2.	Farklı Dozlarda Uygulanan Bor ve Tuzun Sera Koşullarında Yetiştirilen Buğdayın Biyolojik Verim Değerlerine Etkisi	30
Çizelge 4.3.	Farklı Dozlarda Uygulanan Bor ve Tuzun Sera Koşullarında Yetiştirilen Buğdayın Kuru Ağırlık Değerlerine Etkisi.....	35
Çizelge 4.4.	Farklı Dozlarda Uygulanan Bor ve Tuzun Sera Koşullarında Yetiştirilen Buğdayın Yaprak Bor Konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) Etkisi.....	39
Çizelge 4.5.	Farklı Dozlarda Uygulanan Bor ve Tuzun Sera Koşullarında Yetiştirilen Makarnalık Buğdayın Bor İçeriğine ($\mu \text{ bitki}^{-1}$) Etkisi.	42
Çizelge 4.6.	Farklı Dozlarda Uygulanan Bor ve Tuzun Sera Koşullarında Yetiştirilen Buğdayın Ca Konsantrasyonuna (%) Etkisi.....	43
Çizelge 4.7.	Farklı Dozlarda Uygulanan Bor ve Tuzun Sera Koşullarında Yetiştirilen Buğdayın Mg Konsantrasyonuna (%) Etkisi.....	44
Çizelge 4.8.	Farklı Dozlarda Uygulanan Bor ve Tuzun Sera Koşullarında Yetiştirilen Makarnalık Buğdayın K Konsantrasyonuna (%) Etkisi. .	48
Çizelge 4.9.	Farklı Dozlarda Uygulanan Bor ve Tuzun Sera Koşullarında Yetiştirilen Makarnalık Buğdayın Na Konsantrasyonuna (%) Etkisi.	49
Çizelge 4.10.	Farklı Dozlarda Uygulanan Bor ve Tuzun Sera Koşullarında Yetiştirilen Makarnalık Buğdayın K/Na Oranına (%) Etkisi.....	52
Çizelge 4.11.	Farklı Dozlarda Uygulanan Bor ve Tuzun Sera Koşullarında Yetiştirilen Buğdayın Farklı Özellikleri Arasındaki İlişkiler (r).....	55

1. GİRİŞ

Tarım yapılan alanlarda verimliliği olumsuz yönde etkileyen etmenlerden biriside tuzluluktur. Türkiye topraklarının önemli sorunlarından biri olan tuzluluk ve alkalilik son yıllarda hızla gelişen sulama işlemlerine paralel olarak drenaj sorunu ve sulama suyunun kalite özelliği nedeniyle giderek artmaktadır. Drenaj bozukluğu gösteren topraklar genellikle kıyı ve İç Anadolu ovalarında özellikle Konya ovasında yer yer görülmektedir. Daha önceden yapılan çalışmalarda bölge topraklarının elektriksel iletkenlik değerlerine göre toprakların %53.9'u düşük, %36.7'si orta, %5'i yüksek ve %4.3'ü çok yüksek derecede tuzluluğa sahip olduğu belirlenmiştir (Gezgin ve ark. 2001).

Tuz stresinde bitkilerde aşırı miktarda biriken Na, K' un alımını engellemekte (Siegel ve ark., 1980) ve Cl ise özellikle NO₃ alımı üzerine olumsuz etki yaparak (Kirkby ve Knight, 1987; Güneş ve ark., 1994; İnal ve ark., 1995) bitkilerde iyon dengesinde bozulmalara sebep olabilmektedir (Lewitt, 1980a). Bitki sitoplazmasında aşırı miktarda Na bulunduğunda; Na, protein sentezini ve enzim aktivitesini engelleyerek toksik etki göstermektedir (Hajrasulliha, 1980). Tuzun bitkiler üzerindeki olumsuz etkilerinin giderilmesinde bitkilerde direnç mekanizmasının iyi belirlenmesi ve bu mekanizmanın çalışmasına yardımcı olacak uygulamaların yapılması gerekmektedir. Bor bitki bünyesinde karbonhidrat ve protein metabolizmasında, doku farklılaşması, oksin ve fenol metabolizmasında, membran permeabilitesinde, polen çimlenmesinde ve polen tüpü büyümesinde önemli roller üstlendiği yapılan çalışmalar sonucunda belirlenmiştir (Marschner, 1995). Aynı zamanda bor bitkilerde topraktan Na alımının azaltılmasında ve K alımının artırılmasının yanında bitkilerde tuza toleranslılıkla ilgili önemli bir parametre olan K/Na oranının bitki lehine iyileştirilmesinde olumlu etkilerde bulunduğu yapılan çalışmalar sonucunda ortaya konmuştur (Muhammed ve ark., 1987; Maathuis ve Altmann, 1999).

Bu amaçla bölge topraklarının yaklaşık olarak bir milyon hektarlık alanında tarımı yapılan buğday bitkisi kullanılmıştır. Bu alan Türkiye' deki buğday ekim alanının %10' u gibi önemli bir kısmını oluşturmaktadır (Anonim 2002). Bu nedenle

Konya Ovasında birim alandan sağlanacak verim artışının bölge ve Türkiye ekonomisine büyük katkıları olacaktır. Bitkilerin ihtiyaç duydukları bor miktarı oldukça azdır. Genellikle tek çenekli (monokotiledon) bitkilerin bor gereksinmesi, çift çenekli (dikotiledon) bitkilerin bor gereksiniminden daha azdır. Gerek duyulan borun çok az da olsa fazlası, bor noksanlığında olduğu gibi bitkilerin gelişmesi üzerine olumsuz etki yapmaktadır (Marschner, 1995; Rerkasem ve ark. 1991). Bölge topraklarında daha önce yapılmış araştırmalarda arpa ve buğday üretim alanlarında ciddi boyutta bor toksisitesi bulunmasına karşılık bunun yanında önemli miktarda bor noksanlığı bulunan alanlarında bulunduğu görülmüştür (Gezgin ve ark., 2002).

Planlanan bu araştırmada toprak tuzluluğu şartlarında bor uygulamasının bitki gelişimi üzerine etkisinin belirlenmesi, toprak tuzluluğu koşullarında bitkide borun etkinliğinin ortaya konması ve bor – tuz etkileşiminin bitki gelişiminde meydana getirdiği değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2. 1. Borun Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi ile İlgili Araştırmalar

Bilindiği üzere bor bitkiler için mutlak gerekli olan bir mikro besin elementidir (Loomis ve Durst 1992). Borun bitkilerde toksisiteye veya noksanlığa yol açan konsantrasyonları arasında oldukça dar bir aralık (Keren ve Bingham, 1985; Marschner 1995; Goldberg 1997; Chapman ve ark. 1997) olmasından dolayı bitkilerin bor ile beslenmesi diğer besin elementlerine göre oldukça kritiktir. Hatta noksanlık ve toksisite düzeyleri tek bir büyüme döneminde bile meydana gelebilmektedir (Reisenauer ve ark. 1973).

Kurak ve yarı kurak iklim bölgeleri topraklarının fazla B içermesi, söz konusu bölgelerde yetiştirilen kültür bitkilerinde ve özellikle tahıllarda B toksisitesinin çok yaygın olan bir beslenme problemi olmasına yol açmaktadır. Örneğin, Güney Avustralya'da kurak ve yarı kurak bölgelerden alınan bitki ve toprak örneklerinde çok yüksek B konsantrasyonlarına rastlanmıştır (Cartwright ve ark. 1984; 1986). Güney Avustralya'da yaygın tahıl üretiminin yapıldığı alanlarda topraklarda doğal olarak bulunan B'un tahıllarda (özellikle arpa da) B toksisitesine yol açtığı ve ayrıca söz konusu bölgelerde yetiştirilen buğday, yulaf, tarla bezelyesi ve mera bitki türlerinde önemli verim düşüşlerine neden olduğu kaydedilmiştir (Cartwright ve ark. 1984; 1986; Khan ve ark. 1985). Aynı bölgede B toksisitesinin arpa yetiştiriciliğini önemli bir şekilde sınırladığı ve arpada B toksisitesinden kaynaklanan tane verim azalmasının %17'den fazla olduğu saptanmıştır (Cartwright ve ark. 1984).

Gezgin ve ark. (2002), Orta Güney Anadolu tarım bölgesinden toplanan 898 toprak örneğinin analiz sonuçlarına göre, elverişli B miktarı, toprakların % 26.6'sında 0.5 mg kg^{-1} B'dan düşük, % 24.9'unda $0.5^{-1} \text{ mg kg}^{-1}$ 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. Ayrıca bu araştırmada toprakların elverişli B 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 ilişkiler belirlemişlerdir.

Bor toksitesi dünyada ve Türkiye’ de özellikle kurak ve yarı-kurak bölge topraklarında yaygın ve genelde lokal olarak görülen bir mineral beslenme problemidir (Sillanpaa 1982; Kalaycı ve ark. 1998). Bor noksanlığının olduğu alanlarla karşılaştırıldığında B bakımından zengin topraklar daha az yaygın olmasına rağmen çoğu zaman dünyanın farklı bölgelerinde görülen verim düşüşlerinin başta gelen nedenleri arasında gösterilmektedir (Cartwright ve ark. 1986).

Bor toksitesinin bitkilerin kök ve yeşil aksam büyümesini engelleyen ve tane verimini ciddi bir şekilde sınırlayan bir mikro element problemi olduğu bildirilmiştir. Ayrıca B toksitesinin buğdayda özellikle bitki boyunun uzamasını ve yeşil aksam gelişimini durduran (Paull ve ark., 1990), büyümeyi geciktiren (Paull ve ark. 1988) ve kök gelişimini azaltan (Huang ve Graham 1990) bir problem olduğu çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir.

Bor toksitesinin neden olduğu verim azalmalarının şiddeti bitki türleri arasında farklılık göstermektedir. Chapman ve ark. (1997) artan dozlarda (0, 0.15, 0.625, 2.5, 10, 40, 60 ve 640 μM) yapılan B uygulamalarına karşı farklı türlerin reaksiyonunu görmek üzere bir çalışma yapmışlardır. Söz konusu çalışmada test bitkisi olarak buğday, mercimek, acı bakla, tek yıllık yonca ve tarla bezelyesi kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, B uygulamasının yapılmadığı koşullarda buğday dışındaki diğer türlerin bitki gelişimi oldukça fazla etkilenmiş, mercimeğin ve tek yıllık yoncanın B verilmeyen koşullarda önemli verim azalması gösterdikleri saptanmıştır. Borsuz koşullarda buğdayın daha iyi bir büyüme göstermiş olması ise genel olarak tek çenekli bitkilerin çift çenekli bitkilere göre daha düşük B ihtiyacı göstermesine (Marschner 1995) ve dolayısıyla buğdayın B noksanlığına daha toleranslı olmasına (Weir ve Cresswell 1994) bağlanmıştır. Yukarıda belirtilen çalışmada Chapman ve ark. (1997), diğer taraftan 0.15 ile 2.5 μM B uygulamaları arasında bütün çeşit ve türlerin maksimum verime ulaştığını, 160 μM B uygulamasında yalnızca tek yıllık yoncada önemli verim azalmasının saptandığını bildirmişlerdir. Ayrıca maksimum verimin elde edildiği uygulamalara göre 640 μM ’da B uygulamasından dolayı meydana gelen verim azalmasının denenen bütün

türlerde görüldüğü ve en yüksek verim azalmasının tek yıllık yonca ve buğdayda olduğunu saptamışlardır (Chapman ve ark. 1997). Bu sonuçlar bitki türlerinin B noksanlığı koşullarında olduğu gibi B toksisitesi koşullarında da B'dan etkilenme derecelerinin farklı olduğunu göstermektedir.

Torun ve ark. (1999), Konya koşullarında yetiştirilen 22 buğday çeşidinin B toksitesine duyarlılığını sera ve tarla koşullarında araştırmışlardır. Diğer bitki türleriyle karşılaştırıldığında B toksitesinden kaynaklanan verim kayıplarının tahıllarda daha büyük boyutlarda olduğu bildirilmiştir. Bordan kaynaklanan verim kayıplarının ekmeklik çeşitlerle karşılaştırıldığında makarnalık buğdaylarda oldukça fazla olduğu görülmüş, kuru madde veriminde azalmaların makarnalık buğday çeşitlerinde farklı olmamasına karşılık ekmeklik buğday çeşitleri arasında oldukça farklı olduğu saptanmıştır. Topraktaki B fazlalığına karşı bitkilerin farklı reaksiyon gösterme nedenlerinin çeşitten çeşide farklılık gösterdiği saptanmıştır. Bazı çeşitlerin dokularında daha az B biriktirebilme yeteneğine sahip olması ve bazı çeşitlerin ise doku düzeyinde alınan bora tolere edebilme yeteneğine sahip olması veya olmamasından dolayı bora farklı reaksiyon gösterebilmektedirler. Buğday çeşitlerinin bora farklı dayanım göstermelerinin yeşil aksamdaki B konsantrasyonu veya yeşil aksamdaki toplam B miktarı ile doğrudan ilişkili olmadığı görülmüştür. Deneme sonuçlarından ayrıca, B toksisitesine karşı çeşitlerin dayanıklılık sıralamasını sera ve tarla koşullarında hemen hemen benzer olduğu ortaya çıkmıştır. Bu da çok sayıda çeşidin bora karşı reaksiyonlarının tarla koşullarında test edilmeden önce sera koşullarında test edilebileceğini göstermektedir. Yüksek B uygulamaları altında veya B toksitesine sahip bir toprakta yetiştirilen genotiplerin B toksitesine duyarlılığı hakkında ön bilgi edinmede, B toksitesinin yaprakta neden olduğu belirtilerin derecesinin belirlenmesi oldukça güvenilir bir parametre olarak bulunmuştur.

Furio, Riogrande, Sele, DK 743, Helix, Missouri, Betor ve Poker mısır çeşitlerinin B toksisitesine duyarlılıkları sera koşullarında araştırılmıştır. Toprağa B; 0, 10 ve 30 mg kg⁻¹ düzeylerinde H₃BO₃ formunda uygulanmıştır. Deneme sonunda bitkilerin yaş ve kuru ağırlıkları ile B konsantrasyonları belirlenmiştir. Yaş ve kuru bitki ağırlıkları ile bitkilerin B konsantrasyonları arasındaki ilişkilerden

yararlanılarak mısır çeşitlerinin B toksitesine duyarlılıkları ortaya konulmuştur. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre yaş ve kuru ağırlık bakımından bitkilerin B toksitesine duyarlılıkları yüksekten düşüğe doğru Helix, Riogrande, Furio, Poker, Sele, Missouri, DK 743, Betor şeklinde sıralanmıştır. Genel olarak yüksek bora duyarlılıkları düşük olan çeşitlerin yüksek olan çeşitlere göre daha fazla B içerdikleri belirlenmiştir (Güneş ve ark. 2000).

Bergmann (1982), bitkilerde kritik bor noksanlık seviyelerini buğdaygillerde (örneğin arpa, buğday vb.) 5-10 mg B kg⁻¹, çift çenklilerde (örneğin üçgül v.b.) 20-70 mg B kg⁻¹ ve haşhaşta 80-100 mg B kg⁻¹ olarak bildirmiştir.

Bor noksanlığında çiçeklenme ve meyve tutma olumsuz olarak etkilenmekte, B temininin güçleştiği durumlarda bitkilerde üreme faaliyetleri için vejetatif gelişmeye göre daha fazla B gereksinimi olmaktadır. B noksanlığında dişi ve erkek gamet oluşumunun engellenmesi nedeniyle döllenme olumsuz olarak etkilenmektedir. Buğday ve arpa gibi tahıllarda B noksanlığında tane oluşumunun engellendiği birçok araştırmacı tarafından tespit edilmiştir (Silva ve Andrade 1983; Rerkasem ve ark. 1989). Bitkilerin B noksanlığından etkilenmelerinde, çeşitlerin hassasiyetine göre farklılıklar olabilmektedir. Etki mekanizması farklı türler arasında da değişiklik gösterebilmektedir. B toksite ve eksikliğine duyarlılıktaki farklılıkların nedeninin bitkilerin bordan fizyolojik ve morfolojik olarak aynı derecede etkilenmemesinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Huang ve Graham 1990; Nable 1991).

Rerkasem ve ark. (1993) tarafından tropikal bir iklime sahip olan Kuzey Tayland'da yapılan bir araştırmada yer fıstığı, börülce ve soya çeşitlerinde bor noksanlığının bitkiler üzerindeki etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Bor noksanlığı öz çürüklüğü adı verilen hastalık semptomları ile bitkilerin kotiledon yapraklarında lokal zararlar halinde kendini göstermektedir. Bu semptomlar yer fıstığında %50, soya fasulyesinin NW1 çeşidinde %17, SJ5 çeşidinde %5, 7016 çeşidinde %1 oranında gerçekleşmiştir. Bor uygulanan parsellere oranla kontrol parsellerinde bor eksikliğinin verimde meydana getirdiği azalma soya fasulyesinin NW1 çeşidinde %60, SJ5 çeşidinde %30 ve 7016 çeşidinde %40, yer fıstığında %45, börülcede %73 gibi çok yüksek bir oranda gerçekleşmiştir. Verimde meydana gelen bu farklılığın iç

çürüklüğüne ilâveten, bor eksikliğinin verim unsurları üzerindeki etkilerinden kaynaklandığı belirtilmiştir. Ayrıca bu noksanlık belirtilerinin genotipe göre farklılık gösterdiği ve çürüklüğün bir bitkiden diğer bitkiye inokulasyonunun bor eksikliği zararının artmasında çok önemli olduğu bildirilmiştir.

Oksinler (IAA) ve B arasında belirgin etkileşimler görülmektedir. B eksikliği olan bitkilerde oksin düzeyi çoğunlukla normalden daha yüksektir. Yeşil bitkiler arasında oksin ve onun en yaygın örneği IAA, ksilem damarlarının farklılaşmasında gereklidir. IAA'nin dışarıdan uygulanması B eksikliğinin neden olduğu anatomik değişikliklere ve kök uçlarında (hücre bölünmesindeki değişikliklerle ilgili olarak) uzunlamasına gelişmede azalmaya neden olur. Doku farklılaşması üzerine B eksikliğinin etkileri tipiktir. B eksikliği, B beslenmesi, oksin düzeyi, farklılaşma ve lignifikasyon arasındaki ilişkiler henüz yeterince anlaşılammıştır. B eksikliği belirtileri artan oksin düzeyinin bir göstergesidir (Marschner 1995).

Rerkasem ve Jamjod (1997) tarafından B noksanlığına karşı bitkilerde görülen genotipik varyasyon ve bunun bitki ıslahında kullanılması üzerine yapılan bir araştırmada, buğdayda bora hassasiyet bakımından türler arasında farklılıklar görüldüğü, bazen de tür içerisindeki genotipik varyasyonun çok farklı olduğu tespit edilmiştir.

Srivastava ve ark. (1997), Hindistan'ın Nepal Bölgesinde nohut bitkisindeki bor eksikliğinin neden olduğu bakla ve çiçek dökülmelerinin teşhisi ve bakla oluşumundaki düzensizliklerin azaltılma yollarının tespiti amacıyla çalışmalar yürütmüşlerdir. Bu çalışmalarda 0.0, 0.05, 0.1, 0.3 kg da⁻¹ olmak üzere dört farklı bor dozu uygulanmıştır. Çalışma sonucunda bor tatbik edilen sahalarda tane verimi önemli derecede artmış ve 0.1 kg da⁻¹ B tatbik edilen parsellerde ortalama 95.2 kg da⁻¹ tane verimi ile maksimum noktaya ulaşılmıştır.

Bitki bünyesinde B, 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 B miktarı oldukça azdır. Genellikle tek çenekli (monokotiledon) bitkilerin B gereksinimi, çift çenekli (dikotiledon)

bitkilerden daha azdır. B toksite ve noksanlık sınır değerleri birbirlerine yakın olduğu için gerek duyulan borun çok az da olsa fazlası, B 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 ve bu seviyenin üzerindeki bordan ise olumsuz yönde etkilenmektedir (Gupta ve ark. 1985).

Günümüzde yapılan çalışmalarda bitki türleri arasında olduğu gibi aynı türün çeşitleri arasında da B toksisitesine duyarlılıkta büyük farklılıkların olduğu bulunmuştur (Paull ve ark. 1988; Huang ve Graham 1990; Nable 1991). Çünkü bitkiler B toksisitesinden aynı derecede fizyolojik veya morfolojik olarak etkilenme göstermemektedir. Örneğin, Paull ve ark. (1988) yaptıkları bir çalışmada, B toksisitesine direnç gösteren buğday çeşitlerinin, 150 mg B kg^{-1} uygulanan bir toprakta yetiştirildiklerinde verimde önemli bir azalma göstermeksizin gelişebilirken, duyarlı çeşitlerin 25 mg B kg^{-1} uygulamasında dahi kuru madde ve tane veriminde önemli oranda bir azalma gösterdiği saptamışlardır. Aynı denemede buğday çeşitleri B toksisitesi semptomları açısından da önemli farklılıklar göstermiş ve B toksisitesi koşullarında dayanıklı çeşitlerde en az semptom ortaya çıkarken, duyarlı çeşitlerde şiddetli toksisite semptomlarıyla birlikte bitki gelişiminin bile durduğu gözlenmiştir. Toprağa artan miktarlarda B ilavesi başaklanma öncesi kardeşlenme safhasında dokuların B konsantrasyonunda doğrusal bir artışa neden olurken, yüksek bora en fazla tolerans gösteren çeşitlerin her B uygulamasında en düşük düzeyde B içerdiği ve dayanıklı çeşitlerin içerdiği B konsantrasyonunun duyarlı olan çeşitlerin içerdiği B konsantrasyonunun yarısı kadar olduğu belirlenmiştir (Paull ve ark. 1988).

Cattanach (1990), tarla şartlarında yaptığı bir araştırmada, bitkiye elverişli B miktarı 0.8 mg kg^{-1} olan bir toprakta şeker pancarına farklı dozlarda (0, 0.056, 0.112, 0.224 ve 0.448 kg da^{-1} B) bor uygulamıştır. Denemede şeker pancarının kök verimi, şeker oranı ve arıtılmış şeker verimi üzerine uygulanan bor dozlarının etkisinin istatistiki olarak önemli düzeyde olmadığı ve ayrıca uygulanan bor miktarı 0.056 kg da^{-1} B'dan daha fazla olmasıyla kök veriminin kontrole göre azaldığı belirlemiştir.

Bitki türleri B isteği yönünden önemli farklılıklar gösterir. Bu nedenle topraktan B alımları da karakteristik olarak farklıdır ve buna bağlı olarak bora (noksanlık-toksite) hassasiyet de türler arasında değişiklik gösterir (Römheld ve Marshner 1991). Genel olarak dikotiledon bitkilerin B içerik ve istekleri monokotiledonlara göre daha yüksektir. Turpgiller (*Crucifera*) ve şemsiyegiller (*Umbellifera*) familyasının B istekleri daha yüksektir (Martens ve Westermann 1991). Tarla bitkilerinin B içerikleri genellikle 3-60 mg B kg⁻¹ kuru ağırlık arasında değişiklik gösterir. Arpa, buğday, mısır, sorgum gibi monokotiledon bitkilerin 3-5 mg kg⁻¹; bezelye, ayçiçeği, pancar gibi dikotiledonların 20-70 mg kg⁻¹; sütlağ ve haşhaş gibi süt salgı sistemine sahip bitkilerin ise 80-100 mg kg⁻¹ civarında B içerdikleri bildirilmiştir (Aktaş 1991).

Dokularındaki B miktarı ve metabolik ihtiyaçları birbirinden farklı 14 bitki türü (kuşkonmaz, arpa, brokoli, havuç, karnabahar, tatlı mısır, salatalık, soğan, bezelye, domates, şalgam, turp ve buğday) borlu ve borsuz ortamlarda yetiştirilmiştir. Yaprak örnekleri hücre duvarı B ve hücre B içerikleri bakımından analiz edilmiştir. Hücre duvarındaki pektin konsantrasyonu ile B gerekliliği, eksikliği ve hassaslığı arasında pozitif yönde bağlantı belirlenmiştir. Pektin metabolizması üzerinde B eksikliğinin etkisi olmadığı ileri sürüldüğünde, B eksikliği hücre duvarlarında bulunan uronik asit miktarını değiştirmemiştir. Sonuç olarak hücre duvarı yüksek oranda pektin içeren türlerde, hücre duvarının yapımı için daha çok miktarda bora ihtiyaç duyulacağı, hücre duvarındaki pektinin, B ile birlikte çözülmez bir bileşik oluşturacağı, böylelikle B gerektiren diğer metabolik fonksiyonlar için borun kullanılabilirliğinin azalacağı, bu yüzden yüksek pektin içeren türlerin daha yüksek doku B gerekliliğine ihtiyaç duyacağı belirtilmiştir (Hu ve ark. 1996).

Apaydın (1998), elverişli bor içeriği 0.55 mg kg⁻¹ olan kireçli bir toprakta bor uygulamasının şeker pancarının kök verimi ve kalitesi üzerine etkisini belirlemek üzere yaptığı çalışmada dekara 0.3 kg B (boraks formunda) uygulanmasıyla kontrole göre kök veriminin %16.5, şeker oranının %0.05, artırılmış şeker oranının %0.88 oranında artmasına rağmen dekara 0.6 kg B uygulanmasıyla kök verimi, şeker oranı ve artırılmış şeker oranında önemli düzeyde düşmeler olduğunu belirlemiştir.

Mariano ve ark (2000) serada saksı (3 bitki/saksı) denemelerinde 0 dan 10 mg kg⁻¹'a kadar 6 farklı bor dozuyla fasulyede yaptıkları çalışmalarda fasulye için kritik B seviyelerinin çeşitlere göre toprakta 0.57-4.65 mg B kg⁻¹ arasında, bitki analizlerinde ise 44.2-199.1 mg B kg⁻¹ aralığında olduğunu bildirmişlerdir.

Noppakoonwong ve ark. (1997), bürülcede en uygun bakla sayısı için yapraklardaki kritik bor konsantrasyonunu kuru ağırlıkta 13-17 mg B kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Bor eksikliğinin teşhisinde bu değerlerin bütün bürülce çeşitleri için geçerli olduğu sonucuna varılmıştır. Bu kritik değerlerin altında bitkinin gerek metabolik faaliyetlerinde gerekse gelişim seyrinde çeşitli aksamalar olacağından, yapılabilecek bir bor uygulamasında bu değerlerin göz önünde tutulması gerektiği belirtilmiştir.

Taban ve Erdal (2000), bor uygulamasının buğday çeşitlerinin gelişimi ve toprak üstü aksamda bor dağılımının belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada, killi tın tekstürlü, %12 kireç içeren, pH sı 7.91 ve bitkiye yarayışlı bor miktarı 1.52 mg kg⁻¹ olan toprak örneğini materyal olarak kullanmışlardır. Serada 4 ekmeklik (*Triticum aestivum* L. cv: Bobal-2973, Bezostaja, Kıraç, Gerek-79) ve makarnalık (*Triticum durum* L. cv: Çakmak-79 ve Kızıltan-91) buğday çeşitleri ile yürüttükleri denemede, topraklara bor 0,1 ve 10 mg B kg⁻¹ olacak şekilde borik asit olarak uygulamışlardır. Makarnalık çeşitlerin ekmeklik çeşitlere göre bordan daha fazla etkilenmiş olduğunu ve bor uygulamasının Bolal-2973 ve Gerek-79 çeşitlerinde kuru ağırlık artışına, Çakmak-79 ve Kızıltan-91 çeşitlerinde ise kuru ağırlık azalışına neden olduğunu belirlemişlerdir. Aynı araştırmada bor uygulandığında ve uygulanmadığında, buğday çeşitlerinin tümünde en fazla bor'u yaprak ucunda belirlemişlerdir. Toprağa bor uygulanmadığında, çeşitlerin toprak üstü bitki genelinde, yaprak genelinde ve ucu alınan yaprağın kalan kısmında belirlenen bor konsantrasyonları arasında belirgin bir farklılık belirlememişlerdir. Toprağa bor uygulandığında, çeşitlerin bora tepkilerinin ayırmalı olmasından dolayı, toprak üstü bitki genelinde, yaprak genelinde ve ucu alınan yaprağın kalan kısmında belirlenen bor konsantrasyonları birbirlerinden ayırmalı olduğunu bulmuşlardır.

Gezgin ve ark. (2001), şeker pancarında yaptıkları çalışmada dekara 0.3 kg bor “toprak + yaprak, toprak ve yaprak” şekillerinde uygulanmasıyla sırasıyla kök veriminin %12.5, %12.1, %11.1 ve artırılmış şeker veriminin %8.7, %18.3 ve %3.5 oranlarında arttığını belirlemişlerdir. Bu artışların aynı şekillerde 0.6 kg da⁻¹ bor uygulanmasıyla daha düşük düzeylerde olduğunu ifade etmişlerdir.

Güneş ve ark. (2003), bor noksanlığı olan (0.68 mg kg⁻¹, NH₄OAc ile ekstrakte edilebilir) bir toprakta yetiştirilen ekmeklik (*Triticum aestivum* L, cv. Bezostaja) ve makarnalık (*Triticum durum* L. cv. Kızıltan) buğdayın verim ve bazı verim komponentlerine borlu gübrelemenin etkisini belirlemek için sera (0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 ve 2.5 mg B kg⁻¹) ve tarla denemeleri (0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 ve 5.0 kg B ha⁻¹) yürütmüşlerdir. Sera denemesinde uygulanan B düzeylerine bakılmaksızın B uygulamasıyla Bezostaja ve Kızıltan buğdayının gövde kuru ağırlıklarının arttığı, tarla denemesinde, 4.0 kg ha⁻¹ B uygulamasıyla tane verimi Bezostaja’da 3668 den 5475 kg ha⁻¹’ a, Kızıltanda ise 4668 den 5360 kg ha⁻¹ a yükseldiğini, bor’un bu düzeyinden sonra buğday çeşitlerinin tane verimi azalttığını bulmuşlardır. Her iki çeşitte de gövde ve tanenin B konsantrasyonu borlu gübrelemeye bağlı olarak arttığını, buna ilave olarak B’ lu gübreleme ile başak sayısı, başak boyu, başakta steril başakcık sayısı, başakta tane verimi ve hasat indeksi Bezostaja buğdayında ve başaktaki fertil başakcık sayısı, başaktaki tane sayısı ise Kızıltanda artış gösterdiğini belirlemişlerdir.

Sade ve ark. (2003), düşük B ihtiva eden alanda (0.19 mg B kg⁻¹) farklı B seviyelerinin (0, 0.1, 0.3 ve 0.9 kg B da⁻¹) makarnalık ve ekmeklik buğday ile arpa çeşitlerinin tane verimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Tarla koşullarında yürütülen bu çalışmada; 6 makarnalık buğday (Kızıltan-91, Ç-1252, Selçuklu-97, Kunduru-1149, Yılmaz-98 ve Çakmak-79), 6 ekmeklik buğday (Gün-91, Kınacı-97, Göksu-99, Türkmen, Bezostaja ve Sultan-95) ve 6 arpa (Tokak 157/37, Karatay-94, Kral-97, Bülbül-89, Tarm-92 ve Hamidiye-85) çeşidine topraktan farklı dozlarda B (H₃BO₃) uygulaması yapılmıştır. Farklı B dozu uygulamalarının tane verimi üzerine etkisi makarnalık ve ekmeklik buğdaylarda önemli olurken, arpa çeşitlerinde ise önemsiz olduğunu, makarnalık buğdaylarda çeşitlerin ortalaması olarak en yüksek verim artışları % 11 ile 0.1 kg da⁻¹ B uygulamasından elde ettiklerini, 0.3 ve 0.9 kg

da⁻¹ B uygulamalarındaki verim artışları sırasıyla %9 ve %7 olduğunu ifade etmişlerdir. Ekmeklik buğdaylarda ise en yüksek verim artışı % 10 ile 0.3 kg da⁻¹ B uygulamasından elde etmişlerdir. Hem makarnalık hem de ekmeklik buğdaylarda B uygulamalarının tane verimi üzerine etkisi çeşitlere göre istatistiki açıdan önemli derecede farklılık gösterdiği belirtilmiştir. Araştırma sonucunda ülkemizde B fazlalığı gibi eksikliğin de tahıllarda önemli derecede verim kaybına sebep olabileceği belirlenmiştir. Farklı B uygulamalarına karşı çeşitlerin tepkileri birbirinden çok farklılık gösterdiğinden, ekilecek çeşitlerin belirlenmesinde bölge topraklarının B içeriklerinin göz önünde bulundurulması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Soylu ve ark. (2004), tahıllar için düşük B ihtiva eden (0.19 mg kg⁻¹) topraklarda, tarla koşullarında yaptıkları çalışmada 6 makarnalık buğday çeşidine (Kızıltan-91, Ç-1252, Selçuklu-97, Kunduru-1149, Yılmaz-98 ve Çakmak-79) 4 farklı B dozu (0, 1, 3 ve 9 kg B ha⁻¹) uygulamışlardır. İki yıl süren araştırma sonucunda, makarnalık buğday çeşitlerinin B dozlarına önemli derecede genotipik farklılık gösterdiğini tespit etmişlerdir. Hektara 3 kg B uygulaması ile Kızıltan-91 çeşidinde % 38'lik oranla en yüksek verim artışı sağlanırken, Çakmak-79 çeşidinde aynı dozda % 11'lik verim artışı kaydedilmiştir. Altı çeşidin ortalama tane verimi incelendiğinde verimde 1 kg ha⁻¹ B uygulaması ile % 11, 3 kg ha⁻¹ ile % 9 ve 9 kg ha⁻¹ ile % 7 artış olduğu görülmüştür. Çeşitlerin bayrak yapraklarındaki B miktarları B dozlarının artışı ile ritmik bir artış göstermiş, kontrol parsellerinde 11.1 mg kg⁻¹ olan B konsantrasyonu 1, 3, 9 kg ha⁻¹ B uygulamalarında sırasıyla 14.67, 17.33 ve 24.28 mg kg⁻¹ olmuştur. Sonuç olarak makarnalık buğdayların B eksikliğine karşı hassasiyet gösterdiği tespit edilmiştir. Bora tepki yönünden buğday çeşitleri arasında önemli genotipik farklılıkların ortaya çıkması B eksikliğine hassas veya toleranslı genotiplerin belirlenerek bölge topraklarına uygun çeşitlerin belirlenmesi gerektiğini ifade etmişlerdir.

Rerkasem ve Jamjod. (2004), buğdayda B eksikliğinin 1960 yılından beri bilindiğini ve buğdayın B eksikliğine dikotiledon bitkilerden daha fazla eğimli olduğunu belirtmişlerdir. B fazlalığının buğdayda büyüme ve gelişmeyi etkilediği bilinse de, eksikliği ticari açıdan önemli derecede verim kayıplarına neden

olmaktadır. Buğday genotiplerinin bora karşı tepkileri bakımından farklılık gösterdiği, bazı genotiplerin düşük borlu topraklarda yetiştirilirken verimlerinin değişmediği fakat bazı genotiplerinde bu topraklarda B eksikliğinden etkilenecek verim kayıplarına neden olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar B eksikliğine tepkilerin belirlenmesinde, en ani tepkinin kök uzamasının durması olarak nitelendirmişler fakat bu etkinin buğdayda nadir görüldüğünü ifade etmişlerdir.

Görmüş, (2005), azot ve bor uygulama dozlarının, pamuk verimi ve lif kalitesi üzerine etkilerini araştırmak için 0.38 mg kg^{-1} B içeren bir toprakta Suregrow 125 pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) çeşidini yetiştirmiştir. Çiçeklenme başlangıcında ve besin elementi uygulamalarından önce alınan yaprak örneklerinde yapılan doku analizleri, N ve B konsantrasyonlarının yeterli düzeyde olduğunu göstermiştir. Denemede, toprağa üç azot (0, 80 ve 160 kg ha^{-1}) dozu ile üç kez yaprağa, toplam 0, 0.56 ve 1.12 kg ha^{-1} bor uygulaması yapmıştır. Yaprağa bor uygulaması ile yaprak B konsantrasyonunun her iki yılda da önemli düzeyde artış gösterdiğini, yaprağa B uygulamaları koza sayısı, koza ağırlığı, kütlü pamuk verimi ve lif verimini önemli düzeyde arttırdığını belirlemiştir. En yüksek koza sayısı ile lif verimi 1.12 kg ha^{-1} B ile 160 kg ha^{-1} N uygulamasından elde etmiştir. Bor uygulaması ile 2003 yılında, koza ağırlığında 5.93 gramdan 6.92 grama, bitki başına koza sayısında ise 15.9' dan 18.5'a varan bir artış olduğunu ortaya koymuştur. Buna bağlı olarak, B uygulamasının kontrole oranla verimde % 15,5'lik bir artış sağladığını, N ve B uygulamalarının lif kalite özelliklerinde önemli bir etkisi olduğunu ve çalışmasında toprak B düzeyi düşük olduğunda, pamuk bitkisinin ek bor uygulamasına gereksinim duyduğunu ortaya koymuştur.

Gülümser ve ark. (2005), fasulye bitkisine (*Phaseolus vulgaris* L) yapraktan ve topraktan uygulanan farklı bor dozlarının (0, 0.5, 1.0, 1.5 ve 2.0 kg ha^{-1}) verim ve verim unsurlarına etkilerini araştırmışlardır. Bor olarak solubor (%66.14 B) ve fasulye olarak Efsane çeşidini kullanmışlardır. Araştırma sonucunda fasulyeye borun yapraktan ve topraktan uygulama şekilleri etkili olmazken, farklı dozlardaki bor uygulamalarının etkisini önemli bulmuşlardır. Varyans analizi sonucu bor dozlarının ilk bakla yüksekliğine, tanenin bor içeriğine, çimlenme oranına, bin tane ağırlığına ve tane verimine önemli düzeyde etkili olduğunu belirlemişlerdir. Fasulyeye

yapraktan ve topraktan uygulanan 1.11 kg ha^{-1} bor en fazla kuru tane verimini ($247.88 \text{ kg da}^{-1}$) sağladığını görmüşlerdir.

Hamurcu ve ark. (2006 a), kontrollü sera koşullarında farklı seviyelerde uygulanan bor ve demir uygulamalarının makarnalık buğdayın kuru madde miktarı, bor konsantrasyonu ve miktarı, demir konsantrasyonu ve miktarı, Zn, Cu, Mn konsantrasyonları üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada bor yedi ($0, 0.5, 1, 2, 4, 8$ ve 16 mg kg^{-1}), Fe dört ($0, 6, 12, 24 \text{ mg kg}^{-1}$) farklı seviyede uygulamışlardır. Makarnalık buğday bitkisinin kuru madde miktarı, bor konsantrasyonu ve miktarı, demir konsantrasyonu ve miktarı, Zn, Cu, Mn konsantrasyonları üzerine bor ve demir uygulamalarının ve interaksiyonların etkisini istatistiki olarak önemli ($p < 0.01$) bulmuşlardır. Bitkide uygulanan bor miktarı arttıkça bor konsantrasyonunun arttığı, demir miktarı arttıkça demir konsantrasyonunun belli bir noktaya kadar artış gösterdiği, belli bir seviyeden sonra düştüğünü belirlemişlerdir. Uygulanan bor miktarının bitkinin demir alımı üzerine bir etkisinin olmadığı, ancak demir uygulamasının ise uygulanan demir miktarının artışına bağlı olarak bitkinin bor alımını azalttığını belirlemişlerdir.

Hamurcu ve ark. (2006 b), kontrollü sera koşullarında farklı seviyelerde uygulanan bor (B) ve demir (Fe) dozlarının bezelye hatlarında kuru madde miktarı, bitki boyu, B konsantrasyonu ve miktarı ile Fe konsantrasyonu ve miktarı üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada B ($0, 1, 20 \text{ mg kg}^{-1}$) ve Fe ($0, 6, 60 \text{ mg kg}^{-1}$) üç farklı seviyede uygulanmıştır. Bezelye hatlarının kuru madde miktarı, bitki boyu, B konsantrasyonu ve miktarı ile Fe konsantrasyonu ve miktarı üzerine B ve Fe uygulamalarının ve interaksiyonlarının etkisi istatistiki olarak önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. B toksisitesinden kaynaklanan kuru madde azalmasının uygulanan B dozlarının ortalaması dikkate alındığında B uygulanmayan saksılara göre %9.22 oranında azaldığı, en yüksek kuru madde miktarına ulaşılan 1 mg kg^{-1} B uygulamasında %5.86'lık oranda arttığı belirlenmiştir. Bezelye bitkisine uygulanan B miktarındaki artışla birlikte bitki boyunda da artışlar belirlenmişlerdir. Bitkiye uygulanan B miktarı arttıkça B konsantrasyonunun arttığı, Fe miktarı arttıkça Fe konsantrasyonunun artış gösterdiği, uygulanan B miktarının bitkinin Fe alımını az da

olsa azalttığı, Fe uygulamasının ise uygulanan Fe miktarının artışına bağlı olarak bitkinin B alımını azalttığı belirlenmiştir.

Torun ve ark. (2006), toprakta bor toksisitesine karşı genotipel farklılığın boyutunu araştırmak amacıyla 70 makarnalık buğday (*Triticum durum*) genotipi ile yaptıkları sera denemesinde, bitkiler ekstrakte edilebilir B'un 12 mg kg^{-1} olduğu bir toprakta iki ayrı bor uygulamasına tabi tutmuşlar (+B: 25 mg kg^{-1} toprak; -B: 0 mg kg^{-1}) 30 günlük büyüme evresinden sonra bitkilerin yalnızca yeşil aksamlarını hasat etmişler ve genotipleri kuru madde ağırlığı ve yeşil aksam B konsantrasyonu bakımından değerlendirmişlerdir. Genotipler arasında topraktaki B toksisitesine karşı, toksisite belirtilerinin şiddeti ve büyümedeki azalma bakımından büyük bir genotipel varyasyonun olduğunu, test edilen genotiplerden Sabil-1, Stn "S", Aconhi-89 ve Wadelmez-2, B uygulamasından etkilenmeyen ve hatta bu genotiplerde B'dan dolayı büyümede bir artma eğiliminin ortaya çıktığını belirlemişlerdir. Buna karşılık, diğer genotiplerin tümünde B uygulaması sonucu kuru madde ağırlığında azalmaların olduğu, bu azalmaların özellikle Lagost-3, Dicle-74, Brachoua/134xS-61 ve Gerbrach genotiplerinde olduğunu, genotiplerden Brachoua/134xS-61 ve Gerbrach'da B'dan dolayı kuru madde oluşumundaki azalmanın 2 kattan daha fazla olduğunu ifade etmişlerdir Genel olarak B toleransı yüksek genotipler yüksek miktarlarda B birikimi gösterirken, duyarlı genotiplerde düşük düzeylerde B birikimini belirlemişlerdir. Bu sonuçlar, 70 genotip arasında görülen farklı B toleransının, B'un köklere alınmayarak dışarıda tutulması (dışlama) mekanizması ile ilişkili olmadığını ortaya koymuşlardır.

Ross ve ark. (2006), soya fasulyesinin bor uygulamalarına tepkilerini ölçmek amacıyla yaptıkları çalışmada kireçli siltli tın karakterli 4 bölge toprağına 5 bor dozunu ($0, 0.28, 0.56, 1.12, 2.24 \text{ mg kg}^{-1}$) 2 farklı zamanda (ekim öncesi ve sürgün başlangıcı) uygulamışlar. Soyanın gelişimi üzerine bor eksik alanlarda yapılan bor uygulamasının daha etkili olduğunu ve tane verimini %4 ile %130 arasında arttığını ve bor uygulama zamanının verim değerleri üzerine çok fazla etkili olmadığını belirlemişlerdir. Araştırmada ayrıca artan miktarlarda bor uygulamasıyla yaprak ve tane bor konsantrasyonunun da arttığını ortaya koymuşlardır.

Ceyhan ve ark. (2006), 6 çeşit bodur kuru fasulye kullanarak 0.19 mg kg^{-1} bor içeren toprakta yaptıkları tarla denemesinde, bitkilere topraktan ve yapraktan 3 bor dozu (kontrol, 3 kg ha^{-1} topraktan ve 0.3 kg ha^{-1} yapraktan) uygulamışlar, uygulama sonucunda, fasulye çeşitlerinin bora tepkileri yönünden geniş bir genetik varyasyon gösterdiklerini, fasulye çeşitlerine bor uygulamasıyla tane veriminin %10 ile %20 arasında arttığını, en fazla artışın da 3 kg ha^{-1} borun toprak uygulamasında olduğunu belirlemişlerdir. Bor uygulamasına bağlı olarak en yüksek tane protein oranını Karacaşehir – 90 çeşidinde, en düşük protein oranının ise Öncüler – 98 çeşidinde olduğunu bulmuşlardır. Yapılan denemede bor uygulama şeklinin protein verimi üzerine etkili olduğunu, B'un topraktan uygulanmasıyla protein oranının %6, yapraktan uygulanmasıyla %13 oranında arttığını belirlemişlerdir.

2.2. Toprak Tuzluluğun Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi İle İlgili Araştırmalar

Manguet (1991) tuzluluğun tanımını, çözünebilir Sodyum, Magnezyum ve Kalsiyum tuzlarının birikimi olarak ifade etmektedir. Toprak tuzluluğu ya toprağın mineral yapısı nedeniyle önceden beri mevcut olabilir ya da sonradan oluşabilir. Toprağın tuzlu olması, onun mineral özelliklerine bağlı olarak geçmişten beri var olan bir durumsa buna primer tuzluluk denir. Sonradan oluşan toprak tuzluluğu ise ya doğal olaylar sonucu ya da insan faktörünün etkisiyle oluşur. Doğada kendiliğinden tuzlulaşma, toprağın hidrolik özellikleriyle ve yeraltı suyunun derinlik ve tuzluluğu ile ilgilidir. İnsan faktörü tarafından oluşturulan toprak tuzluluğu ise sulanan bütün alanlarda meydana gelebilir. Sulamalar nedeniyle oluşan bu tür tuzlulaşmaya sekonder tuzluluk da denir.

Kurak ve yarı kurak bölgelerde yetersiz yağıştan dolayı çözünebilir tuzlar uzaklara taşınmamakta, özellikle sıcak ve yağışsız olan dönemlerde, tuzlu taban suları kılcal yükselme ile toprak yüzeyine kadar ulaşabilmektedir. Evaporasyonun yüksek oluşu nedeni ile sular, toprak yüzeyinden kaybolurken beraberinde taşıdıkları tuzları toprak yüzeyinde veya yüzeye yakın kısımlarda bırakmaktadır. Diğer bir deyişle, bu bölgelerdeki tuzlulaşmanın temel nedeni yağışların yetersiz, buna karşılık evaporasyonun yüksek olmasıdır (Richards 1954).

Toprakların tuzlulaşmasında, bilinçsiz sulama yanında, drenaj olanaklarının yetersizliği ve yüksek taban suyunun da rolü çok büyüktür. Özellikle, sulama sonucu toprakların tuzlu ve alkali hale dönüşmesi, sulu tarımın uygulandığı bölgelerde güncel bir sorundur. Drenaj şebekelerinin yetersizliği ve sulama sonucu yükselen taban suyu, kurak bölgelerde tuzluluğun başlıca nedenidir. Bitki kök bölgesinde fazla miktarda eriyebilir tuzların birikmesi, bilindiği gibi, toprakta tuzluluk sorununun ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Böyle bir toprakta, kültür bitkilerinin çimlenme, büyüme ve ürün verimleri, mevcut tuzların cinsi ve miktarlarına bağlı olarak azalmakta ve hatta tamamen durmaktadır (Richards 1954; Dizdar 1978).

Yarı kurak iklim koşullarında sulama yapılan alanlarda önemli bir sorun olan tuzluluğun potansiyel etkisi, sadece ürün verimi üzerine değil, aynı zamanda arazilerin tuzlulaşması, toprağın ve suyun bozulması ve yer altı sularına tuzun karışarak kalitelerinin bozulmasına neden olmaktadır (Feng ve ark. 2003). Aynı zamanda tuzluluğun neden olduğu arazi bozulması sonucu gıda üretimi olumsuz bir şekilde etkilenmektedir. Kurak ve yarı kurak alanlarda biriken tuzlu taban sularının uzaklaştırma şansı olmadığına ciddi bir problem oluşturmakta ve farklı kullanımlar için ihtiyaç duyulan kaliteli suya olan talebi artırmaktadır (Sharma ve ark. 1993 ve 1994).

Tuzluluk bitki gelişimini ve verimini etkileyen temel etmenlerden birisi ve dünyadaki arazilerin toplam % 7'sini etkilemektedir (Flowers ve ark. 1997). Tarım yapılan alanların % 23'ü ve sulanan alanların % 20'si tuzluluktan etkilenmektedir. Bunun dışında her yıl dünyada % 10 düzeyinde tuzlulukta artış eğilimi görülmektedir (Ponnamierurna 1984). Sulanan alanlarda tuzluluk önemli bir problem olarak görülmektedir. Dünyada sulanan alanların yaklaşık yarısı taban suyu, tuzluluk ve alkalilik etkisi altındadır (Szabolics 1985).

Çorak araziler Türkiye yüzölçümünün %2'sine, toplam işlenen tarım arazilerinin %5.48'ine, ekonomik olarak sulanabilen 8.5 milyon hektar arazinin %17'sine eşittir. Türkiye'de toplam çorak alanların %74.2'ü tuzlu, %25.5'i tuzlu-alkali ve %0.5'i ise alkali topraklardan oluşmaktadır.

Tuzdan etkilenmiş topraklar çok değişik şekillerde tanımlanarak sınıflandırılmışlardır. Ancak, Richards (1954) tarafından yapılan sınıflama bugün için en iyisi olarak kabul edilmektedir. Buna göre, tuzdan etkilenmiş topraklar üç sınıfa ayrılmıştır. 1. Tuzlu topraklar; 2. Tuzlu–alkali topraklar; 3. Tuzsuz–alkali topraklar. Tuzlu topraklar, kültür bitkilerinin olağan büyüme ve gelişmelerini engelleyecek düzeyde tuz içeren topraklar olarak tanımlanmaktadır. Bu topraklarda çamur süzüğünün 25 °C'deki elektriksel iletkenliği 4 dS/m den büyük, değişebilir Na⁺ yüzdesi 15'ten küçük ve genellikle pH'ları 8.5'tan düşüktür. Yüzeyde beyaz tuz kabuklarının varlığı ile tanınan bu topraklarda, killer genellikle yumaklaşmış halde olup, su geçirgenlikleri iyidir. Bu topraklarda en fazla bulunan değişebilir katyonlar, kalsiyum ve magnezyumdur. Sodyum, çözülebilir tuzların ender olarak yarıdan fazlasını oluşturması nedeniyle, fazla adsorbe edilmemiştir. Az miktarda bulunan değişebilir potasyum toprakların kil mineralojileri ile belirlenen bir dengeye ulaşmış durumdadır. Anyonlardan Cl⁻ ve SO₄⁼ ve bazı durumlarda NO₃⁻ en fazla bulunurlar. Az miktarda HCO₃⁻ içeren bu topraklarda CO₃⁼ genellikle bulunmamaktadır. Tuzlu topraklar, ayrıca, kalsiyum sülfat ile kalsiyum ve magnezyum karbonat gibi çözünürlüğü düşük olan tuzları da içerebilirler.

Toprak strüktürü; toprağı oluşturan parçacıkların ve porların dizilişleri ve büyüklükleri olarak tanımlanmaktadır(Oades 1984) ve toprak taneciklerinin birbirine nasıl bağlandıklarını ve nasıl agregat oluşturduklarını yansıtır. Rüzgar ve su tarafından oluşturulan toprak erozyonu, zayıf toprak strüktürü ve zayıf stabilite degrade olmuş (bozulmuş) arazilerde, önemli bir problem haline gelir. Toprak yüzeyindeki kayıplar bitki besin elementlerinin kaybolmasına neden olur ki bu durum ya yüzey akışı ile ya da taban suyuna geçmesiyle olur. Bunun sonucunda da yüzey sularının kirlenmesi için potansiyel tehlike oluşturur. Toprak organik maddesi agregat stabilitesinden sorumludur. Mikro agregatlar organik maddenin ayrışma ve parçalanmaya dayanıklı kısımlarında oluşurlar. Makro agregatlar ise organik madde miktarına bağlıdır (Waters ve Oades 1991). Ürün sistemleri altında bulunan topraklarda suya dayanıklı agregatların bulunması, buralarda bulunan yüksek organik madde ile ilgilidir (Tisdall ve Oades 1982).

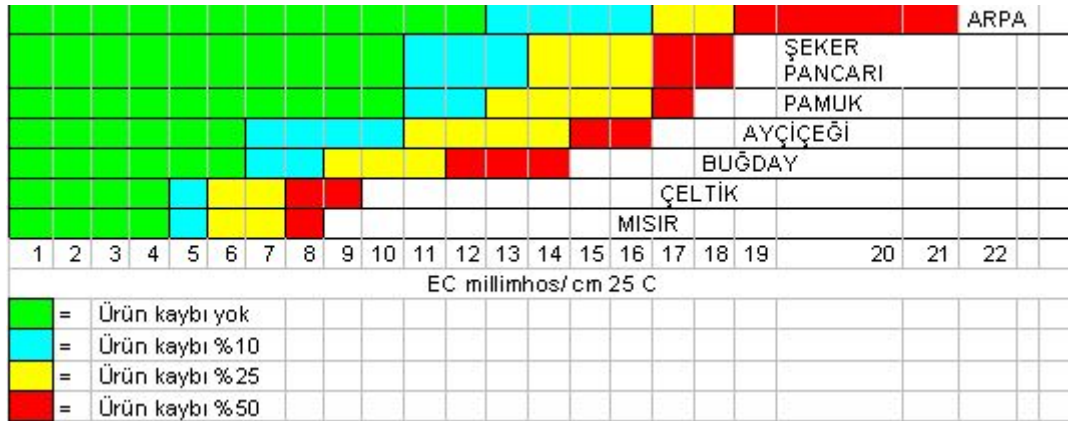
Tuzlu topraklar, eğer sodyum miktarı çok yüksek oranlarda olmazsa, bitki gelişmesi için uygun fiziksel şartları sağlarlar (Shainberg ve Letey 1984). Tuzlu topraklar yüksek elektrot konsantrasyonu sebebiyle, toprak dispersiyonu ve toprak şişmesi minimum düzeydedir. Fakat sodik topraklardaki sodyum, tuzlu topraklardaki tuzun aksine bir etkiye sahiptir. Tuzlu topraklardaki sodyum toprak parçacıklarını dispers eder. Fakat tuzlu şartlardaki kolloidler çökerler ve toprak agregasyonunu geliştirirler. Çökme ve agregasyon oluşumu, toprak havalanması, kök penetrasyonu ve kök gelişmesi açısından faydalıdır (Oster ve Schroer 1979). Fakat yüksek seviyedeki tuzluluk bitkiler üzerine ölümcül ve potansiyel bir negatif etkiye sahiptir (Barbour ve ark. 1998). Toprak strüktürü ve bitki gelişmesi üzerine olan negatif etkisi birlikte düşünülmelidir. Toprak parçacıklarının dispersiyonu, toprağın hidrolik kondaktivitesini azaltan önemli faktörlerden biridir (Rhoades ve Ingvalson 1969). Dispers olmuş kil topraktaki porlar içerisine çöker ve hidrolik iletkenliği azalır. Toprak çözeltisindeki artan sodyum konsantrasyonu, kilin dispersiyonunu artırır ve sonuçta hidrolik kondaktivite azalır. Diğer taraftan tuzlu topraklardaki şişme, yüksek tuz konsantrasyonundan dolayı minimum seviyededir ve kil dispersiyonu, toprak çözeltisindeki sodyum konsantrasyonu belli seviyelere çıkmadıkça, meydana gelmez. Toprak çözeltisindeki artan elektrotlar kil-su sisteminde dehidrasyona sebep olur ve parçacıklar arasındaki mesafe azalarak toprak parçacıkları çökeler (Rengasamy ve Sumner 1998). Elektrot konsantrasyonu ve toprak dispersiyonuna bağlı SAR değeri toprakta hidrolik kondaktiviteyi tahmin etmek için faydalı bir ilişkidir (Yousaf ve ark. 1987). Yüksek hidrolik kondaktivite ile bitki besin elementleri yer altı sularına taşınırlar.

Topraklarda bulunan veya sulama sonucu oluşan tuzların neden olduğu toprak tuzluluğu, bitkiler üzerinde iki şekilde etkili olmaktadır. Birincisi, bitkilerin toprak çözeltisinden su alımını engelleyen toplam tuz etkisi veya ozmotik etki, ikincisi ise bitkilerdeki bazı fizyolojik olayları etkileyen toksik iyon etkisidir. Topraklarda bulunan fazla miktarlardaki değişebilir sodyum ise su geçirgenliği ve havalanmanın azalması gibi sorunlara neden olduğu için, bitki gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir (Bresler ve ark. 1982; James ve ark. 1982).

Toprak tuzluluğu, bitkinin transpirasyonu ve solunumu yanında, su alımını ve kök gelişimini azaltmaktadır. Bunun sonucunda hormonal dengede yıkım meydana gelmekte, fotosentez azalmakta, nitrat alımı düşmesi sonucunda protein sentezinde azalma görülmekte ve bitki boyu kısalmaktadır. Bu durum, bitkinin yaş ve kuru ağırlığını etkilediğinden çiçek sayısını azaltmakta ve verimi azalmasına neden olmaktadır (Sharma 1980, Robinson ve ark. 1983, Çakırlar ve Topçuoğlu 1985).

Tuzlulukla ilgili çalışmalardaki ana düşünce, tuzluluğun tüm canlı yaşamına olan etkisinin anlaşılmasını sağlayarak, yaşamın hangi ölçü içinde tuzluluktan etkilenmediğini ortaya koymaktır. Bu koşullarda topraklarda tuzluluğun giderilmesi gerekmekte, ancak bunun çok pahalı bir süreci içermesi, tarımcıları daha ekonomik ve uygulanabilir çözümler aramaya itmektedir. Tuza dayanıklı bitkilerin veya bir cins yada türe ait çeşitlerin belirlenip ayrımlanarak kullanılması dünyada da sıkça başvurulan bir yöntemi simgelemektedir. Zira tuzluluk nedeniyle bitkisel üretimin yada verimin düşmesinde bitkilerin, tuz düzeyi sürekli artan çevreye, uyum gösterememeleri ana etmen olmaktadır (Kanber ve ark. 1992).

Tarımı yapılan kültür bitkilerinin tümü, tuzluluğa karşı aynı tepkiyi göstermezler. Bazı bitkiler tuzluluğa karşı daha hassas iken, bazı bitkiler daha dayanıklıdır. Dayanıklı bitkiler, tuzlu topraklarda su gereksinimlerini karşılamak amacıyla ozmotik etkiye karşı daha fazla güç geliştirebilen bitkilerdir. Bitkinin tuza dayanımlarının incelenmesi, özellikle toprak tuzluluğunun belirli bir düzeyin altına düşürülemediği alanlarda, ekonomik düzeyde ürün verebilecek bitkilerin seçilerek yetiştirilmesi amacıyla önemlidir (Kotuby ve ark. 1997). Şekil 2.1'de bazı bitkilerin tuzluluk etkisindeki verim kaybı verilmiştir.



Şekil 2.1. Toprak tuzluluğunun çeşitli bitkilerde verim kaybına etkisi.

2.3. Bor – Toprak Tuzluluğunun Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi İle İlgili Araştırmalar

Spesifik adsorbe edilen SO_4 , Cl 'a göre yüzeye daha sıkı bağlanır (Özbek ve ark. 1993). Bu nedenle sülfat iyonu ilave edilmiş toprakların bor adsorpsiyonunun, klorür iyonu ilave edilmiş toprakların bor adsorpsiyonununundan daha az olduğu, artan konsantrasyonlarda fosfor uygulaması sonucu ise bor adsorpsiyonunun hem sülfat, hem de klorür konsantrasyonlarının bor adsorpsiyonuna göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Farklı anyonlar arasında klorür ve nitratın spesifik olmayan biçimde adsorbe olduklarını ve oldukça gevşek şekilde bağlandıklarını, fosfat, sülfat ve hatta boratın spesifik olarak adsorbe edildiklerini ve bu nedenle de hem miktar, hem de bağlanma sağlamlığı bakımından klorür ve nitratın daha üstün olduğu belirlenmiştir (Özbek ve ark. 1993). Bor konsantrasyonlarına eşdeğer olan klorür, nitrat ve sülfat konsantrasyonlarının killi yüzeydeki B adsorpsiyonu üzerine etkisinin az olduğu buna karşılık eşdeğer fosfat konsantrasyonlarının B adsorpsiyonunu önemli ölçüde azalttığı da belirlenmiştir.(Jasmund ve Lindner 1973).

Sera şartlarında yetiştirilen biber bitkisine 4 bor dozu ve 4 NaCl tuzu uygulanarak yapılan çalışmada bitki ağırlığı ve sürgün oluşumu üzerine tuz konsantrasyonlarının hiçbir etkisi belirlenemezken, 4 mg/l bor konsantrasyonunun altındaki seviyelerde bitki ağırlığında azalma belirlenmiştir. Artan NaCl

konsantrasyonu bitki tarafından alınan bor konsantrasyonunu azalttığı belirlenmiştir.

Okaliptus bitkisi üzerine tuz ve bor uygulaması sonucunda bitkinin öz suyu akışını ve toplam su tüketimi yoluyla oluşan transpirasyonu azalttığı belirlenmiştir. Yaşlı yapraklardaki yüksek bor konsantrasyonu (25 - 30 ppm) ve düşük seviyelerde uygulanan tuza (2 – 6 ds/m) bağlı olarak bitkinin 2 ay sonraki gelişiminde bor toksitesitesi görülmüştür.

Daha yüksek seviyelerde uygulanan bor miktarı ile birlikte uygulanan yüksek tuz miktarı (10 ds/m' den büyük) bitkide bor toksitesini azaltmıştır. Uygulanan tuz miktarı artırılırken bor konsantrasyonunun azaltılması tuzun yapraktaki bor birikimini azalttığını göstermiştir.

Domatesin ve salatalığın tuza ve bor'a duyarlılığı üzerine yapılan çalışmada bitkiler NaCl (salatalık için 0 ve 30 mM ve domates için 0 ve 40 mM) NaCl ve toprakta (0, 5, 10 ve 20 mg kg⁻¹ kadar) bor kombinasyonunda yetiştirilen bitkilerde bor toksite semptomları her iki bitkide de 5 mg/kg oranında bor uygulandığında ortaya çıkmıştır. Tuz ise bor toksitesi nedeniyle yaprakta harabiyeti artırmıştır fakat bu salatalıkta daha ciddi bir şekilde görülmüştür. Tuzun olmadığı şartlarda, bor artırılarak uygulandığında bitkilerin kuru madde ağırlığı düşmüştür. Bu düşüşün tuzlu şartlarda bor toksitesi nedeniyle özellikle salatalıkta daha etkili olduğu belirlenmiştir. Tuz ve borun her iki bitkide de bor konsantrasyonu üzerindeki etkileşimi önemli miktarda olmuştur. Tuzsuz koşullarla karşılaştırıldığında domatesteki bor konsantrasyonu artışı tuzlu koşullardakinden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Buna karşılık salatalıktaki bor konsantrasyonu tuz ve bor oranının artırılmasıyla yükselmiştir. Tuzluluk her iki bitkide de Na ve Cl konsantrasyonlarını arttırmışken, domatesteki potasyum konsantrasyonu tuz ve bor uygulanmasından etkilenmemiştir. Fakat salatalıktaki K konsantrasyonu tuz yönünden düştüğü belirlenmiştir.

Darı ve Mısır bitkisi üzerine yapılan çalışmada 0 ve 50 mM NaCl tuzları 0,5,10,15 ve 20 mM bor dozları uygulanmış mısır ve darıda Cl, K, Na, ve B içeriği, büyüme oranı, çimlenme oranı üzerine etkileri araştırılmıştır. İki test bitkisinde tuzlu şartlar altında ve tuzlu olmayan ancak artan B dozları ile bitkilerin kuru madde

miktarı, kök uzunluğu, sürgün uzunluğu ve çimlenme oranının azaldığı belirlenmiştir. Darı'da B konsantrasyonunda ki artış tuzsuz şartlarla karşılaştırıldığında tuzlu şartlardan daha düşük olduğu belirlenmiştir. Buna zıt olarak; mısır da B konsantrasyonunda ki artış tuzlu şartlarda daha yüksek olduğu bulunmuştur. Her iki test bitkisinde tuzlu şartlarda Na ve Cl konsantrasyonları artmış ve K konsantrasyonu azalmıştır. Tuzlu şartlarda B uygulanması K konsantrasyonunu azalttığı belirlenmiştir.

3.MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Toprak Materyali

Sera koşullarında yapılan denemede Konya İli Sağlık Kasabası'ndan temin edilen ve özellikleri Çizelge 3.1.'de verilen toprak kullanılmıştır. Denemede kullanılan toprak alkali pH' ya sahip olup tuzluluk problemi bulunmamaktadır. Deneme toprağının organik madde miktarı yeterli seviyede olmakla birlikte kireçli toprak sınıfında yer almaktadır. Toprak örneğinin mikro besin elementi içerikleri yetersiz seviyede olup özellikle bor yönünden oldukça fakir durumdadır.

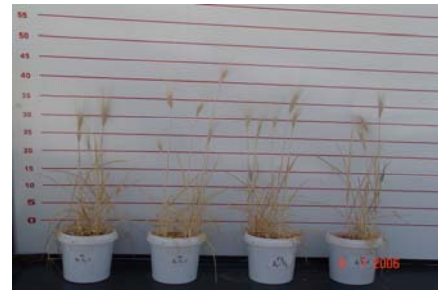
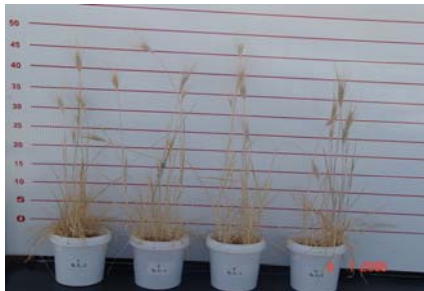
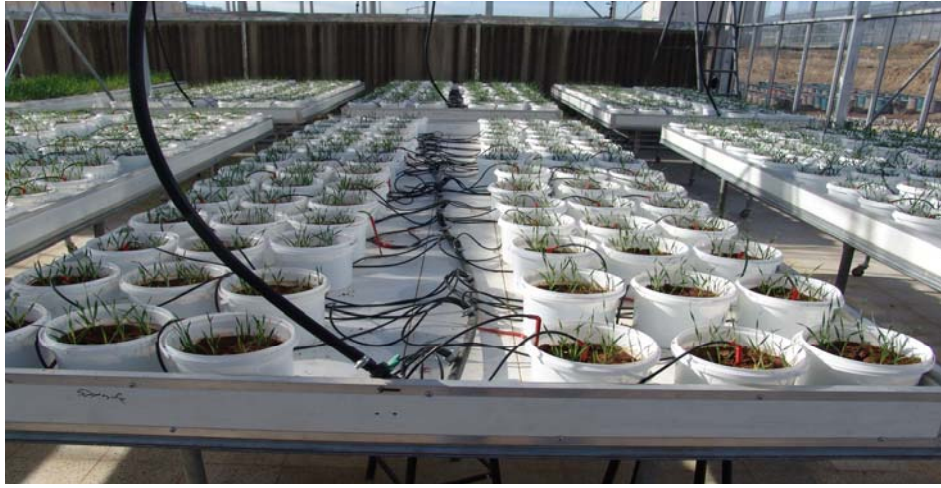
Çizelge 3.1. Denemede Kullanılan Toprak Örneğinin Bazı Özellikleri.

Toprak Özellikleri	Analiz Sonucu	Metot
pH (1:2.5 Toprak-su)	8.10	Jackson, 1962
E.C., (1:5 Toprak-su) ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	125.20	Jackson, 1962
Tarla Kapasitesi (%)	26.50	U.S. Salinity Lab. Staff, 1954
CaCO ₃ (%)	31.30	Hızalan ve Ünal 1966
Organik madde (%)	4.90	Smith ve Weldon, 1941
Kil (%)	18.36	Bouyoucus, 1951
Silt (%)	14.28	Bouyoucus, 1951
Kum (%)	67.36	Bouyoucus, 1951
1 N NH₄AOC ile ekstrakte edilebilir katyonlar, me 100 g⁻¹		
Ca	5.42	Bayraklı, 1987
Mg	0.35	Bayraklı, 1987
K	0.21	Bayraklı, 1987
Na	0.08	Bayraklı, 1987
mg kg⁻¹		
0.5N NaHCO ₃ ile ekstrakte edilen P	17.70	Bayraklı, 1987
DTPA ile ekstrakte edilen Fe	0.90	Lindsay ve Norvell, 1978
DTPA ile ekstrakte edilen Zn	0.01	Lindsay ve Norvell, 1978
DTPA ile ekstrakte edilen Mn	2.40	Lindsay ve Norvell, 1978
DTPA ile ekstrakte edilen Cu	0.20	Lindsay ve Norvell, 1978
CaCl ₂ + mannitol ile ekstrakte edilen B	0.20	Bingham, 1982

3.2. Metot

3.2.1. Sera Denemesinin Kurulması

Saksı denemesi ısı, ışık ve nispi nemi bilgisayar kontrollü serada yürütülmüştür. Araştırmanın yürütüldüğü serada makarnalık buğday vejetasyon süresi boyunca gündüzleri sera içi sıcaklığının 26 ± 2 °C, solar radyasyonun 1600 ± 50 kcal/m² ve nispi nemin $\%65\pm 5$ olması sağlanmıştır.



Şekil 3.1. Denemeden genel bir görünüm (Sera genel resim, bitkilerin sapa kalkma evresi ve hasat dönemi).

Sera denemesi tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Denemede plastik saksılara 4 mm³ lik elekten elenmiş 1,5 kg toprak konulmuştur (Özbek 1969).

Denemede test bitkisi olarak Kızıltan - 91 (*Triticum durum* L.) makarnalık buğday çeşidi kullanılmıştır.

Denemede bor 0, 1.0, 2.5, 5.0, 10.0 mg kg⁻¹ seviyelerinde borik asit (H₃BO₃, %17.5 B) şeklinde, tuz uygulamaları ise 0-200 µS cm⁻¹ (Tuzsuz), 200-400 µS cm⁻¹ (hafif tuzlu), 400-600 µS cm⁻¹ (tuzlu), >600 µS cm⁻¹ (çok tuzlu) olacak şekilde Çizelge 3.2' de belirtildiği miktarlarda uygulanmıştır.

Çizelge 3.2. Denemede uygulanan bor ve tuz dozları.

Tuz Dozları			Bor Dozları	
Doz	Uygulanan Tuz Karışımı (lt)	Elde Edilen Tuz Seviyesi µS cm ⁻¹	Doz	mg kg ⁻¹
Tuz ₀	Karışım uygulanmadı	125	B ₀	0
Tuz ₁	0.225 Na ₂ SO ₄ + 0.175 NaCl + 0.075 CaCl ₂ + 0.025 MgSO ₄	360	B ₁	1.0
Tuz ₂	0.45 Na ₂ SO ₄ + 0.35 NaCl + 0.15 CaCl ₂ + 0.05 MgSO ₄	528	B ₂	2.5
Tuz ₃	0.90 Na ₂ SO ₄ + 0.70 NaCl + 0.30 CaCl ₂ + 0.10 MgSO ₄	823	B ₃	5.0
			B ₄	10.0

Toprak tuzluluğunu oluşturmak amacıyla Na₂SO₄, NaCl, CaCl₂, MgSO₄ tuzlarının karışımı belirlenen dozdaki toprak tuzluluğu oluşturmak amacıyla saksı toprağına çözelti halinde uygulanmıştır.

Sera denemesinde her saksıya 10 tohum ekilmiş ve çimlenmeden sonra 6 bitkiye seyreltilmiştir. Bitki üst kısmı 50-55 cm'ye gelince köküyle hasat edilmiştir.

Denemede bitkilerin temel besin ihtiyacının karşılanması amacıyla deneme toprağının besin elementi kapsamı göz önünde bulundurularak 200 mg N/kg azot (Üre halinde), 50 mg P /kg (TSP halinde), 30 mg K /kg (Kalimagnesia halinde) uygulanmıştır. Azotun yarısı ekimle birlikte uygulanmış, kalan yarısı bitki çıkışından sonra amonyum nitrat (%33' lük) gübresiyle verilmiştir.

3.2.2. Denemede Yapılan Ölçümler

3.2.2.1 Biyolojik Verim (g bitki⁻¹)

Saksılardaki bitkilerin hasadı yapıldıktan sonra her biri daneleriyle birlikte ayrı ayrı 0.01 g duyarlı terazide tartılarak bitki başına yaş ağırlıkları belirlenmiş ve biyolojik verim değeri olarak Çizelge 4.2’de ortalamadan standart sapma değerleri ile birlikte verilmiştir.

3.2.2.2. Kuru madde miktarı (g bitki⁻¹)

Hasat sonrası kese kağıtları içerisinde laboratuara getirilen bitkilerin toprak üstü aksamı tamamen temizleninceye kadar musluk suyu ile yıkandıktan sonra sırasıyla bir kez saf su, 0.2 N HCl çözeltisi, iki kez saf su ve bir kez de deiyonize su ile yıkanmış, kaba filtre kağıdı üzerinde fazla suları alınmıştır. Daha sonra kese kâğıdına ayrı ayrı konulan bitki kısımları hava sirkülasyonlu kurutma dolabında 70 °C’ de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. 0.01 g duyarlı terazide tartılarak bitki başına ağırlıkları belirlenmiş ve kuru madde miktarları Çizelge 4.3’de ortalamadan standart sapma değerleri ile birlikte verilmiştir.

3.2.2.3. Laboratuar Analizleri

3.2.2.3.1. Bitki Örneklerinin Analize Hazırlanması ve Analizi

Hasat sonrası kese kağıtları içerisinde laboratuara getirilen bitkilerin toprak üstü aksamı tamamen temizleninceye kadar musluk suyu ile yıkandıktan sonra sırasıyla bir kez saf su, 0.2 N HCl çözeltisi, iki kez saf su ve bir kez de deiyonize su ile yıkanmış, kaba filtre kağıdı üzerinde fazla suları alınmıştır. Daha sonra kese kâğıdına ayrı ayrı konulan bitki kısımları hava sirkülasyonlu kurutma dolabında 70 °C’ de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Kuruyan bitki örneklerinin toprak üstü kısımların ağırlıkları belirlendikten sonra tungusten kaplı bitki öğütme değirmeninde öğütülmüştür. Polietilen kavanozlara konulan öğütülmüş bitki

örnekleri analizde kullanılmadan önce 70 °C 'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutma dolabında bırakılmış ve kavanozların kapakları sıkıca kapatılmıştır

Kurutulan ve öğütülen bitki örneklerinden 0.3 gram tartılarak 5 ml HNO₃ ile yüksek sıcaklık (210 °C) ve yüksek basınç (200 PSI) altında mikrodalga cihazında (CEM Mars 5) çözündürülmüştür. Daha sonra örnekler 25 ml' lik balonjoje'ye aktarılarak soğuduktan sonra deiyonize su ile derecesine tamamlanmıştır. Bu süzükler hemen Whatman 42 filtre kağıdı ile süzülerek 25 ml'lik polietilen şişelere aktarılmış ve süzükte bitki besin elementleri ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer) (Varian- Vista) cihazı ile belirlenmiştir.

3.2.3. Laboratuvar çalışmaları:

3.2.3.1. Elementel analizler (Mikro besin içerikleri):

Sera denemesi sonucu kökleriyle alınan örnekler laboratuara getirilmiştir. Bitki örnekleri %1'lik HCl ile yıkanıp, 70 °C kurutulmuş, öğütülerek analiz için muhafaza edilmiştir. 0.5 g örnek + 10 ml HNO₃ mikrodalga kaplarına konulmuş ve 210 °C sıcaklık ve 170 PSI basınç altında mikrodalga fırında yakılmıştır. Yakma sonucunda bitkilerin topraktan aldıkları B'a ilaveten diğer besin elementlerinin miktarları belirlenmiştir. Ayrıca bitki örneklerinde suda çözünebilir B analizi yapılmıştır.

3.2.4. İstatistik Analizler

Araştırmada elde edilen sayısal değerlerin istatistiksel analizleri "MSTAT C" paket programı kullanılarak yapılmıştır. F testi yapılmak suretiyle farklılıkları tespit edilen uygulamaların ortalama değerleri LSD önem testine (%1) göre gruplandırılmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Araştırmada farklı bor ve toprak tuzluluk seviyelerinde makarnalık buğdayın (Kızıltan - 91 *Triticum durum* L.) gelişimi ile ilgili olarak elde edilen değerler ve bu değerlere ait sonuçlar aşağıda alt başlıklar halinde verilmiştir.

4.1. Biyolojik verim

Farklı bor ve tuz dozlarının buğdayın biyolojik verim değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1’de, denemelerden elde edilen ortalama biyolojik verim değerleri Çizelge 4.2’de, bu değerlere ait grafik Şekil 4.1’de buğdayın farklı özellikleri arasındaki ilişkiler Çizelge 4.11’te verilmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı Dozlarda Uygulanan Bor ve Tuzun Sera Koşullarında Yetiştirilen Buğdayın Biyolojik Verim, Kuru Ağırlık, Bor Konsantrasyonu ve İçeriği, Ca, K, Mg, Na Konsantrasyonu ve K/Na Oranı Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları.

Kareler Ortalaması	Uygulamalar				C.V. (%)
	Bor	Tuz	Bor x Tuz İnt.	Hata	
S.D.	4	3	12	38	
Biomass	7,88**	9,23**	0,24**	0,012	1,69
Kuru Madde	3,01**	2,26**	0,02*	0,01	2,59
B Konstrasyonu	1487621,77**	1904,23**	1809,44**	0,92	0,31
B İçeriği	14672107,04**	326779,53**	101950,61**	1078,75	3,13
Ca Konstrasyonu	0,04**	0,05**	0,01**	0,01	3,59
K Konstrasyonu	0,31**	0,15**	0,04**	0,01	3,71
Mg Konstrasyonu	0,01**	0,01**	0,01**	0,01	4,42
Na Konstrasyonu	0,01**	0,60**	0,02**	0,01	8,16
K/Na Oranı	90.678**	1947.505**	52.586**	1.964	12.50

** %1 istatistiki olarak önemli olduğunu göstermektedir.

Buğdayda bor ve tuz dozları ile bor x tuz etkileşiminin etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.01$, Çizelge 4.1). Biyolojik verim değeri uygulanan bor ve tuz dozlarının artışına bağlı olarak azalmıştır (Çizelge 4.2, Şekil 4.1). Farklı bor dozlarının bitkinin biyolojik verim değerleri üzerine etkisi incelendiğinde en yüksek biyolojik verim değeri B’un 1 mg kg^{-1} dozundan elde edilmiştir (Çizelge 4.2, Şekil

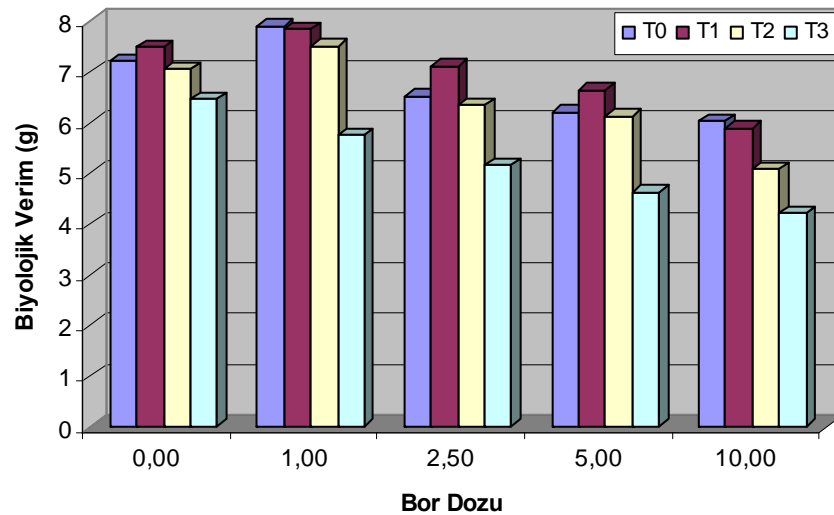
4.1). Bu doza kadar uygulanan bor bitkide olumlu etki yaparken, bu dozdan sonraki uygulamalarda ise borun olumsuz etkisi ile karşılaşılmıştır.

Çizelge 4.2. Farklı Dozlarda Uygulanan Bor ve Tuzun Sera Koşullarında Yetiştirilen Buğdayın Biyolojik Verim Değerlerine Etkisi

Bor Dozu mg kg ⁻¹	Tuz Seviyeleri $\mu\text{S/cm}$								Ortalama	
	T ₀		T ₁		T ₂		T ₃			
	g saksı ⁻¹	% Değ.	g saksı ⁻¹	% Değ.	g saksı ⁻¹	% Değ.	g saksı ⁻¹	% Değ.	g saksı ⁻¹	% Değ.
B_{0.0}	7,23c		7,49b	3,60	7,07c	-2,21	6,47de	-10,51	7,07 b	
B_{1.0}	7,92a	9,54	7,85a	8,58	7,51b	3,87	5,75ı	-20,47	7,26 a	2,69
B_{2.5}	6,53de	-9,68	7,12c	-1,52	6,36ef	-12,03	5,17j	-28,49	6,30 c	-10,89
B_{5.0}	6,21fg	-14,11	6,65d	-8,02	6,14fgh	-15,08	4,63k	-35,96	5,91 d	-16,41
B_{10.0}	6,03gh	-16,60	5,90hı	-18,40	5,09j	-29,60	4,21ı	-41,77	5,31 e	-24,89
Ortalama	6,79 b		7,00 a	3,09	6,44 c	-5,15	5,24 d	-22,83		

Bitkilerin ihtiyaç duydukları bor miktarı oldukça azdır (Rerkasem ve ark. 1991). Genellikle tek çenekli (monokotiledon) bitkilerin bor gereksinmesi, çift çenekli (dikotiledon) bitkilerin bor gereksinmesinden daha azdır (Rerkasem ve ark. 1991). Gerek duyulan borun çok azda olsa fazlası, bor noksanlığında olduğu gibi bitkilerin gelişmesi üzerine olumsuz etki yapmaktadır. Çalışmamız sonucunda da tuz uygulanmayan (Tuz₀) muameleler incelendiğinde biyolojik verim kontrole göre 1 mg kg⁻¹ bor dozunda %9,54 oranında artarken, 10.0 mg kg⁻¹ dozunda kontrole göre %16.60 oranında azaldığı belirlenmiştir. Uygulanan bor dozlarının ortalamaları dikkate alındığında da 1 mg kg⁻¹ bor dozunda %2,69 oranında artış elde edilirken, borun en yüksek uygulandığı doz olan 10.0 mg kg⁻¹ dozunda %24.89 oranında azalma olmuştur (Çizelge 4.2). Yapılan LSD testine göre B₁ uygulaması birinci grupta yer alırken B₁₀ uygulaması son grupta yer almıştır. (Çizelge 4.2). Buğday bitkisinin gelişimi üzerine borun etkisini araştıran araştırmacılarda çalışmamızla benzerlik gösteren bulgular elde etmişlerdir. Hamurcu ve ark. (2006a) makarnalık buğdayda yaptıkları sera çalışmasında artan B dozlarıyla birlikte bitkilerin biyolojik verim değerlerinin azaldığını yine buğday bitkisi üzerine yapılan tarla çalışmalarında (Torun ve ark. 2006; Soylu ve ark. 2004; Taban ve Erdal. 2000; Alkan 1998) artan seviyelerde bor uygulamasıyla bitkilerin verim değerlerinde önemli azalmalar olduğunu tespit etmişlerdir. Bitkilerde bor beslenmesiyle ilgili buğday dışında diğer

bitkilerle yapılan çalışmalarda, Hamurcu ve Gezgin (2007) fasulye genotipleri üzerine yaptıkları sera çalışmasında bitkilerin biyolojik verim değerlerinde kontrole göre 5 mg kg^{-1} dozunda % 7.8 oranında azalma olduğunu, bor dozunun 10 mg kg^{-1} seviyesine çıkarılmasıyla bu azalmanın %34.8 oranında olduğunu tespit etmişlerdir. Yine bezelye üzerine yaptıkları sera çalışmasında da B uygulamasıyla bitkilerin biyolojik verim değerlerinin hiç bor uygulanmayan ve 1 mg kg^{-1} uygulamasının üzerindeki dozlarda biyolojik verim değerlerinde önemli azalmalar olduğunu tespit etmişlerdir (Hamurcu ve ark.2006b). Hakkoymaz (2005) mercimekte yaptığı B çalışmasında sonuçlarımızla benzer bulgular ortaya koymuşlardır. Ayvaz (2002) iki farklı arpa çeşidi kullanarak yaptığı denemede farklı B konsantrasyonlarının bitkilerin biyolojik verim değerleri üzerine etkisini incelemişler ve araştırmalarında borsuz ve 1 mg kg^{-1} B uygulanan bitkilerin biyolojik verim değerleri arasında önemli bir farklılık bulunmazken 10 ve 20 mg kg^{-1} B uygulamasında her iki çeşitte de artan B konsantrasyonu ile bitki biyolojik verim değerlerinin giderek azaldığını, bu azalmanın borsuz ve 1 mg kg^{-1} bor uygulamasında yetiştirilen bitkilere göre yaklaşık %30 oranında olduğunu belirlemişlerdir. Diğer yandan Shelp ve Shattuck (1987), farklı bor konsantrasyonlarında yetiştirilen karnabahar (*Brassica oleracea*) bitkisi üzerine yaptıkları çalışmada en yüksek biyolojik verim değerinin 1 mg kg^{-1} bor konsantrasyonunda yetiştirilen bitkilerde olduğunu bu dozun üzerindeki uygulamalarda ise bitkilerin biyolojik verim değerlerinde önemli düşüşler olduğunu bulmuşlardır. Bu sonuçlarla birlikte gerek buğdayda gerekse diğer bitki türlerinde yapılan çalışma sonuçları bizim bulgularımızı teyit eder nitelikte olmuştur.



Şekil 4.1. Farklı dozlarda uygulanan bor ve tuzun buğday bitkisinin biyolojik verim değerlerine (g bitki^{-1}) etkisi.

Uygulanan tuz seviyelerinin biyolojik verim değerleri üzerine etkisi istatistiki olarak ($p < 0.01$) önemli bulunmuştur (Çizelge 4.1). Bor dozlarının ortalaması olarak en yüksek biyolojik verim Tuz₁ seviyesinde elde edilirken en düşük biyolojik verim Tuz₃ uygulamasında elde edilmiştir. Uygulanan tuz seviyelerinin ortalamaları dikkate alındığında kontrole göre Tuz₁ uygulamasıyla biyolojik verim değerinde %3.09 oranında bir artış elde edilirken, Tuz₂ ve Tuz₃ seviyelerinde %5.15 ile %22.83 oranlarında bir azalma olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.2, Şekil 4.1, 4.2). Toprakta tuzluluk şartlarının oluşması bitkinin transpirasyonu ve solunumu yanında, su alımını ve kök gelişimini azaltmaktadır. Bunun sonucunda bitkilerde hormonal denge yıkıma uğramakta, fotosentez azalmakta, nitrat alımı düşmesi sonucunda protein sentezinde azalma görülmekte ve bitki boyu kısalmaktadır. Bu durum, bitkinin biyolojik verim değerlerinin azalmasına ve buna bağlı olarak çiçek sayısının azalmasına ve verim düşüşüne neden olmaktadır (Sharma 1980; Robinson ve ark. 1983; Çakırlar ve Topçuoğlu 1985). Yaptığımız çalışma sonucunda tuz seviyelerindeki artışa bağlı olarak biyolojik verim değerlerinin azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.3, Şekil 4.1). Benzer çalışmada Catherine ve ark. (2000) buğday bitkisi üzerine bor ve tuz uygulamasının etkisini araştırdıkları sera çalışmasında araştırma sonuçlarımızı destekler nitelikte sonuçlara ulaşmışlardır. Çalışmada buğday bitkisine uygulanan tuz seviyelerinde artışa bağlı olarak bitki biyolojik verim değerlerinde %70 oranlarında azalmalar olduğunu bulmuşlardır.

B x tuz etkileşiminin biyolojik verim değerleri üzerine etkisi istatistiki olarak ($p < 0.01$) önemli bulunmuş (Çizelge 4.1) olup bu durum B ve tuz uygulamalarının etkisinin birbirine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. B x tuz interaksyonunun da en yüksek biyolojik verim 7,92g ile $B_1 \times Tuz_0$ uygulamasından elde edilirken en düşük biyolojik verim ise 4,21g ile $B_{10.0} \times Tuz_3$ uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.2). B x Tuz interaksyonu sonucunda en yüksek biyolojik verim değerinin elde edildiği $B_1 \times Tuz_0$ uygulamasında kontrole göre %9.54 oranında bir artış elde edilirken, en düşük biyolojik verim değerinin elde edildiği $B_{10.0} \times Tuz_3$ uygulaması sonucunda %41.77 oranında bir azalış belirlenmiştir. Bor – tuz etkileşiminin bitki biyolojik veriminde bitki için toksiklik oluşturmayacak seviye olan B_1 uygulamasında bitkinin tuz uygulamasına bağlı olarak meydana gelen verim azalmalarının daha az olduğu gözlemlenmiştir. Nitekim çalışmamız sonucunda toprakta hafif tuzluluk (200-400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, hafif tuzlu) koşulunun olduğu T_1 seviyesinde ortama 1 mg kg^{-1} dozunda bor ilave edilmesi ile biyolojik verim değerinde %8.58 (7.85 g) oranında bir artış elde edilmiş, toprakta tuzluluk oluşturacak seviye olan Tuz_2 (400-600 $\mu\text{S}/\text{cm}$, tuzlu) durumunda biyolojik verim değerlerinde %3.87 ($B_1 \times Tuz_2$, 7.51 g) oranında bir artış olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.2, Şekil 4.1). Toprak çözeltisindeki tuz konsantrasyonu arttığında ve su potansiyeli azaldığında, bitki hücrelerinin ozmotik potansiyeli düşer ve bitki hücrelerinin bölünmesi ya da uzaması birden yavaşlar. Bu stres koşulları altında genellikle stomalar kapanır ve sonuç olarak fotosentez azalır. Bunlara ilaveten toprak tuzluluğu koşulları tuzluluğu, bitkinin transpirasyonu ve solunumu yanında, su alımını ve kök gelişimini azaltmakta, hormonal dengede yıkım meydana gelmekte, nitrat alımı düşmesi sonucunda protein sentezinde azalmalara sebep olmaktadır (Sharma 1980, Robinson ve ark. 1983, Çakırlar ve Topçuoğlu 1985). Bor ise bitkide ihtiyaç duyduğu oranlarda bulunması durumunda bitki bünyesinde karbonhidrat ve protein metabolizmasında, doku farklılaşması, oksin ve fenol metabolizmasında, membran permeabilitesinde, solunumda, polen çimlenmesinde ve polen tüpü büyümesinde önemli roller üstlenmektedir (Marschner, 1995). Aynı zamanda biyomembranların yapısal ve fonksiyonel özellikleri üzerine borun etkisinin önemli olduğu, yapılan araştırmalar çoğu iyonların membranlardan içeri alınmasında ya da dışarı verilmesinde borun önemli etkilerinin bulunduğu ve özellikle klor alımında

etkili olduğunu belirlemişlerdir (Marschner 1995, Çakmak ve Römheld 1997, Kacar ve Katkat 2007). Bitki bünyesinde borun yeterli seviyede bulunması durumunda bitkide tuzdan kaynaklanan olumsuz etkilerin giderilmesinde yardımcı olduğu düşünülmektedir. Bitkilerin tuzlu koşullarda Na^+ iyonu yerine K^+ iyonunu almayı tercih etmelerini sağlayan seçicilik özelliğinin artmasına ve buna bağlı olarak tuza dayanıklılık kriterinin belirlenmesinde önemli bir parametre olan K/Na oranının artmasında yardımcı olduğu belirlenmiştir (Yadav ve Manchanda 1979; Alpaslan ve Güneş, 2001). Çalışmamız sonucunda da makarnalık buğday için yeterli seviyede bor uygulanmasıyla (1 mg kg^{-1}) bitkide tuzdan kaynaklanan olumsuzlukların azaltıldığı ve bitkinin tuzlu koşullara karşı direnç mekanizmasının azda olsa arttırılabildiği gözlemlenmiştir. Benzer çalışmada Catherine ve ark. (2000) buğday bitkisi üzerine bor ve tuz uygulamasının etkisini araştırdıkları sera çalışmasında tuzlu şartlar altında bitki biyolojik verim değerinde %30 seviyesinde bir azalma olurken ortama toksik seviyede bor ilavesi ile bu azalmanın %70 oranlarına ulaştığını, ancak bitki için yeterli seviyede bor uygulanması durumunda tuzdan kaynaklanan azalmanın daha az seviyede olduğunu belirlemişlerdir. Yine Manchanda ve Sharma (1991) ve Holloway ve Alston (1992)' un elde ettiği sonuçlar çalışmamız sonucunda elde edilen bulguları destekler nitelikte olmuştur. Yapılan LSD testine göre $B_1 \times \text{Tuz}_0$ ve $B_1 \times \text{Tuz}_1$ uygulamaları birinci grupta yer alırken $B_{10} \times \text{Tuz}_3$ uygulaması son grupta yer almıştır.

4.2. Kuru Madde Miktarı

Farklı bor ve tuz dozlarının buğdayın kuru ağırlık değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1'de, denemelerden elde edilen ortalama biyolojik verim değerleri Çizelge 4.3'te, bu değerlere ait grafik Şekil 4.2'te verilmiştir.

Bor dozlarının kuru ağırlık değerleri üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.01$, Çizelge 4.1). Uygulanan tuz seviyelerinin ortalaması olarak en yüksek kuru ağırlık 4.42 g ile B_0 (Kontrol) uygulamasından elde edilirken, en düşük kuru ağırlık $3,18 \text{ g}$ ile $B_{10.0}$ uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.3). Artan bor dozu uygulaması ile birlikte buğday bitkisinin biyolojik verim değerlerinde olduğu gibi kuru ağırlık değerlerinde de azalmalara sebep olmuştur. Uygulanan bor

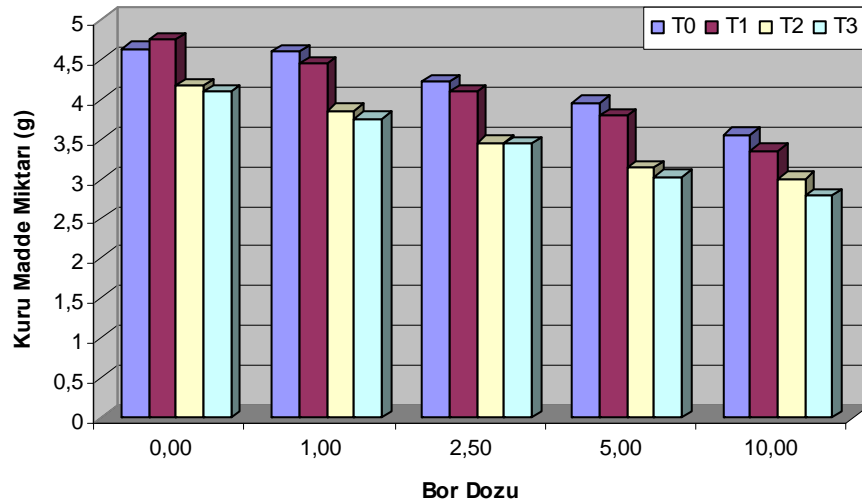
dozlarının ortalamaları dikkate alındığında B₁ dozunda kontrole göre %5.66 oranında bir azalma olurken bu azalma B_{10.0} dozunda %28.05 oranında olmuştur. Yapılan LSD testine göre B₀ (Kontrol) uygulaması birinci grupta, B₁ uygulaması ikinci grupta ve B_{10.0} uygulaması son grupta yer almıştır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Farklı Dozlarda Uygulanan Bor ve Tuzun Sera Koşullarında Yetiştirilen Buğdayın Kuru Ağırlık Değerlerine Etkisi

B Dozu mg kg ⁻¹	Tuz Seviyeleri $\mu\text{S/cm}$								Ortalama	
	T ₀		T ₁		T ₂		T ₃		g saksı ⁻¹	%
	g saksı ⁻¹	% Değ.	g saksı ⁻¹	% Değ.	g saksı ⁻¹	% Değ.	g saksı ⁻¹	% Değ.		
B _{0.0}	4,64ab		4,75a	2,37	4,17cd	-10,13	4,1cd	-11,64	4,42a	
B _{1.0}	4,6ab	-0,86	4,44b	-4,31	3,86ef	-16,81	3,76fg	-18,97	4,17b	-5,66
B _{2.5}	4,22c	-9,05	4,09cde	-11,85	3,45h	-25,65	3,44h	-25,86	3,80c	-14,03
B _{5.0}	3,96def	-14,66	3,79f	-18,32	3,14ı	-32,33	3,03ı	-34,70	3,48d	-21,27
B _{10.0}	3,55gh	-23,49	3,36h	-27,59	3,00ij	-35,34	2,79j	-39,87	3,18e	-28,05
Ortalama	4,19a		4,09b	-2,39	3,52c	-15,99	3,43c	-18,14		

Bitkisel üretiminde önemli bir kriter olan B toksisitesinden kaynaklanan kuru madde azalmasıyla ilgili olarak makarnalık buğday bitkisinde yapılan sera çalışmasında bor toksisitesinden kaynaklanan kuru madde azalmasının uygulanan B dozlarıyla birlikte B uygulanmayan saksılara göre %24.6 oranında azaldığı, en yüksek kuru madde miktarına ulaşılan 1 mg kg⁻¹ B uygulamasında ise %2.8 oranında arttığını belirlemişlerdir (Hamurcu ve ark. 2006a). Alkan (1998), sera çalışmasında, B toksisitesi göstermeyen bir toprağa 0.5, 15 ve 45 mg kg⁻¹ B uygulamaları yapmış ve farklı tahıl türlerinin kuru madde verimlerinde meydana gelen verim azalmasının kontrol (0 mg kg⁻¹ B) uygulamasına göre, sırasıyla %6, %16, ve %51 oranlarında olduğunu bulmuştur. Ayvaz (2002) arpada yaptığı saksı denemesinde 0, 1, 10 ve 20 mg kg⁻¹ B uygulamasıyla bitkide 0 ve 1 mg kg⁻¹ B uygulanan bitkilerde kuru ağırlık bakımından önemli bir fark görülmezken 10 ve 20 mg kg⁻¹ B uygulanan bitkilerde artan B dozları ile bitkinin kuru ağırlık değerlerinin giderek azaldığı, borsuz ve 1mg kg⁻¹ B uygulamasında yetiştirilen bitkilere göre yaklaşık %30 oranında bir azalma olduğunu belirlemiştir. Torun ve ark (2006) 70 makarnalık buğday (*Triticum durum*) genotipi ile yaptıkları sera denemesinde bitkiler, ekstrakte edilebilir B'un 12 mg kg⁻¹

olduğu bir toprakta iki ayrı bor uygulamasına tabi tutmuşlar (+B: 25 mg kg⁻¹ toprak;- B: 0 mg kg⁻¹) otuz günlük büyüme evresinden sonra hasat edilmiş ve genotipleri kuru madde ağırlığı bakımından değerlendirmişlerdir. Genotipler arasında topraktaki B toksisitesine karşı, toksisite belirtilerinin şiddeti ve büyümedeki azalma bakımından büyük bir genotipsel varyasyonun olduğunu buna karşılık genotiplerin tümünde B uygulaması sonucu kuru madde ağırlığında azalmaların olduğunu ifade etmişlerdir. Gerek buğdayda gerekse diğer bitki türlerinde yapılan çalışma sonuçlarında elde edilen veriler araştırma sonuçlarımızı teyit eder nitelikte olmuştur.



Şekil 4.2. Farklı dozlarda uygulanan bor ve tuzun buğday bitkisinin kuru madde miktarı değerlerine (g bitki⁻¹) etkisi

Tuz uygulamasının kuru ağırlık değerleri üzerine etkisi istatistiki olarak %1 ihtimal sınırında önemli bulunmuştur (Çizelge 4.1). Bor dozlarının ortalaması olarak en yüksek kuru ağırlık 4,19g ile T₀ uygulamasından elde edilmiştir. En düşük kuru ağırlık 3,43g ile T₃ uygulamasından elde edilmiştir. Deneme sonucunda artan tuz seviyeleri ile birlikte kuru ağırlık değerlerinde önemli azalmalar meydana gelmiştir (Çizelge 4.3; Şekil 4,2). Uygulanan tuz seviyelerinin ortalamaları dikkate alındığında kontrole göre T₁ uygulamasında %2,39 oranında bir azalma olurken, en düşük kuru ağırlığın elde edildiği T₃ uygulamasında %18,14 oranında bir azalma olmuştur. Bitki kuru madde miktarı tuzluluk artışına bağlı olarak azalmaktadır. Yani, denmede ele alınan tuzluluk düzeyleri için, tuzluluğun artması ile bitkinin biyolojik verim değerleri azalmıştır. Bu durum bitki köklerinin, artan tuzluluk düzeylerinde yüksek

ozmotik basınç etkisiyle azalan su alımlarının, su kullanımını azaltması ve sonuçta biyolojik verim değerlerinde azalma şeklinde açıklanabilir. Çalışmamızda da bu azalmanın toprakta hafif tuzluluk şartlarının (T_{uz1}) aşılması ile daha da fazlalaştığı belirlenmiştir (Çizelge 4.3, Şekil 4.2). Yapılan LSD testine göre T_0 (Kontrol) uygulaması birinci grupta, T_1 uygulaması ikinci grupta, T_2 ve T_3 uygulaması son grupta yer almıştır (Çizelge 4.3). Topraklarda bulunan veya sulama sonucu oluşan tuzların neden olduğu toprak tuzluluğu, bitkiler üzerinde iki şekilde etkili olmaktadır. Birincisi, bitkilerin toprak çözeltisinden su alımını engelleyen toplam tuz etkisi veya ozmotik etki, ikincisi ise bitkilerdeki bazı fizyolojik olayları etkileyen toksik iyon etkisidir. Topraklarda bulunan fazla miktarlardaki değişebilir sodyum ise su geçirgenliği ve havalanmanın azalması gibi sorunlara neden olduğu için, bitki gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir (Bresler ve ark. 1982, James ve ark. 1982). Toprak tuzluluğu, bitkinin transpirasyonu ve solunumu yanında, su alımını ve kök gelişimini azaltmaktadır. Bunun sonucunda hormonal dengede yıkım meydana gelmekte, fotosentez azalmakta, nitrat alımı düşmesi sonucunda protein sentezinde azalma görülmekte ve bitki boyu kısalmaktadır. Bu durum, bitkinin yaş ve kuru ağırlığını etkilediğinden çiçek sayısını azaltmakta ve verimin azalmasına neden olmaktadır (Sharma 1980, Robinson ve ark. 1983, Çakırlar ve Topçuoğlu 1985). Tuzlu şartlar altında bitkilerin kuru madde miktarında meydana gelen değişmelerle ilgili gerek buğdaylarda gerekse diğer bitki türlerinde yapılan çalışma sonuçları bulgularımızı destekler nitelikte olmuştur. Nitekim Taban ve ark., (1997) değişik mısır çeşitlerinin tuz stresine duyarlılıklarını araştırdıkları sera denemesinde bitkilere 68 mM/kg NaCl uygulamışlar ve uygulama sonucunda mısır çeşitlerinin kuru ağırlıklarının %15 ile %30 arasında değişen oranlarda azaldığını belirlemişlerdir. Bağcı ve ark., (2003) arpa genotiplerinin tuza toleranslarını belirlemek amacıyla yaptıkları çalışma sonucunda arpa çeşitlerinin de artan tuz seviyeleri ile birlikte kuru ağırlıklarında önemli oranlarda azalmalar olduğunu ortaya koymuşlardır.

B x T interaksiyonunun kuru ağırlık değerleri üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.01$, Çizelge 4.4). B x T interaksiyonunda en yüksek kuru ağırlık 4,75g ile $B_0 \times T_1$ uygulamasından elde edilirken en düşük kuru ağırlık ise 2,79g ile $B_{10.0} \times T_3$ uygulamasından elde edilmiştir. B x T interaksiyonu sonucunda en yüksek kuru ağırlık değerinin elde edildiği $B_0 \times T_1$ uygulamasında kontrole göre

%2.37 oranında bir artış elde edilirken en düşük kuru ağırlık değerinin elde edildiği $B_{10.0} \times T_3$ uygulaması sonucunda %39.87 oranında bir azalma belirlenmiştir. Bu azalma $B_{10.0} \times T_0$ uygulamasında %23.49 oranında olurken $B_0 \times T_3$ uygulamasında %11.64 oranında olmuştur (Çizelge 4.4, Şekil 4.2). Bor uygulamasındaki artışa bağlı olarak buğday bitkisinin kuru ağırlık değerlerinde belirgin bir azalış görülürken bu azalma tuz uygulamasıyla daha da fazlalaşmıştır. Ancak toprak tuzlulaşmasına bağlı olarak kuru madde miktarında meydana gelen azalmaların ortama bitki için yeterli miktarda bor ilave edilmesi ile kuru madde miktarında ki azalma oranlarının daha az olduğu belirlenmiştir. Yapılan LSD testine göre $B_0 \times T_1$, $B_0 \times T_0$ ve $B_{1.0} \times T_0$ uygulaması birinci grupta yer alırken, $B_{1.0} \times T_1$ uygulaması ikinci grupta ve $B_{10.0} \times T_3$ uygulaması son grupta yer almıştır.

Bor ve tuz interaksiyonunda görüldüğü gibi buğday bitkisinin kuru ağırlık değerleri bor ve tuz uygulamalarına göre farklılık göstermektedir. Araştırmamız sonucunda farklı bor dozlarının denemede kullanılan buğday bitkisinin tuz uygulamasının olumsuz etkisini azaltıcı yönde azda olsa bir etki oluştururken, toprak tuzlulaşmasının artması ise bitkinin bor toksisitesinden zararlanma oranı üzerine azaltıcı bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. Bunlara ilaveten B ve tuzun birlikte en yüksek seviyelerde uygulandığı muamelelerde kuru ağırlıkta meydana gelen azalma daha yüksek seviyelerde gerçekleştiği belirlenmiştir. Bor ve tuz uygulamasının bitkide meydana getirdiği fizyolojik ve morfolojik değişimlerin birbirinden bağımsız olarak oluştuğu düşünülmektedir. Nitekim Catherine ve ark. (2000) buğday bitkisi üzerine bor ve tuz uygulamasının etkisini araştırdıkları sera denemesinde de sonuçlarımızla benzerlik gösteren bulgular elde etmişlerdir. Denemede 45 günlük bitkilere tuzsuz şartlar altında bor uygulamasıyla kuru ağırlık değerlerinde %30 oranında bir azalma olduğunu, tuzlu şartlar altında ise bor uygulamasıyla birlikte kuru ağırlık değerlerindeki azalmanın %70 seviyelerine kadar yükseldiğini belirlemişlerdir. Hububatlar üzerine tuzlulukla ilgili yapılan araştırmalar sonucunda tuzluluk şartlarının sürgün büyümesini önemli derecede geriletirerek bitki sap ağırlığının ve buna bağlı olarak kuru ağırlık değerlerinin önemli derecede azalmasına sebebiyet verdiği belirlenmiştir (Manchanda ve Sharma 1991; Holloway ve Alston 1992; Maas ve ark. 1994). Farklı bitkiler kullanılarak yapılan çalışmalarda da sonuçlarımızla benzerlik gösteren bulgular elde edilmiştir. Alpaslan ve Güneş

(2001), domates ve salatalık bitkileri üzerine bor ve tuz uygulamasının etkilerini araştırdıkları sera denemesinde iki tuz (salatalık için 0 ve 30 mM , domates için 0 ve 40 mM) ve dört bor dozu (0, 5, 10 ve 20 mg kg⁻¹) uygulaması sonucunda, her iki bitkide de 5 mg kg⁻¹ bor dozu uygulamasında bor toksisitesi ortaya çıkmış, bu doz ve üzerindeki bor dozları ile birlikte tuz uygulamasıyla her iki bitkide de kuru madde miktarında ki azalma ve harabiyetteki artışın daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

4.3. Bor Konsantrasyonu ve İçeriği

Farklı bor ve tuz dozlarının buğdayın bor konsantrasyonu ve içeriği değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1’de, denemelerden elde edilen ortalama bor konsantrasyonu ve içeriği değerleri Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5’te, bu değerlere ait grafik Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’te verilmiştir.

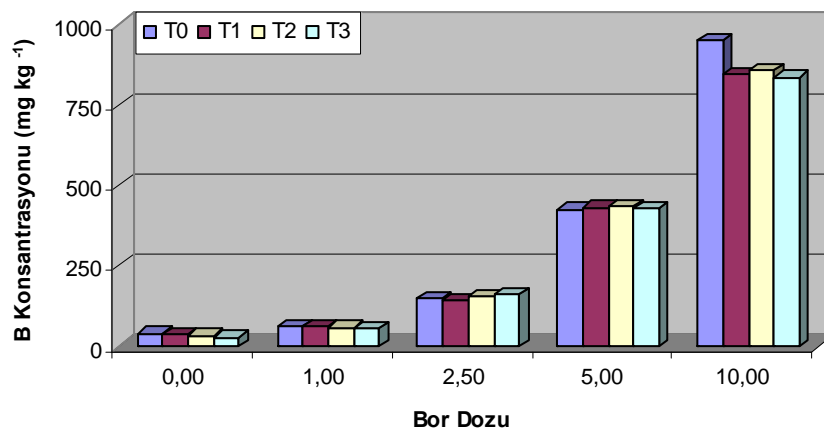
Çizelge 4.4. Farklı Dozlarda Uygulanan Bor ve Tuzun Sera Koşullarında Yetiştirilen Buğdayın Yaprak Bor Konsantrasyonuna (mg kg⁻¹) Etkisi

B mg kg ⁻¹	Tuz Seviyeleri $\mu\text{S/cm}$								Ortalama	
	Tuz ₀		Tuz ₁		Tuz ₂		Tuz ₃			
	mg kg ⁻¹	% Değ.	mg kg ⁻¹	% Değ.	mg kg ⁻¹	% Değ.	mg kg ⁻¹	% Değ.	mg kg ⁻¹	% Değ.
B_{0.0}	40,27p		35,53q	-11,77	32,73r	-18,72	26,97s	-33,03	33,88e	
B_{1.0}	61,7m	53,22	60,71m	50,76	57,8n	43,53	55,07o	36,75	58,83d	73,64
B_{2.5}	146,83k	264,61	140,57l	249,07	152,77j	279,36	159,5i	296,08	149,92c	342,50
B_{5.0}	426,23h	958,43	430,83f	969,85	434,47e	978,89	428,37g	963,74	429,98b	1169,13
B_{10.0}	952,87a	2266,20	846,50c	2002,06	855,50b	2024,41	835,57d	1974,92	872,61a	2475,59
Ortalama	325,58a		302,84c	-6,98	306,65b	-5,81	301,09d	-7,52		

Bor dozlarının bor konsantrasyonu ve içeriği değerleri üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.01$, Çizelge 4.1). Uygulanan tuz seviyelerinin ortalaması olarak en yüksek bor konsantrasyonu 872.61 mg kg⁻¹ ile B_{10.0} uygulamasından elde edilmiş bunu azalan sıra ile B_{5.0} (429,98 mg kg⁻¹), B_{2.5} (149,92 mg kg⁻¹) ve B_{1.0} (58,83 mg kg⁻¹) takip etmiş, en düşük bor konsantrasyonu 33.88 mg kg⁻¹ ile B₀ (Kontrol) uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.4, Şekil 4.3). Bitkinin bor içeriği değerlerine bakıldığında da en yüksek bitki bor içeriği B_{10.0} (2783,26 μ kg⁻¹) dozu uygulamasında elde edilmiş olup en düşük bitki bor içeriği B₀ (Kontrol, 150,65 μ kg⁻¹) dozu uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.5). Yapılan

LSD testine göre B_{10,0} dozu birinci grupta, B_{5,0} dozu ikinci grupta ve B₀ dozu son grupta yer almıştır (Çizelge 4.4, Çizelge 4.5).

Farklı bor dozlarının bitki bünyesindeki bor konsantrasyonu üzerine etkisi incelendiğinde artan bor dozuna bağlı olarak bitki bor konsantrasyonunun ritmik bir artış gösterdiği görülmektedir (Çizelge 4.4, Şekil 4.3). Bu durum bize buğday bitkisinin ilk gelişme dönemlerinde uygulanan bor elementinin büyük bir kısmını bitki bünyesinde depolaya bilme yeteneğinde olduğunu göstermektedir. Yine aynı şekilde bitkinin kuru ağırlık miktarı ile B konsantrasyonu değerleri oranlandığında B uygulanmayan koşullarda bitkinin B içeriği $150,65 \mu \text{kg}^{-1}$ olduğu artan bor dozlarıyla birlikte bunun 18 katlık bir artışla $2783,26 \mu \text{kg}^{-1}$ ulaştığı belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Elde edilen bu sonuçlar buğday bitkisinin biyolojik verim değerlerinde ve kuru madde miktarlarında meydana gelen azalmaların en önemli sebeplerinden biri olarak düşünülmektedir. Nitekim buğday bitkisinin bor konsantrasyonu ve bor içeriği değerleri ile biyolojik verim ($-0,644^{**}$, $-0,576^{**}$), kuru ağırlık ($-0,713^{**}$, $0,646^{**}$) değerleri ile ilişkilendirilmesi sonucunda negatif önemli ilişkilerin bulunması elde ettiğimiz sonuçları desteklemektedir (Çizelge 4.11). Benzer çalışmalarda Torun ve ark. (2005) buğdayda biyolojik verim ve kuru madde miktarları ile B konsantrasyonları arasında negatif önemli ilişkilerin bulunduğunu ortaya koymuşlardır. Farklı bitki türleri kullanılarak yapılan çalışmalarda da Hamurcu ve Gezgin (2007) fasulyede bor uygulamasının biyolojik verim ve kuru ağırlık değerleri ile bor konsantrasyonları arasında negatif önemli ilişkiler olduğunu belirlemişlerdir.



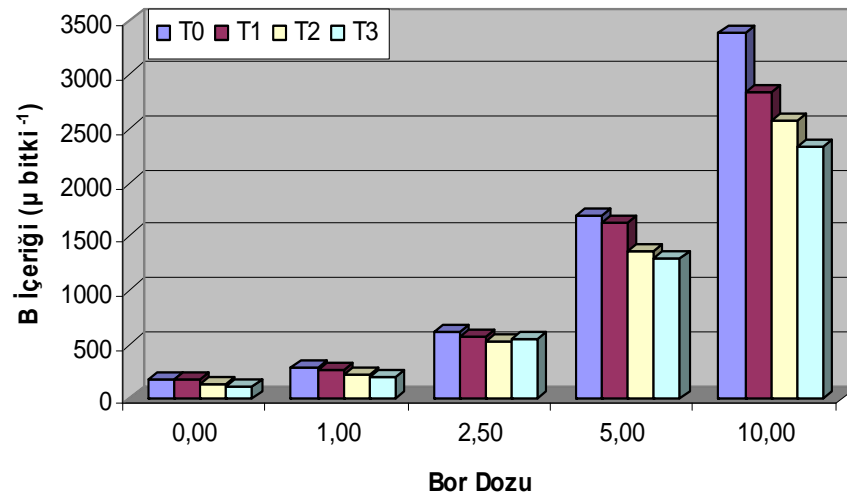
Şekil 4.3. Farklı dozlarda uygulanan bor ve tuzun buğday bitkisinin yaprak bor konsantrasyonuna etkisi.

Uygulanan tuz seviyelerinin bor konsantrasyonu ve B içeriği üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.01$, Çizelge 4.1). Bor dozlarının ortalaması olarak en yüksek bor konsantrasyonu $325.58 \text{ mg kg}^{-1}$ ile T_0 uygulamasından elde edilirken, bunu azalan sıra ile T_2 ($306,65 \text{ mg kg}^{-1}$), T_1 ($302,84 \text{ mg kg}^{-1}$) ve T_3 ($301,09 \text{ mg kg}^{-1}$) uygulamaları takip etmiştir. Tuz seviyelerinin ortalamaları dikkate alındığında kontrole göre T_3 uygulamasıyla B konsantrasyonu değerlerinde %7.52 oranında bir azalma olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.4). Tuz uygulamasında bitkinin en yüksek B içeriği $1231.74 \mu \text{ kg}^{-1}$ ile T_0 uygulamasından elde edilirken en düşük B içeriği kontrole göre %26.94 oranında bir azalış ile T_3 uygulamasından ($899,97 \mu \text{ kg}^{-1}$) elde edilmiştir (Çizelge 4.5). Yapılan LSD testine göre T_0 uygulaması birinci grupta T_2 uygulaması ikinci grupta ve T_3 uygulaması ise son grupta yer almıştır (Çizelge 4.5). Artan seviyelerde tuz uygulamasının bitki B konsantrasyonunu azaltıcı yönde bir etki yaptığı görülmektedir. Araştırmamızda elde ettiğimiz sonuçlar birçok araştırmacı tarafından da desteklenmektedir. Daha öncede belirtildiği gibi tuzluluk şartlarının oluşması bitkinin transprasyonu ve solunumu yanında, su alımını ve kök gelişimini azaltmaktadır. Bu durum, bitkide kullanılan su miktarının azalmasına ve dolayısıyla bitki bünyesine besin elementi alımının azalması yanında bitkide iyon dengesinin bozulmasına sebebiyet vermek suretiyle B konsantrasyonunun azalmasına sebep olmaktadır (Sharma 1980; Robinson ve ark. 1983; Çakırlar ve Topçuoğlu 1985, Manchanda ve Sharma 1991, Hollway ve Alston 1992). Buğday bitkisi hariç diğer bitki türleri kullanılarak yapılan çalışmalarda da çalışmalarımızla benzerlik gösteren bulgular elde edilmiştir. Nitekim İsmail (2003) darı ve mısır bitkisi kullanarak yapmış oldukları sera çalışmasında bitkilere 50 mM NaCl ve 5, 10, 15 ve 20 mM dozlarında B uygulamış ve uygulama sonucunda bitki bor konsantrasyonlarının artan B dozlarıyla birlikte arttığını ancak tuz ilave edilmesiyle bitki B konsantrasyonlarının azalma gösterdiğini belirlemiştir. Yermiyahu ve ark. (2003) çan biberi kullanarak yapmış oldukları sera çalışmasında da çalışmamızla benzerlik gösteren bulgular elde etmişlerdir.

Çizelge 4.5. Farklı Dozlarda Uygulanan Bor ve Tuzun Sera Koşullarında Yetiştirilen Makarnalık Buğdayın Bor İçeriğine (μ bitki⁻¹) Etkisi.

B mg kg ⁻¹	Tuz Seviyeleri μ S/cm								Ortalama	
	Tuz ₀		Tuz ₁		Tuz ₂		Tuz ₃		μ kg ⁻¹	% Değ.
	μ kg ⁻¹	% Değ.	μ kg ⁻¹	% Değ.	μ kg ⁻¹	% Değ.	μ kg ⁻¹	% Değ.		
B_{0.0}	186,76jkl		168,62jkl	-9,71	136,62kl	-26,85	110,6l	-40,78	150,65e	63,32
B_{1.0}	283,70ı	51,91	270,06ı	44,60	223,13ij	19,47	207,26ijk	10,98	246,04d	276,58
B_{2.5}	619,18g	231,54	574,93gh	207,84	526,56h	181,94	548,62gh	193,76	567,32c	892,62
B_{5.0}	1686,44e	803,00	1632,82e	774,29	1362,82f	629,72	1299,38f	595,75	1495,38b	1747,50
B_{10.0}	3382,66a	1711,23	2847,09b	1424,46	2569,32c	1275,73	2333,98d	1149,72	2783,26a	
Ortalama	1231,74a		1098,72b	-10,80	963,69c	-21,76	899,97d	-26,94		

B x T interaksiyonunun B konsantrasyonu ve B içeriği değerleri üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.01$, Çizelge 4.1). En yüksek B konsantrasyonu 952,87 mg kg⁻¹ ile B_{10.0} x T₀ uygulamasından elde edilirken en düşük B konsantrasyonu 26,97 mg kg⁻¹ ile B₀ x T₃ uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.4). B x T interaksiyonu sonucunda en yüksek B konsantrasyonunun elde edildiği B_{10.0} x T₀ uygulamasında kontrole göre %2266,20 oranında bir artış görülürken en düşük B konsantrasyonunun elde edildiği B₀ x T₃ uygulamasında ise kontrole göre %33.03 oranında bir azalma belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Buğday bitkisinin bor içeriği değerlerine bakıldığında en yüksek bor içeriği bor konsantrasyonu değerlerinde olduğu gibi ile B_{10.0} x T₀ (3382,66 μ kg⁻¹) uygulamasından, en düşük bor içeriği de B₀ x T₃ uygulamasından elde edilmiş olduğu görülmektedir (Çizelge 4.5). Buradan da görülmektedir ki buğday bitkisinin B konsantrasyonu B dozlarındaki artışa bağlı olarak belirgin bir artış görülürken uygulanan tuz seviyelerindeki artışla birlikte bitki B konsantrasyonunda azda olsa azalmaya sebep olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5). Yapılan LSD testi sonucunda da B₁₀ x T₀ uygulaması birinci grupta yer alırken B₀ x T₃ uygulaması son grupta yer almıştır.



Şekil 4.4. Farklı dozlarda uygulanan bor ve tuzun buğday bitkisinin yaprak bor içeriğine etkisi.

4.4. Ca ve Mg Konsantrasyonu

Farklı bor ve tuz dozlarının buğdayın Ca ve Mg konsantrasyonuna ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1’de, denemelerden elde edilen ortalama Ca ve Mg konsantrasyonu değerleri Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7’de, bu değerlere ait grafik Şekil 4.5 ve Şekil 4.6’de verilmiştir.

Çizelge 4.6. Farklı Dozlarda Uygulanan Bor ve Tuzun Sera Koşullarında Yetiştirilen Buğdayın Ca Konsantrasyonuna (%) Etkisi.

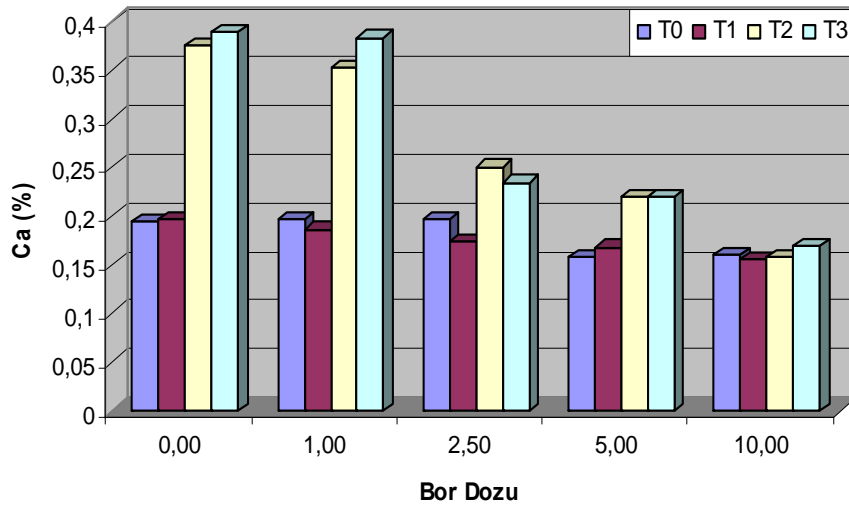
B mg kg ⁻¹	Tuz Seviyeleri µS/cm								Ortalama	
	T ₀		T ₁		T ₂		T ₃			
	%	% Değ.	%	% Değ.	%	% Değ.	%	% Değ.	%	% Değ.
B_{0.0}	0,195f		0,197ef	1,03	0,375a	92,31	0,389a	99,49	0,289a	
B_{1.0}	0,197ef	1,03	0,186fg	-4,62	0,353b	81,03	0,383a	96,41	0,280a	-3,11
B_{2.5}	0,197ef	1,03	0,174fgh	-10,77	0,250c	28,21	0,234cd	20,00	0,214b	-25,95
B_{5.0}	0,158h	-18,97	0,168gh	-13,85	0,220de	12,82	0,220de	12,82	0,192c	-33,56
B_{10.0}	0,160h	-17,95	0,156h	-20,00	0,157h	-19,49	0,169gh	-13,33	0,161d	-44,29
Ortalama	0,181b		0,176b	-2,76	0,271a	49,72	0,279a	54,14		

Çizelge 4.7. Farklı Dozlarda Uygulanan Bor ve Tuzun Sera Koşullarında Yetiştirilen Buğdayın Mg Konsantrasyonuna (%) Etkisi

B mg kg ⁻¹	Tuz Seviyeleri µS/cm								Ortalama	
	Tuz ₀		Tuz ₁		Tuz ₂		Tuz ₃		%	% Değ.
	%	% Değ.	%	% Değ.	%	% Değ.	%	% Değ.		
B_{0.0}	0,15def		0,16cd	8,00	0,20b	30,00	0,22a	48,67	0,18a	
B_{1.0}	0,16cd	7,33	0,16cde	4,00	0,16cd	8,67	0,18bc	19,33	0,17b	-9,34
B_{2.5}	0,15def	2,00	0,15def	2,00	0,15def	0,67	0,15def	0,00	0,15c	-16,48
B_{5.0}	0,15d-g	-3,33	0,15def	2,00	0,12ghı	-18,67	0,13fgh	-13,33	0,14d	-24,18
B_{10.0}	0,13e-h	-11,33	0,11hı	-25,33	0,11hı	-26,67	0,10ı	-33,33	0,11e	-37,36
Ortalama	0,15a		0,15a	-0,68	0,15a	0,00	0,16a	5,41		

Bor dozlarının buğday bitkisinin Ca ve Mg değerleri üzerine etkisi istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.01$, Çizelge 4.1). Uygulanan tuz seviyelerinin ortalaması olarak en yüksek Ca konsantrasyonu %0,289 ile B₀ (Kontrol) uygulamasından elde edilirken, en düşük Ca konsantrasyonu %0,161 ile B_{10.0} uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.6). Artan bor dozu uygulaması ile birlikte buğday bitkisinin Ca konsantrasyonunda azalmalara sebep olduğu belirlenmiştir. Uygulanan bor dozlarının ortalamaları dikkate alındığında B_{1.0} dozunda kontrole göre Ca konsantrasyonunda %3.11 oranında bir azalma olurken bu azalma B_{10.0} dozunda %44.29 oranında olmuştur. Yapılan LSD testine göre B₀ (Kontrol) ve B_{1.0} uygulaması birinci grupta, B_{2.5} uygulaması ikinci grupta ve B_{10.0} uygulaması son grupta yer almıştır (Çizelge 4.6, Şekil 4.5). Uygulanan tuz seviyelerinin ortalaması olarak en yüksek Mg konsantrasyonu %0.18 ile B₀ (Kontrol) uygulamasından elde edilirken, en düşük Mg konsantrasyonu %0,11 ile B_{10.0} uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.7 Şekil 4.6). Artan bor dozu uygulaması ile birlikte buğday bitkisinin Mg konsantrasyonunda da Ca konsantrasyonunda olduğu gibi azalmalara sebep olduğu belirlenmiştir. Bor uygulamasıyla Mg konsantrasyonunda B_{1.0} dozunda %9.34 oranında bir azalma olurken B_{10.0} dozunda bu azalma %37.36 oranında olmuştur. Yapılan LSD testine göre B₀ (Kontrol) ve B_{1.0} uygulaması birinci grupta, B_{2.5} uygulaması ikinci grupta ve B_{10.0} uygulaması son grupta yer almıştır (Çizelge 4.7). Birçok araştırma sonucunda B ve Ca arasındaki ilişkinin antagonistik olduğu belirlenmiştir (Fox 1968; Chauhan ve Power 1978; Gezin ve Hamurcu 2006c). Bu durum belirli şartlarda bitki gelişimi açısından bitkilerde bor toksisitesinin azaltılması yönünden bir avantaj oluşturabilmektedir. Çalışmamız sonucunda da

uygulanan tuz seviyelerindeki artışa bağı olarak bitki bor konsantrasyonu değerlerinde de azalmalar ortaya çıkartılmıştır. Nitekim buğday bitkisinin bor konsantrasyonu ve bor içeriği değerleri ile Ca (-0,566** ; -0,592**) ve Mg (-0,764** ;0,728**) değerlerinin ilişkilendirilmesi sonucunda da negatif önemli ilişkilerin bulunması elde ettiğimiz sonuçları desteklemektedir (Çizelge 4.11). Catherina ve ark. (2000) buğday bitkisi üzerine bor ve tuz uygulamalarının etkisini araştırdıkları çalışmada da sonuçlarımızı destekler nitelikte bulgulara ulaşmışlardır. Araştırma sonucunda bitki Ca konsantrasyonunun artan seviyelerde tuz uygulamasıyla artış gösterirken artan seviyelerde bor uygulamasıyla bitki Ca konsantrasyonunun azaldığını ortaya koymuşlardır. Buğday bitkisi dışında diğer bitki türleri kullanılarak yapılan çalışmalarda, tütün bitkisinin bor toksik alanlarda yetiştirilen bitkiye Ca ilavesi bitkinin Ca miktarını arttırmış bununla birlikte bitkinin B konsantrasyonunda azalmalar olduğunu belirtmişlerdir (Patel ve Mehta 1966; Chauhan ve Power 1978). Bitkilerde Mg konsantrasyonu üzerine bor uygulamasının etkilerinin araştırıldığı çalışmalarda da sonuçlarımızı destekler nitelikte bulgulara ulaşılmıştır. Nitekim Singh (1988) bürölce üzerinde yaptığı sera çalışmasında bor seviyesini 1 mg kg⁻¹'den 16 mg kg⁻¹ seviyesine çıkarılması durumunda bitkinin Mg konsantrasyonunun %0.37'den %0.30'a ve Mg alımının da 9,1 mg saksı⁻¹'dan 4,5 mg saksı⁻¹'ya düştüğünü belirlemiştir. Benzer çalışmada Singh ve Singh (1983) mercimek üzerine yaptıkları çalışmada bor seviyesini 0 mg kg⁻¹'den 8 mg kg⁻¹'a çıkarttıklarında mercimek filizlerinde Mg konsantrasyonunun %0.19'dan %0.10'a düştüğünü saptamışlardır. Bu sonuçlar B ve Mg arasında antagonistik bir ilişkinin var olduğuna işaret etmektedir.

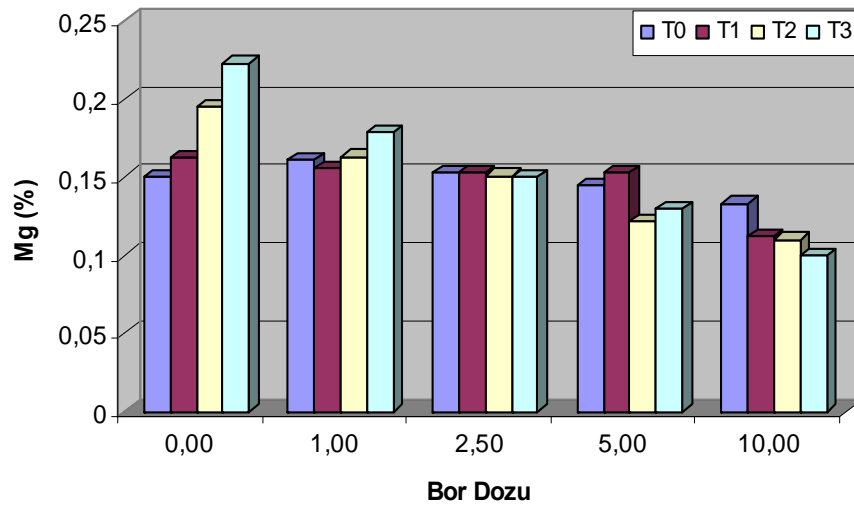


Şekil 4.5. Farklı dozlarda uygulanan bor ve tuzun makarnalık buğday bitkisinin Ca konsantrasyonuna etkisi.

Uygulanan tuz seviyelerinin Ca ve Mg konsantrasyonları üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.01$, Çizelge 4.1). Bor dozlarının ortalaması olarak en yüksek Ca konsantrasyonu %0.279 ile T₃ uygulamasından elde edilirken, bunu azalan sıra ile T₂ (%0,271), T₁ (%0,176) ve T₀ (Kontrol) (%0,181) uygulamaları takip etmiştir. Tuz seviyelerinin ortalamaları dikkate alındığında kontrole göre T₃ uygulamasıyla Ca konsantrasyonu değerlerinde %54.14 (%0.279 Tuz₃) oranında bir artış olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.6). Yapılan LSD testine göre T₃ ve T₂ uygulamaları birinci grupta, T₁ ve T₀ (Kontrol) uygulaması ise son grupta yer almıştır (Çizelge 4.6). Bitki Mg konsantrasyonu değerlerinde bor dozu ortalamaları dikkate alındığında en yüksek Mg konsantrasyonu %0.16 ile T₃ uygulamasından elde edilirken, diğer tuz uygulamalarında kontrole göre bir artış söz konusu olmamıştır (Çizelge 4.7). Tuzlu topraklarda yetiştirilen bitkilerde görülen ve metabolik faaliyetlerde önemli aksamalara neden olan olumsuz faktörlerden biride besin elementi dengesizliğidir. Ortamda tuz konsantrasyonunun artmasıyla birlikte bitkilerde özellikle N alımına bağlı olarak başta K olmak üzere P, N ve Ca miktarlarında önemli farklılıklar ortaya çıktığı, bu farklılıkların oluşmasında da Na ile diğer besin elementleri arasındaki antagonistik etkiden kaynaklandığı ileri sürülmektedir (Fageria 2001). Benzer çalışmalar neticesinde elde edilen bulgular çalışmalarımızı destekler nitelikte olmuştur. Catherine ve ark (2000) buğday bitkisi üzerinde bor ve tuz uygulamalarının etkisini araştırdıkları çalışmalarında ortama tuz

ilave edilmesiyle buğday bitkisinin Ca konsantrasyonlarının artış gösterdiğini, bitkinin Mg konsantrasyonunun ise tuz uygulamasıyla çok fazla değişim göstermemekle birlikte azda olsa artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Yine buğday bitkisi dışında farklı kültür bitkileri kullanılarak yapılan çalışmalarda da sonuçlarımızla benzerlik gösteren bulgular elde edilmiştir. Alon Ben – Gal ve Shani (2002) domates bitkisi üzerine bor ve tuz uygulamalarının etkisini araştırdıkları sera çalışmasında uygulanan tuz miktarındaki artışa bağlı olarak bitki Ca konsantrasyonlarının farklılık gösterdiğini oluşan bu farklılığın ise genellikle bitkide Ca konsantrasyonunun artışına sebep olduğunu belirlemişlerdir. Uygulanan tuz seviyelerinin artışına bağlı olarak domates bitkisinin Mg konsantrasyonlarının çok fazla değişim göstermemekle birlikte genellikle azaldığını belirlemişlerdir. Uysal (2006) mısır bitkisi üzerinde yapmış oldukları sera çalışmasında elde ettiğimiz sonuçlardan farklı olarak tuz seviyelerindeki artışla birlikte bitkinin Ca ve Mg konsantrasyonlarının azaldığını belirlemiştir.

B x T interaksiyonunun Ca ve Mg konsantrasyonları üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.01$, Çizelge 4.1). En yüksek Ca konsantrasyonu %0,389 ile $B_0 \times T_3$ uygulamasından elde edilirken en düşük Ca konsantrasyonu %0,156 ile $B_{10.0} \times T_1$ uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.6). B x T interaksiyonu sonucunda en yüksek Ca konsantrasyonunun elde edildiği $B_0 \times T_3$ uygulamasında kontrole göre %99.49 oranında bir artış görülürken en düşük B konsantrasyonunun elde edildiği $B_{10.0} \times T_1$ uygulamasında ise kontrole göre %20 oranında bir azalma belirlenmiştir (Çizelge 4.7). Buradan da görülmektedir ki buğday bitkisinin Ca konsantrasyonu B dozlarındaki artışa bağlı olarak azalırken uygulanan tuz seviyelerindeki artışa bağlı olarak artış göstermiştir (Çizelge 4.6). Araştırmada en yüksek Mg konsantrasyonu %0.22 ile $B_0 \times T_3$ uygulamasından elde edilirken en düşük Mg konsantrasyonuna %0.10 ile $B_{10.0} \times T_3$ uygulamasında ulaşılmıştır (Çizelge 4.7).



Şekil 4.6. Farklı Dozlarda Uygulanan Bor ve Tuzun Sera Koşullarında Yetiştirilen Buğdayın Mg Konsantrasyonuna Etkisi.

4.5. K ve Na Konsantrasyonu ile K/Na Oranı

Farklı bor ve tuz dozlarının buğdayın K ve Na konsantrasyonu ile K / Na oranına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1'de, denemelerden elde edilen ortalama K ve Na konsantrasyonu ile K / Na oranına ait değerler Çizelge 4.8, Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10'da, bu değerlere ait grafik Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.8. Farklı Dozlarda Uygulanan Bor ve Tuzun Sera Koşullarında Yetiştirilen Makarnalık Buğdayın K Konsantrasyonuna (%) Etkisi.

B mg kg ⁻¹	Tuz Seviyeleri μ S/cm								Ortalama	
	Tuz ₀		Tuz ₁		Tuz ₂		Tuz ₃		%	% Değ.
	%	% Değ.	%	% Değ.	%	% Değ.	%	% Değ.		
B _{0.0}	1,56gh ₁		1,59e-h	2,12	1,68d-h	7,44	1,40j	-10,07	1,56d	
B _{1.0}	1,58f-1	1,35	1,72c-f	10,58	1,70d-g	8,98	1,44ij	-7,89	1,61d	3,40
B _{2.5}	1,73c-f	11,03	1,79bcd	14,75	1,83bcd	17,64	1,54hij	-1,03	1,72c	10,73
B _{5.0}	1,87bc	19,82	1,94b	24,25	1,78bcd	14,18	1,74cde	11,87	1,83b	17,66
B _{10.0}	2,27a	45,61	1,79bcd	15,07	1,92b	23,35	1,81bcd	15,91	1,95a	25,11
Ortalama	1,80a		1,77a	-1,94	1,78a	-1,11	1,59b	-11,99		

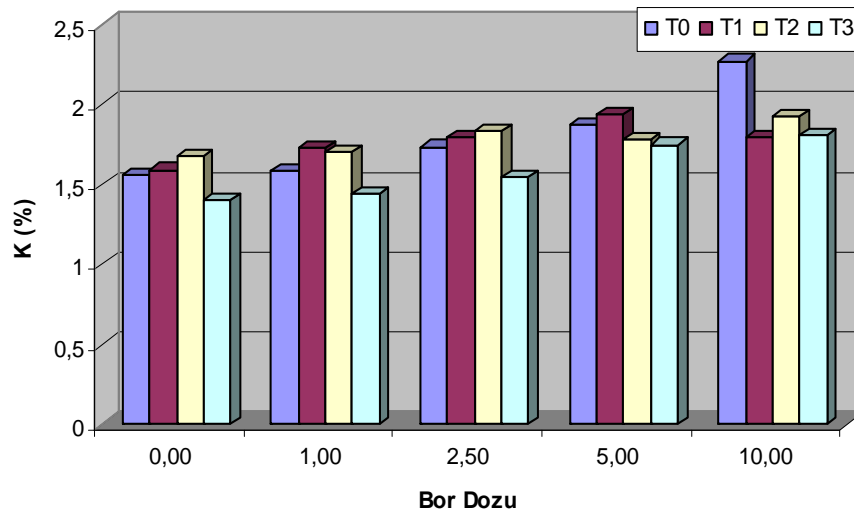
Çizelge 4.9. Farklı Dozlarda Uygulanan Bor ve Tuzun Sera Koşullarında Yetiştirilen Makarnalık Buğdayın Na Konsantrasyonuna (%) Etkisi.

B mg kg ⁻¹	Tuz Seviyeleri $\mu\text{S/cm}$								Ortalama	
	Tuz ₀		Tuz ₁		Tuz ₂		Tuz ₃			
	%	% Değ.	%	% Değ.	%	% Değ.	%	% Değ.	%	% Değ.
B_{0.0}	0,05g		0,21f	294,44	0,43d	698,15	0,57b	955,56	0,32a	
B_{1.0}	0,07g	27,78	0,23f	316,67	0,46cd	755,56	0,45d	724,07	0,30ab	-5,36
B_{2.5}	0,08g	51,85	0,21f	288,89	0,34e	535,19	0,49cd	811,11	0,28ab	-11,04
B_{5.0}	0,07g	33,33	0,24f	350,00	0,26f	377,78	0,52bc	870,37	0,27b	-13,56
B_{10.0}	0,05g	-1,85	0,18f	235,19	0,24f	350,00	0,66a	1120,37	0,28ab	-10,41
Ortalama	0,07d		0,21c	224,24	0,35b	425,76	0,54a	715,15		

Bor dozlarının buğday bitkisinin K ve Na değerleri ile K / Na oranları üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.01$, Çizelge 4.1). Uygulanan tuz seviyelerinin ortalaması olarak en yüksek K konsantrasyonu %1.95 ile B_{10.0} uygulamasından elde edilirken, en düşük K konsantrasyonu %1.56 ile B₀ (Kontrol) uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.8, Şekil 4.7). Artan bor dozu uygulamasıyla buğday bitkisinin K konsantrasyonunun artış gösterdiği belirlenmiştir. Uygulanan bor dozlarının ortalamaları dikkate alındığında B₁ dozunda kontrole göre K konsantrasyonunda %3.40 oranında bir artış belirlenirken en yüksek K konsantrasyonunun elde edildiği B_{10.0} uygulamasında artış %25.11 oranında olmuştur. Yapılan LSD testine göre B_{10.0} uygulaması birinci grupta, B_{5.0} uygulaması ikinci grupta, B₁ ve B₀ uygulamaları son grupta yer almıştır (Çizelge 4.8).

Uygulanan bor dozlarının ortalaması olarak en yüksek Na konsantrasyonu %0.32 ile B₀ (Kontrol) uygulamasından elde edilirken, en düşük Na konsantrasyonu %0.27 ile B_{5.0} uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.9). Artan bor dozu uygulaması ile birlikte buğday bitkisinin Na konsantrasyonunda azalmalara sebep olduğu belirlenmiştir. Bor uygulamasıyla Na konsantrasyonunda B₁ dozunda %5.36 oranında bir azalma olurken bu azalma B_{5.0} dozunda %13.56, B₁₀ dozunda %10.41 oranında olmuştur. Yapılan LSD testine göre B₀ (Kontrol), B_{1.0}, B_{2.5} ve B_{10.0} uygulamaları birinci grupta yer alırken, B_{5.0} uygulaması son grupta yer almıştır (Çizelge 4.9). Bitkilerin tuzluluğa dayanıklılıklarının önemli bir ölçütü olan K/Na oranları artan dozlarda bor uygulamasıyla artmıştır. En yüksek K/Na oranı %15.98 ile en yüksek doz olan B_{10.0} dozundan elde edilirken en düşük K/Na oranı B₁ (%9.39)

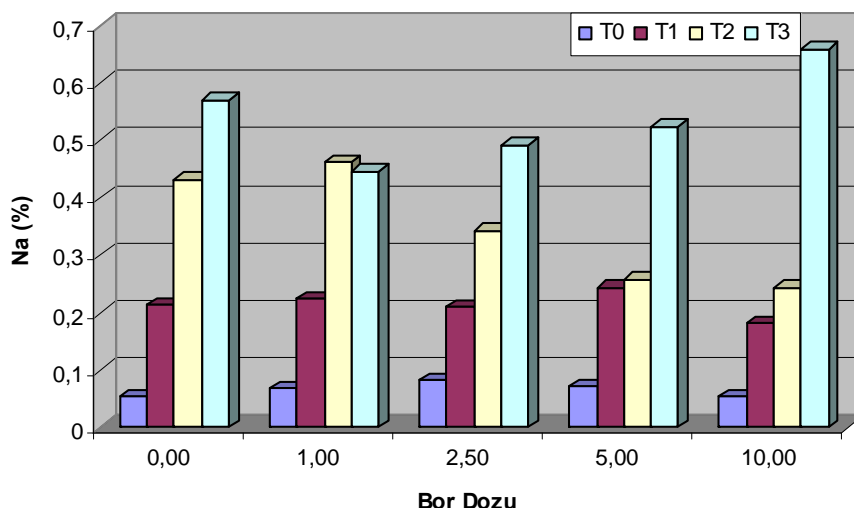
uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.10, Şekil 4.9). Bor dozlarının ortalamaları dikkate alındığında kontrol (B_0) uygulamasına göre B_1 dozunda %6.75, $B_{2.5}$ dozunda %5.36 oranlarında azalma olurken, B_5 dozunda %10.23 ve B_{10} dozunda %58.69 oranlarında artış olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.10, Şekil 4.9). Yapılan LSD testine göre B_{10} uygulaması birinci grupta; Kontrol, $B_{2.5}$ ve B_5 uygulaması ikinci grupta, B_1 uygulaması son grupta yer almıştır (Çizelge 4.9).



Şekil 4.7. Farklı dozlarda uygulanan bor ve tuzun makarnalık buğday bitkisinin K konsantrasyonuna (%) etkisi.

Farklı bor dozlarının bitki bünyesindeki K konsantrasyonu üzerine etkisi incelendiğinde artan bor dozuna bağlı olarak bitki K konsantrasyonunun artış gösterdiği görülmektedir (Çizelge 4.9). Araştırmamızda elde ettiğimiz sonuçlar birçok araştırmacı tarafından desteklenmektedir. Catherineve ark. (2000) buğday bitkisi üzerine bor ve tuz uygulamasının etkisini araştırdıkları çalışmalarında artan seviyelerde bor uygulamasıyla bitki K konsantrasyonunda artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Alpaslan ve Güneş (2001) domates ve salatalık bitkisi üzerine bor ve tuz uygulamasının etkisini araştırdıkları sera çalışması sonucunda bitkilere artan seviyelerde bor uygulamasıyla K konsantrasyonlarının artış gösterdiği bu artışın salatalık bitkisinde daha fazla olduğunu belirlemişlerdir. Yadav ve Manchanda (1979) kontrollü sera şartlarında nohut ve buğdayda yaptıkları çalışmalarında bor uygulamasının K konsantrasyonunu nohutta %3.78'den %7.02'ye ve buğdayda ise

%5.50'den %6.87'ye artırdığını belirlemişlerdir. Bitkilerin özellikle tuzlu koşullarda tuz zararına karşı direncini arttırabilmesi bakımından Na^+ iyonu yerine K^+ iyonunu almayı tercih etmelerini sağlayan seçicilik özelliğinin gelişmiş olması ve buna bağlı olarak ölçülen yüksek K/Na oranları bitkinin toprak tuzluluğuna karşı hassasiyetinin azaltılması üzerine çok olumlu etkide bulunmaktadır (Muhammed ve ark., 1987; Maathuis ve Altmann, 1999). Çalışmamız sonucunda da ortama bor uygulanmasıyla makarnalık buğday bitkisinin K^+ değerlerinin artmış olması bitkinin tuzlulaşmaya bağlı olarak zararlanma oranlarının azaltılmasında önemli bir faktör olmuştur. Nitekim bor uygulamasının bitkide Na konsantrasyonu azaltılması üzerine de olumlu yönde etkisinin olduğu belirlenmiştir. Çalışmamızda $\text{B}_0 \times \text{Tuz}_1$ (%0.21) uygulamasında kontrol ($\text{B}_0 \times \text{Tuz}_0$, %0.05) uygulamasına göre Na konsantrasyonunda %294.44 oranında bir artış olurken aynı tuz seviyesinde $\text{B}_{10} \times \text{Tuz}_1$ dozunda bu artış %235.19 oranında olmuştur. Yine aynı şekilde $\text{B}_0 \times \text{Tuz}_2$ (%0.43) uygulamasında kontrol ($\text{B}_0 \times \text{Tuz}_0$, %0.05) uygulamasına göre Na konsantrasyonunda %698.15 oranında bir artış elde edilirken $\text{B}_{10} \times \text{Tuz}_2$ dozunda bu artış %350.0 oranında olmuştur. Bu sonuçlardan da görülmektedir ki bor ilavesi ile tuzlu koşullarda bitki bünyesinde Na konsantrasyonlarında azalmalar olmuştur. Elde ettiğimiz bulgular birçok araştırmacı tarafından da desteklenmektedir (Catherineve ark. 2000; Alpaslan ve Güneş 2001; Benlloch ve ark. 1991). Bunlara ilaveten buğday bitkisinin bor konsantrasyonu ve bor içeriği değerleri ile K (0,717**; 0,764**) değerlerinin ilişkilendirilmesi sonucunda pozitif önemli ilişki bulunurken, Na (-0,075**; -0,173**) değerlerinin ilişkilendirilmesi sonucunda da negatif önemli ilişkilerin bulunması elde ettiğimiz sonuçları desteklemektedir (Çizelge 4.11).



Şekil 4.8.Farklı Dozlarda Uygulanan Bor ve Tuzun Sera Koşullarında Yetiştirilen Makarnalık Buğdayın Na Konsantrasyonuna (%) Etkisi.

Uygulanan tuz seviyelerinin K ve Na konsantrasyonu ile K/Na oranları üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.01$, Çizelge 4.1). Bor dozlarının ortalaması olarak en yüksek K konsantrasyonu %1.80 ile T_0 uygulamasından elde edilirken, bunu azalan sıra ile T_2 (%1.78), T_1 (%1.77) ve T_3 (%1.59) uygulamaları takip etmiştir. Tuz seviyelerinin ortalamaları dikkate alındığında kontrole göre T_3 uygulamasıyla K konsantrasyonu değerlerinde %11.99 oranında bir azalma olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.8, Şekil 4.7).

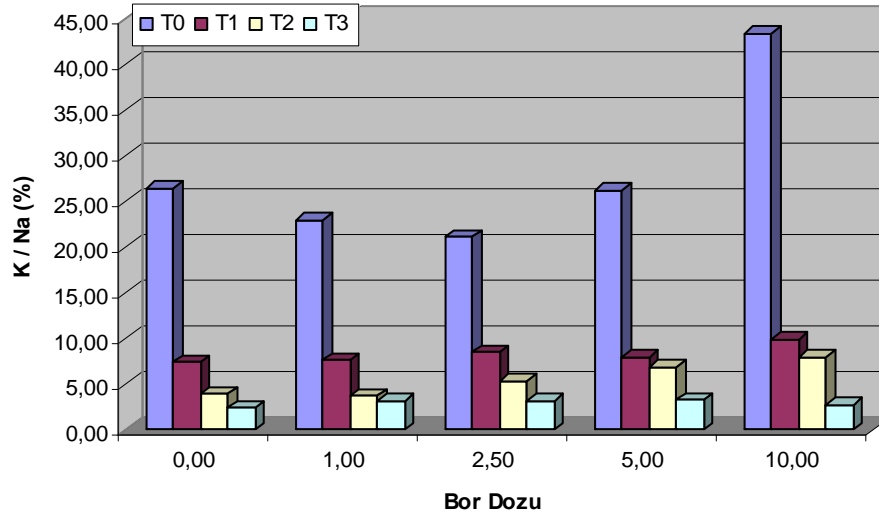
Çizelge 4.10. Farklı Dozlarda Uygulanan Bor ve Tuzun Sera Koşullarında Yetiştirilen Makarnalık Buğdayın K/Na Oranına (%) Etkisi.

B mg kg ⁻¹	Tuz Seviyeleri $\mu\text{S/cm}$								Ortalama	
	Tuz ₀		Tuz ₁		Tuz ₂		Tuz ₃			
	%	% Değ.	%	% Değ.	%	% Değ.	%	% Değ.	%	% Değ.
B_{0.0}	26,46b		7,46de	-71,82	3,89fg	-85,31	2,47g	-90,67	10,07bc	
B_{1.0}	22,92c	-13,38	7,67de	-71,01	3,73fg	-85,90	3,23g	-87,80	9,39c	-6,75
B_{2.5}	21,08c	-20,33	8,52de	-67,80	5,35efg	-79,78	3,14g	-88,13	9,53bc	-5,36
B_{5.0}	26,19b	-1,02	7,97de	-69,88	6,89def	-73,96	3,33g	-87,41	11,10b	10,23
B_{10.0}	43,29a	63,61	9,94d	-62,45	7,93de	-70,04	2,75g	-89,61	15,98a	58,69
Ortalama	27,99a		8,31b	-70,31	5,56c	-80,14	2,99d	-89,32		

Yapılan LSD testine göre T_0 , T_1 ve T_2 uygulamaları birinci grupta T_3 uygulaması ise son grupta yer almıştır (Çizelge 4.8). Uygulanan bor dozlarının

ortalaması olarak en yüksek Na konsantrasyonu %0.54 ile T₃ uygulamasından elde edilirken, bunu azalan sıra ile T₂ (%0.35), T₁ (%0.21) ve T₀ (Kontrol) (%0.07) uygulamaları takip etmiştir. Tuz seviyelerinin ortalamaları dikkate alındığında kontrole göre T₃ uygulamasıyla Na konsantrasyonu değerlerinde %715.15 oranında bir artış olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.9, Şekil 4.8). Yapılan LSD testine göre T₃ uygulaması birinci grupta, T₂ uygulaması ikinci grupta ve T₀ (Kontrol) uygulaması ise son grupta yer almıştır (Çizelge 4.9). Uygulanan tuz seviyelerinin ortalamaları dikkate alındığında en yüksek K/Na oranı %27.99 oranı ile T₀ uygulamasından elde edilirken en düşük K/Na oranı %2.99 ile T₃ uygulamasından elde edilmiştir. Yapılan LSD testine göre T₀ (Kontrol) uygulaması birinci grupta, T₁ uygulaması ikinci grupta ve T₃ uygulaması son grupta yer almıştır (Çizelge 4.10). Tuzlu topraklarda yetiştirilen bitkilerde, üründeki azalışa neden olarak toprakta artan ozmotik potansiyelden dolayı bitkinin suyu yeteri kadar kullanamaması veya tuzlu topraklarda aşırı miktarlarda bulunan Na ve Cl gibi iyonların neden olduğu toksik etki ve bitki iyon dengesindeki bozulmalar gösterilmektedir (Flowers ve Yeo 1981;Lewitt 1980b). Konuyla ilgili yapılmış olan çalışmalarda sonuçlarımızı doğrular nitelikte olmuştur. Catherineve ark. (2000), buğday bitkisinde bor ve tuz uygulamasının etkisini araştırdıkları çalışmalarında artan seviyelerde tuz uygulamasının bitkinin K konsantrasyonunun azalmasına, Na konsantrasyonunun ise artmasına sebebiyet verdiğini belirlemişlerdir. Yine Bağcı ve ark. (2003) arpa genotiplerinin tuz toleransını ve toleransı etkileyen özelliklerin belirlenmesi amacıyla yapmış oldukları çalışmalarında arpa genotiplerine beş tuz dozu (3,42 mM, 59,3 mM, 133,3 mM, 216,6 mM, 314,5 mM) uygulamışlar, uygulama sonucunda artan tuz dozlarıyla birlikte arpa genotiplerinin K konsantrasyonlarının azaldığı, Na konsantrasyonlarının artış gösterdiği, K/Na oranının da uygulanan tuz dozlarına bağlı olarak değişim göstermekle birlikte K/Na oranının azaldığını belirlemişlerdir. Alpaslan ve ark. (1999) çeltik çeşitlerinin tuzluluğa dayanıklılığını araştırdıkları çalışmalarında tuzluluğun bütün çeşitlerin gelişmelerini azalttığı, bitkilerin Na konsantrasyonlarının tuzluluk sonucu arttığı, K konsantrasyonlarının ise azaldığını belirlemişlerdir. Taban ve ark (1999) Türkiye’de yaygın olarak yetiştirilen sekiz mısır çeşidinin tuz stresine duyarlılıklarını araştırdıkları sera çalışmasında tuz uygulamadan yetiştirilen bitkilerin Na içerikleri arasında farklılık önemli olmazken,

tuz uygulamasıyla çeşitlerin tamamının Na içeriklerinde önemli seviyede arttığını, bitkilerin K içeriklerinin tuz uygulamasına bağlı olarak azaldığı, bununla birlikte K/Na oranlarının da azaldığını belirlemişlerdir.



Şekil 4.9.Farklı Dozlarda Uygulanan Bor ve Tuzun Sera Koşullarında Yetiştirilen Makarnalık Buğdayın K/Na Oranına (%) Etkisi.

B x T interaksiyonunun K ve Na konsantrasyonu ile K/Na oranı üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.01$, Çizelge 4.1). En yüksek K konsantrasyonu %2.27 ile $B_{10.0} \times T_0$ uygulamasından elde edilirken en düşük B konsantrasyonu %1.40 ile $B_0 \times T_3$ uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.8). B x T interaksiyonu sonucunda en yüksek K konsantrasyonunun elde edildiği $B_{10} \times T_0$ uygulamasında kontrole göre %45.61 oranında bir artış görülürken en düşük K konsantrasyonunun elde edildiği $B_0 \times T_3$ uygulamasında ise kontrole göre %10.07 oranında bir azalma belirlenmiştir (Çizelge 4.8). Buradan da görülmektedir ki buğday bitkisinin K konsantrasyonu B dozlarındaki artışa bağlı olarak belirgin bir artış görülürken uygulanan tuz seviyelerindeki artışla birlikte bitki K konsantrasyonunda azalmaya sebep olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.8). B x T interaksiyonunun Na konsantrasyonu değerleri üzerine etkisi incelendiğinde en yüksek Na konsantrasyonu %0.66 ile $B_{10} \times T_3$ uygulamasından elde edilirken en düşük Na konsantrasyonu %0.05 ile $B_0 \times T_0$ uygulamasında elde edilmiştir. K/Na oranında en yüksek K/Na oranı %43.29 oranı ile $B_{10} \times T_0$ uygulamasında ulaşılrken

en düşük K/Na oranına $B_0 \times T_3$ uygulamasında %2.47 oranıyla ulaşılmıştır. Bitkilerin özellikle tuzlu koşullarda toprak tuzluluğuna karşı direncinin belirlenmesinde en önemli belirleyici faktörlerden biri olan K/Na oranları $B \times T$ interaksiyonunda kontrol ($B_0 \times T_0$) uygulamasına göre $B_{10.0} \times T_0$ uygulamasında %63.61 oranında artış elde edilirken, $B_0 \times T_3$ uygulamasında %90.67 oranında azalma olduğu belirlenmiştir. Bitkide K/Na oranları bor dozlarının artışına bağlı olarak artarken tuz dozlarının artışına bağlı olarak azalmıştır (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.11. Farklı Dozlarda Uygulanan Bor ve Tuzun Sera Koşullarında Yetiştirilen Buğdayın Farklı Özellikleri Arasındaki İlişkiler (r)

	Biyolojik Ver.	Kuru Ağ.	B Kons.	B İçeriği	Ca	K	Mg	Na
Kuru Ağ.	0.866**							
B Kons.	-0.644**	-0.713**						
B İçeriği	-0.576**	-0.646**	0.989**					
Ca	0.138	0.134	-0.566**	-0.592**				
K	-0.205	-0.390**	0.717**	0.764**	-0.576**			
Mg	0.523**	0.611**	-0.764**	-0.728**	0.749**	-0.558**		
Na	-0.486**	-0.460**	-0.075**	-0.173	0.574**	-0.357**	0.172	
K / Na	0.207	0.278*	0.264*	0.355**	0.479**	-0.472**	-0.156	-0.779**

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye'nin tahıl ambarı olan Orta Anadolu Bölgesinde makarnalık buğdaya bor ve tuz uygulamalarının bitkinin gelişimi üzerine etkisini belirlemek, tuzlu koşullarda bor uygulamasının bitkinin tuz hassasiyetine karşı direnç mekanizmasının oluşturulmasında bor uygulamasının etkisini ortaya koymak amacıyla yapılan çalışma sonucunda;

Denemede buğdaya uygulanan farklı bor ve tuz dozlarının, B x T interaksiyonunun bitkinin biyolojik verim değerleri ve kuru madde miktarı üzerine etkisi incelendiğinde bitkinin biyolojik verim değerleri ve kuru madde miktarlarının uygulanan bor ve tuz dozu miktarlarının artışına bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir. Uygulanan bor dozları içerisinde en yüksek biyolojik verim değerine ve kuru madde miktarlarına borun 1 mg kg⁻¹ dozunun uygulandığı muamelede ulaşılmıştır. Tahıl üretiminde önemli bir kriter olan bor toksisitesinden kaynaklanan verim azalmasının uygulanan bor dozlarıyla birlikte hiç bor uygulanmayan saksılara göre %25 oranında azaldığı, en yüksek biyolojik verim değerinin elde edildiği 1 mg kg⁻¹ uygulamasında ise %9.54 oranında artış tespit edilmiştir. Tuz dozu uygulamalarında ise artan tuz seviyeleri ile birlikte bitkinin hem biyolojik verim değerlerinde hem de kuru madde miktarında önemli derecede azalmalar olduğu belirlenmiştir. Bu azalma kontrol uygulamasına göre (T₀) en yüksek seviyede tuzun uygulandığı seviyede (T₃) %22.83 oranında olduğu belirlenmiştir. Toprak tuzluluğunun bitkinin biyolojik verim değerlerinde ve kuru madde miktarlarında meydana gelen azalmalar üzerine bor uygulamasının yavaşlatıcı bir etkisinin olduğu, bu azalma oranının borun bitki için yeterli seviyeyi aşmadığı dozlarda daha fazla olduğu görülmüştür.

Farklı bor dozlarının bitki bünyesindeki bor konsantrasyonu üzerine etkisi incelendiğinde artan bor dozuna bağlı olarak bitki bor konsantrasyonunun düzenli bir artış gösterdiği, uygulamada en yüksek 10 mg B kg⁻¹ dozuyla, en yüksek bor konsantrasyonuna ulaşılmıştır. Toprağa tuz uygulamasıyla bitkinin bor konsantrasyonlarında azalmaya sebep olduğu belirlenmiştir.

Farklı dozlarda bor ve tuz uygulamalarının bitkinin Ca ve Mg konsantrasyonları üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Artan seviyelerde bor uygulaması sonucunda bitki Ca ve Mg konsantrasyonlarında azalma olurken, artan seviyelerde tuz uygulamasıyla bitkinin Ca konsantrasyonunda belirgin seviyede artış olmuş ve Mg konsantrasyonunda ise değişim çok az seviyede gerçekleşmiştir.

Buğday bitkisine bor ve tuz uygulamasının K konsantrasyonu üzerine etkisi incelendiğinde; bor uygulamasının bitki K konsantrasyonunu olumlu yönde etkileyerek artışına sebep olmuş, tuz uygulamasının ise bitki K konsantrasyonunu olumsuz yönde etkileyerek azalmasına neden olduğu belirlenmiştir.

Farklı dozlarda bor ve tuz uygulamalarının, bitkinin Na konsantrasyonunda azalmaya sebep olurken, tuz uygulamasının bitkinin Na konsantrasyonunda artış sağladığı belirlenmiştir. Bitkilerin tuzluluğa dayanıklılığının önemli bir ölçüsü olan K/Na oranı üzerine bor uygulamasının arttırıcı yönde bir etkisi olurken tuz uygulamasıyla bu oranı azalttığı belirlenmiştir.

Tuzlu topraklarda yetiştirilen bitkilerde, ürünlerdeki azalışa neden olarak toprakta artan ozmotik potansiyelden dolayı bitkinin suyu yeteri kadar kullanamaması veya tuzlu topraklarda aşırı miktarlarda bulunan Na^+ gibi iyonların neden olduğu toksik etki ve bitki iyon dengesindeki bozulmalar gösterilmektedir. Bu etkilerin azaltılmasında ve bitkide direnç mekanizmasının geliştirilmesinde bor uygulamasının bitkide olumlu yönde etkisinin olduğu çalışmamız sonucunda da ortaya konmuştur. Tuzlu toprakların ıslahı için pek çok mekanik ve kimyasal metot geliştirilmiştir. Ancak bunların kullanımının kolay olmaması ya da pahalı olması nedeniyle son yıllarda tuza dirençli bitki çeşitlerinin belirlenmesi veya bitkilerin tuzlu koşullarda direnç mekanizmalarına yardımcı olacak şekilde bitki yetiştirilmesi daha fazla önem kazanmaktadır. Çalışmamız sonucunda da tuzlu koşullar altında bitki yetiştiriciliği bakımından gübrelemenin önemi ve özellikle de bor gübrelemesinin önemi daha fazla önemli olmaktadır. Bu nedenle bitki yetiştiriciliğinde dengeli gübrelemeye özen gösterilmesi ve özellikle toprak koşullarına göre gübreleme programlarının oluşturulması gerekmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Alkan, A. 1998. Farklı Tahıl Türleri ile Buğday ve Arpa Çeşitlerinin Bor Toksisitesine Dayanıklılığının Araştırılması ve Dayanıklılıkta Rol Alan Faktörlerin Belirlenmesi. Doktora Tezi. Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Alon Ben-Gal and Uri Shani, 2002. Yield, transpiration and growth of tomatoes under combined excess boron and salinity stress.
- Alpaslan, M., Güneş, A., 2001. Interactive effects of boron and salinity stress on the growth, membrane permeability and mineral composition of tomato and cucumber plants. *Plant and Soil* 236: 123-128.
- Alpaslan, M., Güneş, A., Taban, S., 1999. Salinity Resistance of Certain Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivars. *Tr. J. Of Biology* 23 499-506.
- Apaydın, M., 1998. Konya Altınekin Ovası Topraklarında Yetiştirilen Şeker Pancarının Verim Ve Kalitesi Üzerine Farklı Şekil ve Miktarlarda Uygulanan Borun Etkisi. Yüksek Lisans Tezi S.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya
- Ayvaz, M., 2002. Bazı Arpa Çeşitlerinde Borun Büyüme ve Gelişme Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Bağcı, S.A., Ekiz, H., Yılmaz, A., 2003. Determination of Salt Tolerance of Some Barley Genotypes and the Characteristics Affecting Tolerance. *Türk J Agric For* 27 253-260.
- Bayraklı, F., 1987. Toprak ve Bitki Analizleri (Çeviri ve Derleme) 19 Mayıs Üniv., Zir. Fak Yay. No: 17, Samsun.
- Benlloch, M., Arboleda, F., Barranco, D., and Fernandez-Escobar. 1991. Response of Young Olive Trees to Sodium and Boron Excess in Irrigation Water. *Hort Science* 26 (7): 867-870.
- Bergmann, W., 1982. Nutritional Disorders of Plants Colour Atlas. pp 204-239. Gustav Fischer, New York, USA.

- Bouyoucus, G.J.1951. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils. *Argon. J.* 43: 434-438.
- Bresler, E., Charter, D.L., 1982. *Saline and Sodic Soils*. Springer Verlag. Prinsiples-Dynamics-Modelling. Berlin Heidelberg, New York. 227.
- Cartwright, B, Zarcinas, R. and Spoucer, L.R., 1986. Boron Toxicity in South Australian Barley Crops. *Aust. Lagric. Res.* 37:351-359.
- Cartwright, B., Zarcinas, R. and Mayfield, A.H., 1984. Toxic Concentrations of Boron in a Red-Brown Earth at Gladstone, South Australia. *Aust. J. Soil Res.* 22:261-72.
- Catherine, M., Grieve and James, A. 2000. Poss. Wheat Response to Interactive Effects of Boron and Salinity. *Journal of Plant Nutrition*, 23 (9), 1217-1226.
- Cattanach, A., 1990. Boron Fertilization of Sugar Beets in The Red River Valley. *Sugar Beet Research and Extension Reports*. Volume 21, Page 118.
- Ceyhan, E., Önder, M., Hamurcu, M., Harmankaya, M., Gökmen, F. ve Gezgin, S., 2006. Response of Dry Been (*Phaseolus vulgaris* L) Cultivars to Foliar and Soil Applied in Boron Defficient Calcareous Soils. *Plant and Soil* (in Press).
- Chapman, H.D., Edwars, D.G., Blamey, F.P.C., and Asher, C.I., 1997. Chalienging The Dogma of A Narrow Supply Range Between Deficiencyand Toxicity of Boron. *Boron in Soils and Plants*. Proceedings Eds. R W. Beli and B. Rerkasem, Pp. 151-155. Kluwer Academic Publ., Dordrecht, The Netherlands.
- Çakırlar, H., Topçuoğlu, S.F., 1985. *Stress Terminology. Çölleşen Dünya ve Türkiye Örneği*. Atatürk Üniversitesi. Çevre Sorunları Araş. Merkezi.
- Çakmak, İ. And Römheld.V.,1997. Boron deficiency-induced impairments of cellular functions in plants. *Plant and Soil* 193:71-83.

- Dinç, U., Şenol, S., Atalay, O., Cangir, C., 1993. Türkiye Toprakları. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, Genel Yayın no 51, s233.
- Dizdar, M.Y., 1978. Türkiye’de Tuzdan Etkilenmiş Topraklar. Toprak Su Dergisi, 47, 36-57.
- Fageria, N.K., 2002. The Effect of Zinc on Alleviation of Boron Toxicity in Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Plant Ph., 111: 611-621.
- Flowers, T.J., Garcia, A., Koyama, M., Yeo, A.R., 1997. Breeding for Salt Tolerance in Crop Plants. The Role of Molecular Biology. Acta Physiol. Plant. 19 (4):427–433.
- Flowers, Yeo, A.R., 1981. Variability in the Resistance of Sodium Chloride Salinity within Rice (*Oryza sativa* L.) Varieties. New Phytol., 88, 363-373.
- Fox., R.H., 1968. The Effect of Calcium and pH on Boron Uptake From High Concentrations of Boron by Cotton and Alfalfa. Soil Sci. 106:435-439.
- Gezgin, S., Hamurcu, M. ve Apaydın, M., 2001. Bor Uygulamasının Şeker Pancarının Verim ve Kalitesine Etkisi. Turk J. Agriculture and Forestry. 25:89-95.
- 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.; Babaoglu, M. 2002. Determination of B Contents of Soils in Central Anatolian Cultivated Lands and Its Relations Between Soil and Water Characteristics. in Boron in Plant and Animal Nutrition; Goldbach, H.E., Brawn, P.H., Rerkasem, B., Thellier, M., Wimmer, M.A., Ben, R.W., Eds.; Kluwer Academic(Plenum Publishers); 391-400. New York
- Gezgin, S.ve Hamurcu, M., 2006. Bitki Beslemede Besin Elementleri Arasındaki Etkileşimin Önemi ve Bor ile Diğer Besin Elementleri Arasındaki Etkileşimler. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 20 (39): 24.31.

- Goldberg, S., 1997. Reactions of boron in Soils. In Plant and Soil. Proceedings Eds. R W. Bell and B. Rerkasem, Pp. 193: 35-48. Kluwer Academic Publ., Dordrecht, The Netherlands.
- Görmüş, Ö., 2005. Interactive Effect of Nitrogen and Boron on Cotton Yield and Fiber Quality. Turk J. Agriculture and Forestry. 29: 51-59.
- Gupta, U.C., Jame, Y.W., Campbell, C.A., Leyshon, A.J. and Nicholaichuk, W., 1985. Boron deficiency and toxicity and aging. In Sohal RS (Ed.) Age pigments. Elsevier, 1-62.
- Gülümser, A., Odabaş, M. S., Özturan, Y., 2005. Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L) Yapraktan ve Toprakdan Uygulanan Farklı Bor Dozlarının Verim ve Verim Unsurlarına etkileri. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 18 (2) 163-168.
- 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., İnal, A., Adak, M.S., Eraslan, F., Çiçek, N., 2003. Effect of Boron Fertilization on the Yield and Some Yield Components of Bread and Durum Wheat. Turk J. Agriculture and Forestry. 27: 329-335.
- Güneş, A., Post, W.H.K., Kirkby, E.A., Aktaş, M., 1994. Influence of Partial Replacement on Nitrate by Amino Acid Nitrogen or Urea in the Nutrient Medium on Nitrate Accumulation in NFT Grown Winter Lettuce. Journal of Plant Nutrition. 17, 1929-1938.
- Hajrasullaha, S., 1980. Accumulation and Toxicity of Chloride in Bean Plants. Plant and Soil, 55, 133-138.
- Hakkoymaz, O., 2005. Konya Ekolojik Şartlarında Yazlık Mercimek Çeşitlerinin Adaptasyonu ve Bor Toksitesine Tepkilerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Konya.

- Hamurcu, M., Gezgin, S. 2007. Bor ve Çinko Uygulamasının Bazı Bodur Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinin Biyolojik Verim Değerlerine Etkisi. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 21(41):11-22.
- Hamurcu, M., Harmankaya, M., Soylu, S., Gökmen, F., Gezgin, S., 2006 a. Makarnalık Buğdayın (*Triticum durum* L) Bazı besin Elementleri Kapsamına Farklı Dozlarda Bor ve Demir Uygulamalarının Etkisi.Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 20 (38):1-8
- Hamurcu, M., Tamkoç, A.,Gökmen, F., Gezgin, S., Özbek, Z., Babaoğlu, M., Hakkı, E.E., 2006 b. Farklı Bor ve Demir Uygulamalarının Bezelye Hatlarının Gelişimi Üzerine Etkisi. 3. Uluslararası Bor Sempozyumu Bildiriler Kitabı s: 145-153. 02 -04 Kasım Ankara.
- Hızalan, E., Ünal. H., 1966. Topraklarda Önemli Kimyasal Analizler. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 278.
- Holloway, R.E., and Alston, A.M., 1992. The Effects of Salt and Boron on Growth of Wheat. Aust. J. Agric. Res. 43: 987-1001.
- Hu, H., Brown, Ph., and Labavitch, J.M., 1996. Species Variability in Boron Requirement is Correlated With Cell Wall Pectin. Journal of Experimental Botany, Vol.47, No.295, Pp.227-232, Oxford University Press.
- Huang, C. and Graham, R.D. 1990. Resistrance of Wheat Genotypes to Boron Toxicity is Expressed At Cellular Level. Plant Soil 26-:295-300.
- Ismail, A.M., 2003. Response of maize and sorghum to excess boron and salinty. Biologia Plantarum 47 (2): 313-316.
- İnal, A., Güneş, A., Aktaş, M., 1995. Effects of Chloride and Partial Substitution of Reduced Forms of Nitrogen for Nitrate in Nutrient Solution of the Nitrate Total Nitrogen and Chloride Contents of Onion. Journal of Plant Nutrition, 18,2219-2227.
- Jackson, M.L., 1962. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Inc. 183. New York.

- James, D. W., Hanks, R. J. and Jurinak, J.J., 1982. Modern Irrigated Soils. John Wiley and Sons Ney York, 235 s.
- Kacar, B. ve Katkat, V.A., 2007. Bitki Besleme. ISBN 978-975-591-834-1Nobel Yayın No:849.
- Kalaycı, M., Alkan, A., Çakmak, İ., Bayramoğlu, O., Yılmaz, A., Aydın, M., Özbek, V., Ekiz, H., Özberisoğlu, F., 1998. Studies-of Differential Response of Some Wheat Cultivars to Boron Toxicity. *Euphytica* 100: 123-129.
- Kanber, R., Kırdı, C., Tekinel, O., 1992. Sulama Suyu Niteliği ve Sulamada Tuzluluk Sorunları. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yay. No. 21, Ders Kitapları Yay. No. 6, Adana,341 s.
- Keren, R. and Bingham, F.T. 1985. Boron in Water, Soil and Plants. *Adv. So İl Sci* 1. 229-276.
- Khan, T.N., Young, K.J. and Gartrell, J.W. 1985. Boron Toxicity in Barley. *Farmnote, Western Australian Deratmentof Agriculture. No.1o/85:All.*
- Kirkby, E.A., Knight, A.H. 1987. The İnfluence of the Level of Nitrate Nutrition on İon Uptake and Assimilation, Organic Acid Accumulation and Cation Anion Balance in Whole Tomato Plants. *Plant Physiology*, 60, 349-353.
- Kotuby, J., Koenig, R. and Kitchen, B., 1997. Salinity and Plant Tolerance. Utah State Üniversitesi Extension. AG-SO-03., Utah.
- Lewitt, J., 1980a. Salt Stresses in: Responses of Plants to Environmental Stresses. *Voll II*, pp. 365-454., Academic Press.
- Lewitt, J., 1980b. Responses of Plants to Environmental Stresses. Academic Press, New York, pp. 489-530.
- Lindsay, W.L. and Norvell, W.A., 1978. Development of a DTPA Soil Test For Zn, Fe, Mn and Cu. *Soil Amer. J.* 42 (3): 421-428

- Loomis W.D. and Durst, R.W., 1992. Chemistry and Biology of Boron Biofactors 3: 229-239.
- Maathuis, F.J.M., Altmann, A., 1999. K^+ Nutrition and Na^+ Toxicity: The Basis of Cellular K^+/Na^+ Ratios. *Ann. Bot.*, 10: 123-133.
- Manchanda, H.R., and Sharma, S.K., 1991. Boron Tolerance in Wheat in Relation to Soil Salinity. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 116: 17-21
- Manguet, M., 1991. Some Solutions to Improve Dryland Agriculture. Pp. 217-224 in *Desertification: Natural Background and Human Mismanagement*. Germany, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Mariano ED, Faquin V, Neto AEF, Andrade AT, Mariano IOD (2000) Critical levels of Boron in Lowland Soils for Culture of Bean *Pesq. Agrop Bras*, 35 (8): 1637-1644.
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*, 2nd Ed. Academic Press, New York. Pp. 379-396.
- Mass, E.V., Lesch, L.E., Francois, and Grieve, C.M., 1994. Tiller Development in Salt-Stressed Wheat. *Crop Sci.* 34: 1594-1603.
- Muhammed, S., Akbar, M., Neue, H.U., 1987. Effect on Na/Ca and Na/K Ratios in Saline Culture Solution on the Growth and Mineral Nutrition of Rice (*Oryza sativa*). *Plant and Soil*, 104:57-62.
- Nable, R.O., 1991. Distribution of Boron Within Barley Genotypes With Differing Susceptibilities to Boron Toxicity, *J. Plant Nutr.*, 14: 453-461.
- Noppakoowong, R.N., Bell, R.W., Dell, B. And Loneragan, J.F. 1993. An Effect of Shade on the Boron Requirement for Leaf Blade Elongation in Blackgram. in *Plant. Nutrition from Genetic Engineering to Field Practice*. Kluwer Academic Pp: 413-416.

- Oades, J.M., 1984. Soil Organic Matter and Structural Stability: Mechanisms and Implications for Management. *Plant Soil*, 76, 319-334.
- Oster, J.D. and Schroer, W., 1979. "Infiltration as Influenced by Irrigation Water Quality." *Soil Science Society of America Journal*. 43: 444-447.
- Özbek, N. 1969. Deneme Tekniği: 1. Sera Denemesi Tekniği ve Metodları. A.Ü.Zir. Fak. Yayınları. 406, Ders Kitapları:138. A.Ü. Basımevi, Ankara.
- Paull, J.G., Cartwright, B. and Rathjen, A.J. 1988. Responses of wheat and barley genotypes to toxic concentrations of soil boron. *Euphytica*. 39, 137-144.
- Paull, J.G., Rathjen, Al, Cartwright, B., and Nable, RO., 1990. Selection parameters for assessing the tolerance of wheat to high concentrations of boron. in *Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition*. Ed. N El Bassam. pp 361-369. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Ponnamieruma, P.N., 1984. Role of Cultivars Tolerance in Increasing Rice Production on Saline Land. In: Staples R.C. Toenniessen G.H. (Eds.) *Salinity Tolerance in Plants-Strategies for Crop Improvement*. Wiley New York, s. 255-71.
- Reisenauer, H. M., Walsh, L. M., and Hoefl, R. G., 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.
- Rengasamy, P. and Sumner, M. E., 1998. Processes Involved in Sodic Behavior. In: 'Sodic Soils: Distribution, Properties, Management, and Environmental Consequences.' Eds. M. E. Sumner and R. Naidu. Pp. 35-50. (Oxford Univ. Press: New York).
- Rerkasem, B., and Jamyod, S., 1997. *Genotypic Variation In Plant Responce to Low Boron and Implications For Plant Breeding*. Kluwer Acamedic Publister. Printed Nederland.

- Rerkasem, B., D.A. Saunders and B. Dell, 1989. Grain Set Failure and Boron Deficiency In Wheat. *J. Agric. (Chiang Mai University)* 5, 1-10.
- Rerkasem, B., Jamyod, S., 2004. Boron Deficiency In Wheat: A Review. *Field Crops Research Xxx (2004) Xxx–Xxx*, In Press, Accepted 31 January 2004. Elsevier.
- Rerkasem, B., Lordkaew S., and Jamjod, S., 1991. Assesment of grain set failure and diagnosis for boron deficiency in wheat. In: *Wheat for non-traditional warm areas.* (Ed D.A. Saunders). Mexico D.F.:CIMMYT, pp. 500-504
- Rhoades, J.D. and Ingvalson, R.D., 1969. Macroscopic Swelling and Hydraulic Conductivity Properties of Four Vermiculitic soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 33:364-369.
- Richards, L.A. (Ed.), 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils.* US Salinity Lab., US Department of Agriculture Handbook 60. California, USA.
- Robinson, S.P., Downton, W.J.S., Millhouse, J.A., 1983. Photosynthesis and Ion Content of Leaves and Isolated Chloroplasts in Relation to Ionic Compartmentation in Leaves. *Agric. Biochem. Biology.* 228:197-206.
- Ross, R.J., Slaton, N.A., Brye, K.R. and Delong, R.E., 2006. Boron fertilization influences on soybean yield and leaf and seed boron concentrations. *Agron. J.* 98: 198-205.
- Römheld, V., and Marshner, H. 1991. Function of Micronutrients in Plants. Mortvedt (Ed.) *Micronutrients in Agriculture.* 297-324. Published Soil Science Society of America. Madison, Usa.
- Sade, B., Gezgin, S., Topal, A., Soylu, S., Babaoğlu, M., Akgün, N., ve Dursun, N., 2003. Bor Eksik Kireçli Topraklarda Bor Uygulamalarının Makarnalık ve Ekmeklik Buğday ile Arpa Çeşitlerinin Tane Verimi Üzerine Etkileri, Türkiye 5. Tarla Bitkileri Kongresi 13-17 Ekim 2003, Diyarbakır.

- Sharma, D. P., 1980. Effect of Using Salinity Water to Supplement Canal Water Irrigation on The Crop Growth of Rice. *Curr. Agr.* 4, 79-82.
- Sharma, D.P., Rao, K.V.G.K., Singh, K.N., Kumbhare, P.S., 1993. Management of Subsurface Saline Drainage Water. *Indian Farming* 43 15±19.
- Sharma, D.P., Rao, K.V.G.K., Singh, K.N., Kumbhare, P.S., 1994. Conjunctive Use of Saline and Non-Saline Irrigation Waters in Semi-Arid Regions. *Irrig. Sci.* 15 25±33.
- Shelp, B.J., Shattuc, V.I. and Proctor, .A, 1987. Boron Nutrition and Mobility and its Relation to Elemental Composition of Greenhouse Grown Root - Crops. in. Radish. *Comm. Soil Sel Plant Anal.* 18: 203-219.
- Siegel, S.M., Siegel, BZ., Massey, J., Lahne, P., Chen, J., 1980. Growth of Corn in Saline Waters. *Physiol. Plant*, 50, 71-73.
- Sillanpaa, M., 1982. Micronutrients And The Nutrients Status of Soils. A Global Study, *Fao Soils Bull No:* 48: 43-93.
- Silva, D.A.R. and Andrade, J.M.V. 1983. Influence of Microstrients on The Male Sterility on Upland Wheat and Rice And Soybean Yields In Red Yellow Latosol. *Pesq. Agropec Bras Brasilia* 18, 593-601. (In Portuguese With English Abstract).
- Singh, D.P., 1988. Effect of gypsum on boron tolerance in cowpea. *New Botanist*, 15, 145-148.
- Smith, H.G. and Weldon, M.D. 1941. A Comparison of Some Methods for the Determination of Soil Organic Matter. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 5:177-182.
- Soylu, S., Topal, A., Sade, B., Akgün, N., Gezgin, S., Babaoğlu, M., 2004. Yield and Yield Attributes of Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) Genotypes as Affected by Boron Application in Boron-Deficient Calcareous Soils: An Evaluation of Major Turkish Genotypes for B Efficiency. *Journal of Plant Nutrition*, Vol. 27, No. 6, pp.1077-1106.

- Srivastava, S. P., Yadav, C. R., Rego, T. J., Johansen, C., Saxena, N. P., 1997. Diagnosis and Alleviation of Boron Deficiency Causing Flower and Pod Abortion in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Nepal. Boron in Soils and Plants. Bell, R. W., Rerkasem B. (ed.), 95-99.
- Szabolics, I., 1985. Salt Affected Soils As World Problem. Proceeding of the International Symposium on The Reclamation of Salt Affected Soils.
- Taban, S., Erdal, İ., 2000. Bor Uygulamasının Değişik Buğday Çeşitlerinde Gelişme ve Toprak Üstü Aksamda Bor Dağılımı Üzerine Etkisi. Turkish. J. Agric. For. 24: 255-262
- Taban, S., Güneş, A., Alpaslan, M., Özcan, H., 1999. Değişik Mısır (*Zea Mays* L. Cvs.) Çeşitlerinin Tuz Stresine Duyarlılıkları. Tr.J. of Agriculture and Forestry 23, Ek sayı 625-633.
- Tisdall, JM. and Oades, JM., 1982. The Effect of Crop Rotation on Aggregation in Red-Brown Earth. Aust. J. Soil Res. 18:423-433.
- Torun, A. A., Yazıcı, A., Erdem, H., Çakmak, İ., 2006. Genotypic Variation in Tolerance to Boron Toxicity in 70 Durum Wheat Genotypes. Turk J. Agriculture and Forestry. 30: 49-58.
- 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, Altıncı Oturum: Hububat Yetiştirme, 317-327 8-11 Haziran, Konya
- U.S. Salinity Lab. Staff., 1954. Diagnosis and Improvement of Salina and Alkali Soils. Agricultural Handbook, No: 60, U.S.D.A.
- Waters, A.G. and Oades, J.M., 1991. Organic Matter in Water-Stable Aggregates. p. 163–174 *In* W.S. Wilson et al. (ed.) Advances in Soil Organic matter research: The Impact on Agriculture and the Environment. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK.

Weir, R.G. and Cresswell, G.C. ,1994. Plant Nutrient Disorders: 4. Pastures and Field Crops. Inkata Pres, Melbourne, Australia.

Yermiyahu, U., Finegold, I., Keren, R., Cohen, Y., Yehezkel, H., Shmuel, D., 2003. Proc. IS on Grenhouse Salinity Eds. A. Pardossi et al. Acta Hort 609, ISHS

Yousaf, M., Ali, O.M. and Rhoades, J.D., 1987. Dispersion of Clay from some Salt-Affected Arid Land Soil Agregates. Soil Sci. Soc. Am. J. 51:920–924.