T.C.

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

# BOR TOKSİSİTESİNDE FARKLI AZOT VE FOSFOR UYGULAMALARININ DOMATESİN GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

Fatma Aslı GÜNDEŞ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAK BİLİMİ ve BİTKİ BESLEME

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OCAK 2018

ANTALYA

T.C.

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

# BOR TOKSİSİTESİNDE FARKLI AZOT VE FOSFOR UYGULAMALARININ DOMATESİN GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

Fatma Aslı GÜNDEŞ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAK BİLİMİ ve BİTKİ BESLEME

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OCAK 2018

ANTALYA

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

# BOR TOKSİSİTESİNDE FARKLI AZOT VE FOSFOR UYGULAMALARININ DOMATESİN GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

**Fatma Aslı GÜNDEŞ**

**TOPRAK BİLİMİ ve BİTKİ BESLEME**

**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından FYL-2017-2421 nolu proje ile desteklenmiştir.**

**OCAK 2018**

T.C.

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

# BOR TOKSİSİTESİNDE FARKLI AZOT VE FOSFOR UYGULAMALARININ DOMATESİN GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

**Fatma Aslı GÜNDEŞ**

**TOPRAK BİLİMİ ve BİTKİ BESLEME**

**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Bu tez 26/01/2018 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. İlker SÖNMEZ (Danışman)

Prof. Dr. Sahriye SÖNMEZ

Prof. Dr. İbrahim ERDAL

# ÖZET

## BOR TOKSİSİTESİNDE FARKLI AZOT VE FOSFOR UYGULAMALARININ DOMATESİN GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

**Fatma Aslı GÜNDEŞ**

**Yüksek Lisans Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı**

**Danışman: Yrd. Doç. Dr. İlker SÖNMEZ**

**Ocak 2018; 86 Sayfa**

Bor toksisitesi dört farklı bor dozu ile oluşturulmuş (0, 5, 10 ve 20 mg $kg^{-1}$) ve 3 farklı artan azot dozu (100, 200 ve 300 mg $kg^{-1}$) ve 3 farklı artan fosfor dozu (25, 50 ve 100 mg $kg^{-1}$) ayrı ayrı uygulanmıştır. Deneme sera koşullarında dört tekerrürlü olarak saksılarda gerçekleştirilmiştir. Araştırmada azotlu ve fosforlu uygulamalara ait toprak ve bitki örneklerinin analizleri yapılarak istatistiksel olarak değerlendirilmeye çalışılmıştır.

Artan dozlarda B ve N uygulamalarıyla toprakların N, P, Zn, Mn ve B içerikleri artış göstermiş ve özellikle B*N intreaksiyonunda 20 mg $kg^{-1}$ B ile 100 mg $kg^{1}$ N uygulaması toprağın N ve P içeriğinde öne çıkmıştır. Yaprak örneklerinde ise artan B ve N uygulamaları ile bitkilerin tamamında besin konsantrasyonlarında artış gözlemlenmiş, 20 mg $kg^{1}$ B ile 100 mg $kg^{-1}$ N uygulaması B*N interaksiyonunda diğerlerine göre daha etkili olmuştur. Ayrıca 20 mg $kg^{-1}$ B ile 300 mg $kg^{-1}$ N uygulamaları en fazla besin elementi birikimine neden olan uygulamalar olmuşlardır.

Artan dozlarda B ve P uygulamalarıyla toprakların P, Ca, Fe, Zn, Cu ve B içerikleri artış göstermiş ve özellikle B*P ineraksiyonunda 20 mg $kg^{-1}$ B ile 100 mg $kg^{-1}$ P uygulamasında P ve Ca içeriğinde öne çıkmıştır. Yaprak örneklerinde ise artan B ve P uygulamaları ile bitkilerin tamamında besin konsantrasyonlarında artış gözlemlenmiş, 20 mg $kg^{1}$ B ile 25-100 mg $kg^{-1}$ P uygulamaları B*P interaksiyonunda diğerlerine göre daha etkili olmuştur. Ayrıca 20 mg $kg^{-1}$ B ile 100 mg $kg^{-1}$ P uygulamaları en fazla besin elementi birikimine neden olan uygulamalar olmuşlardır. Yapılan bu çalışmada bor toksisitesinin olumsuz etkilerinin azaltılması amaçlanmış, stres koşullarında bitkilerin bünyelerinde daha fazla besin elementi biriktirdikleri görülmüştür.



**ANAHTAR KELİMELER:** Azot, Bitki Besleme, Bor Toksisitesi, Domates, Fosfor.

**JÜRİ:** Yrd. Doç Dr. İlker SÖNMEZ

Prof. Dr. Sahriye SÖNMEZ

Prof. Dr. İbrahim ERDAL

## ABSTRACT

## APPLICATION OF DIFFERENT DOSES OF NITROGEN AND PHOSPHOROUS ON TOMATO PLANT GROWTH UNDER BORON TOXICITY

**Fatma Aslı GÜNDEŞ**

**MSc. Thesis in Soil Science and Plant Nutrition**

**Soil Science and Plant Nutrition**

**Yrd. Doç Dr. İlker SÖNMEZ**

**January 2018; 86 pages**

The boron toxicity was generated by four different doses of boron (0, 5, 10 and 20 mg $kg^{-1}$) and three different increasing doses of nitrogen (100, 200 and 300 mg $kg^{-1}$) and three different increasing doses of phosphorous (25, 50 and 100 mg $kg^{-1}$) which are applied separately. The pot experiment was carried out in greenhouse conditions with four replications. The soil and plant analyses were carried out for nitrogen and phosphorous applications and the results were evaluated statistically.

The soil N, P, Zn, Mn and B contents were increased by increasing doses of B and N applications, especially B*N interactions of 20 mg $kg^{-1}$ B and 100 mg $kg^{-1}$ N was more important in contents of N and P of soils than other applications. The leaf nutrient concentrations were increased in all plants with B and N applications and 20 mg $kg^{-1}$ B and 300 mg $kg^{-1}$ N application was more effective compared to others. 20 mg $kg^{-1}$ B and 300 mg $kg^{-1}$ N application caused the highest accumulation of plant tissue nutrient.

The soil P, Ca, Fe, Zn, Cu and B contents increased with increasing B and P applications, especially B*P interaction of 20 mg $kg^{-1}$ B and 100 mg $kg^{-1}$ P application was more important than other applications. The leaf nutrient concentrations were increased in all plants with B and P applications, B*P interaction at doses of 20 mg $kg^{-1}$ B and 25-100 mg $kg^{-1}$ P was the most effective compared to other applications. The purpose of our study was to eliminate the unfavorable effects of boron toxicity and it is observed that under stress conditions the plants accumulate more nutrition in their tissue.



**KEYWORDS:** Boron Toxicity, Nitrogen, Phosphorous, Plant Nutrition, Tomato.

**COMMITTEE:** Yrd. Doç. Dr. İlker SÖNMEZ

Prof. Dr. Sahriye SÖNMEZ

Prof. Dr. İbrahim ERDAL

# ÖNSÖZ

Günümüzde insanlar sağlıklarına verdikleri önem dolayısıyla bilinçlenmiş böylece kaliteli, besin değeri ve antioksidan içeriği yüksek gıda tüketimine yönelmişlerdir. Sağlıklı bitkisel üretim, toprakta yeterli ve dengeli düzeyde bulunan bitki besin elementlerinin varlığına ve alınabilirliğine bağlıdır. Bu besin elementlerinin eksiklikleri veya fazlalıkları tarımsal üretimde verim ve kalite üzerine önemli etkilere sahiptir. Özellikle akademik çalışmalarda besin elementi noksanlıkları üzerine yapılan çalışmalar yoğun olarak sürdürülürken, besin elementi fazlalıkları da bitki gelişimini olumsuz etkileyerek optimum gelişmeyi önlemektedir. Besin elementi fazlalığı konusunda daha çok mineral kaynaklı ve mikroelement toksisiteleri ile birlikte aşırı gübreleme sonucu oluşan problemler ortaya çıkmaktadır. Dünyanın en zengin bor mineral rezervine sahip olan ülkemiz topraklarındaki borun fazla miktarda oluşu bitkiler için toksik etki yapmaktadır ve bitkisel üretimi sınırlandırıp ürün kayıplarına neden olmaktadır. Bu sorunlar lokal ölçekte olup toprak özelliklerine bağlı olarak değişebilmektedir. Toksisite problemlerinin giderilmesinde birtakım ıslah prosesleri yanında bitki besleme uygulamalarıyla sorunun çözümü sağlanabilmektedir.

Bu çalışmada bor toksisitesinin olumsuz etkilerinin domates bitkisinde artan oranlarda N ve P uygulamalarıyla azaltılması amaçlanmıştır. Azot ve fosforun artan dozlarının borun toksik düzeylerinde zararlı etkilerini azalttığı ve bitki tarafından borun alınımını engellediği bilinmektedir. Çalışmamızda domates bitkisinde artan N ve P dozlarının B alınımının toksik düzeylerde engellenmesi ve hangi uygulama dozunun toksisitenin giderilmesinde daha etkili olacağının belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Yüksek Lisans eğitimimin tez aşamasında kendisi ile çalışmama olanak sağlayan, olumlu görüşleri ile beni motive eden, değerli zaman ve yönlendirmelerini benden esirgemeyen danışman hocam Yrd. Doç Dr. İlker SÖNMEZ'e teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimimin başlamasına vesile olan, her zaman değerli tavsiyeleri ve bilgileriyle bana yol gösteren sayın hocam Prof. Dr. Mustafa KAPLAN'a şükranlarımı sunarım.

Çalışmalarım esnasında bana her zaman destek olan kıymetli annem Hamra CINGILLIOĞLU ve arkadaşım Ergün KÖSEM'e teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak projemi maddi olarak destekleyen Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... i
ABSTRACT ..... ii
ÖNSÖZ ..... iii
İÇİNDEKİLER ..... iv
AKADEMİK BEYAN ..... vii
SİMGELER ve KISALTMALAR ..... viii
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... ix
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... x
1. GİRİŞ ..... 1
2. KAYNAK TARAMASI ..... 3
2.1. Domatesle İlgili Çalışmalar ..... 3
2.2. Borla İlgili Çalışmalar ..... 4
3. MATERYAL ve YÖNTEM ..... 16
3.1. Materyal ..... 16
3.1.1. Toprak özellikleri ..... 16
3.1.2. İklim özellikleri ..... 17
3.2. Yöntem ..... 17
3.2.1. Saksı denemesi ..... 17
3.2.2. Analiz yöntemleri ..... 21
3.2.2.1. Toprak analiz yöntemleri ..... 21
3.2.2.2. Bitki analiz yöntemleri ..... 22
3.2.2.3. Su analiz yöntemleri ..... 23
3.2.2.4. İstatistiksel analizler ..... 23
4. BULGULAR ve TARTIŞMA ..... 24
4.1. Bor ve Azot Uygulamaları ..... 24
4.1.1. B*N Uygulamalarının yaprak örneklerinin bitki besin elementleri üzerine etkileri ..... 24
4.1.1.1. Yaprak örneklerinin B içeriklerinin değerlendirilmesi ..... 24
4.1.1.2. Yaprak örneklerinin N içeriklerinin değerlendirilmesi ..... 25
4.1.1.3. Yaprak örneklerinin P içeriklerinin değerlendirilmesi ..... 27
4.1.1.4. Yaprak örneklerinin K içeriklerinin değerlendirilmesi ..... 28

4.1.1.5. Yaprak örneklerinin Ca içeriklerinin değerlendirilmesi ..... 30
4.1.1.6. Yaprak örneklerinin Mg içeriklerinin değerlendirilmesi ..... 31
4.1.1.7. Yaprak örneklerinin Fe içeriklerinin değerlendirilmesi..... 32
4.1.1.8. Yaprak örneklerinin Zn içeriklerinin değerlendirilmesi ..... 33
4.1.1.9. Yaprak örneklerinin Mn içeriklerinin değerlendirilmesi ..... 35
4.1.1.10. Yaprak örneklerinin Cu içeriklerinin değerlendirilmesi ..... 36
4.1.2. B*N Uygulamalarının toprak örneklerinin bitki besin elementleri üzerine etkileri ..... 38
4.1.2.1. Toprak örneklerinin B içeriklerinin değerlendirilmesi ..... 38
4.1.2.2. Toprak örneklerinin toplam N içeriklerinin değerlendirilmesi ..... 39
4.1.2.3. Toprak örneklerinin alınabilir P içeriklerinin değerlendirilmesi ..... 40
4.1.2.4. Toprak örneklerinin değişebilir K içeriklerinin değerlendirilmesi ..... 41
4.1.2.5. Toprak örneklerinin değişebilir Ca içeriklerinin değerlendirilmesi..... 41
4.1.2.6. Toprak örneklerinin değişebilir Mg içeriklerinin değerlendirilmesi ... 42
4.1.2.7. Toprak örneklerinin alınabilir Fe içeriklerinin değerlendirilmesi ..... 43
4.1.2.8. Toprak örneklerinin alınabilir Zn içeriklerinin değerlendirilmesi ..... 44
4.1.2.9. Toprak örneklerinin alınabilir Mn içeriklerinin değerlendirilmesi ..... 45
4.1.2.10. Toprak örneklerinin alınabilir Cu içeriklerinin değerlendirilmesi..... 45
4.2. Bor ve Fosfor Uygulamaları ..... 47
4.2.1. B*P Uygulamalarının yaprak örneklerinin bitki besin elementleri üzerine etkileri ..... 47
4.2.1.1. Yaprak örneklerinin B içeriklerinin değerlendirilmesi ..... 47
4.2.1.2. Yaprak örneklerinin N içeriklerinin değerlendirilmesi..... 49
4.2.1.3. Yaprak örneklerinin P içeriklerinin değerlendirilmesi ..... 50
4.2.1.4. Yaprak örneklerinin K içeriklerinin değerlendirilmesi..... 51
4.2.1.5. Yaprak örneklerinin Ca içeriklerinin değerlendirilmesi ..... 53
4.2.1.6. Yaprak örneklerinin Mg içeriklerinin değerlendirilmesi ..... 54
4.2.1.7. Yaprak örneklerinin Fe içeriklerinin değerlendirilmesi..... 55
4.2.1.8. Yaprak örneklerinin Zn içeriklerinin değerlendirilmesi ..... 56
4.2.1.9. Yaprak örneklerinin Mn içeriklerinin değerlendirilmesi ..... 57
4.2.1.10. Yaprak örneklerinin Cu içeriklerinin değerlendirilmesi ..... 59

4.2.2. B*P Uygulamalarının toprak örneklerinin bitki besin elementleri üzerine etkileri ..... 60
4.2.2.1. Toprak örneklerinin B içeriklerinin değerlendirilmesi ..... 60
4.2.2.2. Toprak örneklerinin toplam N içeriklerinin değerlendirilmesi ..... 61
4.2.2.3. Toprak örneklerinin alınabilir P içeriklerinin değerlendirilmesi ..... 61
4.2.2.4. Toprak örneklerinin değişebilir K içeriklerinin değerlendirilmesi ..... 62
4.2.2.5. Toprak örneklerinin değişebilir Ca içeriklerinin değerlendirilmesi..... 63
4.2.2.6. Toprak örneklerinin değişebilir Mg içeriklerinin değerlendirilmesi ... 64
4.2.2.7. Toprak örneklerinin alınabilir Fe içeriklerinin değerlendirilmesi ..... 65
4.2.2.8. Toprak örneklerinin alınabilir Zn içeriklerinin değerlendirilmesi ..... 65
4.2.2.9. Toprak örneklerinin alınabilir Mn içeriklerinin değerlendirilmesi ..... 66
4.2.2.10. Toprak örneklerinin alınabilir Cu içeriklerinin değerlendirilmesi ..... 67
5. SONUÇLAR ..... 69
6. KAYNAKLAR ..... 71
ÖZGEÇMİŞ

## AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum "Bor Toksisitesinde Farklı Azot ve Fosfor Uygulamalarının Domatesin Gelişimi Üzerine Etkisi'' adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak bulunduğunu belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

26.01.2018

Fatma Aslı Gündeş

## SİMGELER ve KISALTMALAR

**Simgeler**

| | |
|---|---|
| % | : Yüzde |
| kg/ha | : Kilogram/hektar |
| kg/da | : Kilogram/dekar |
| ppm | : Milyonda bir kısım |
| cm | : Santimetre |
| mm | : Milimetre |
| L | : Litre |
| Ml | : Mililitre |
| °C | : Sıcaklık |
| kg | : Kilogram |
| g | : Gram |
| ha | : Hektar |
| N | : Azot |
| P | : Fosfor |
| K | : Potasyum |
| Ca | : Kalsiyum |
| Mg | : Magnezyum |
| Fe | : Demir |
| Mn | : Mangan |
| Cu | : Bakır |
| Zn | : Çinko |
| B | : Bor |

**Kısaltmalar**

| | |
|---|---|
| ICP-OES | : Inductively Coupled Plasma- Optical Emmision Spectrophotometer |
| EC | : Electrical Conductivity |
| pH | : Hidrojen iyonu konsantrasyonu eksi logaritması |
| TUİK | : Türkiye İstatistik Kurumu |
| SAR | : Sodyum Absorbsiyon Oranı |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

**Şekil 3.1.** Antalya merkez 21 Şubat, Mart, Nisan, 3 Mayıs 2017 aylarına ait meteorolojik veriler……....17

**Şekil 3.2.** Denemenin kurulmasından sonraki görünümü…….…….....18

**Şekil 3.3.** Bitki gelişimi 3. Hafta……...19

**Şekil 3.4.** Bitki gelişimi 9. Hafta……...20

**Şekil 3.5.** Bor*Azot denemesinde toksisite belirtileri ……..20

**Şekil 3.6.** Bor*Fosfor denemesinde toksisite belirtileri…….....21

## ÇİZELGELER DİZİNİ

**Çizelge 2.1.** Domates meyvesindeki kuru madde bileşenleri ..... 3

**Çizelge 2.2.** Dünya Bor rezervlerinin dağılımı ..... 5

**Çizelge 2.3.** Sulama suyunda bor için sınır değerler ..... 6

**Çizelge 2.4.** Bor isteklerine göre bitkilerin sınıflandırılması……...15

**Çizelge 3.1.**Deneme toprağına ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.....16

**Çizelge 3.2.** Bor*Azot ve Bor*Fosfor denemelerinin uygulama dozları ……..18

**Çizelge 3.3.** Denemede kullanılan sulama suyunun kimyasal analizleri ..... 19

**Çizelge 4.1.** Artan B ve N dozlarının yaprakların bor (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri……..... 24

**Çizelge 4.2.** Artan B ve N dozlarının yaprakların azot (%) içerikleri üzerine etkileri..... ...25

**Çizelge 4.3.** Artan B ve N dozlarının yaprakların fosfor (%) içerikleri üzerine etkileri..... 27

**Çizelge 4.4.** Artan B ve N dozlarının yaprakların potasyum (%) içerikleri üzerine etkileri..... 29

**Çizelge 4.5.** Artan B ve N dozlarının yaprakların kalsiyum (%) içerikleri üzerine etkileri..... 30

**Çizelge 4.6.** Artan B ve N dozlarının yaprakların magnezyum (%) içerikleri üzerine etkileri..... 31

**Çizelge 4.7.** Artan B ve N dozlarının yaprakların demir (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri..... 33

**Çizelge 4.8.** Artan B ve N dozlarının yaprakların çinko (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri..... 34

**Çizelge 4.9.** Artan B ve N dozlarının yaprakların mangan (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri..... 36

**Çizelge 4.10.** Artan B ve N dozlarının yaprakların bakır (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri..... 37

**Çizelge 4.11.** Artan B ve N dozlarının toprakların bor (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri……38

**Çizelge 4.12.** Artan B ve N dozlarının toprakların toplam azot (%) içerikleri üzerine etkileri……39

**Çizelge 4.13.** Artan B ve N dozlarının toprakların alınabilir fosfor (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri …… ..... 40

**Çizelge 4.14.** Artan B ve N dozlarının toprakların değişebilir potasyum (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri ……. ..... 41

**Çizelge 4.15.** Artan B ve N dozlarının toprakların değişebilir kalsiyum (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri ..... 42

**Çizelge 4.16.** Artan B ve N dozlarının toprakların değişebilir magnezyum (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri ……. ..... 43

**Çizelge 4.17.** Artan B ve N dozlarının toprakların alınabilir demir (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri ……. ..... 43

**Çizelge 4.18.** Artan B ve N dozlarının toprakların alınabilir çinko (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri ..... 44

**Çizelge 4.19.** Artan B ve N dozlarının toprakların alınabilir mangan (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri …… ..... 45

**Çizelge 4.20.** Artan B ve N dozlarının toprakların alınabilir bakır (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri ……. ..... 46

**Çizelge 4.21.** Artan B ve P dozlarının yaprakların bor (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri..... 47

**Çizelge 4.22.** Artan B ve P dozlarının yaprakların azot (%) içerikleri üzerine etkileri ..... 49

**Çizelge 4.23.** Artan B ve P dozlarının yaprakların fosfor (%) içerikleri üzerine etkileri..... 50

**Çizelge 4.24.** Artan B ve P dozlarının yaprakların potasyum (%) içerikleri üzerine etkileri..... 52

**Çizelge 4.25.** Artan B ve P dozlarının yaprakların kalsiyum (%) içerikleri üzerine etkileri..... 53

**Çizelge 4.26.** Artan B ve P dozlarının yaprakların magnezyum (%) içerikleri üzerine etkileri..... 55

**Çizelge 4.27.** Artan B ve P dozlarının yaprakların demir (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri..... ..56

**Çizelge 4.28.** Artan B ve P dozlarının yaprakların çinko (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri……57

**Çizelge 2.29.** Artan B ve P dozlarının yaprakların mangan (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri..... 58

**Çizelge 4.30.** Artan B ve P dozlarının yaprakların bakır (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri ……..... 59

**Çizelge 4.31.** Artan B ve P dozlarının toprakların bor (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri ……..... 60

**Çizelge 4.32.** Artan B ve P dozlarının toprakların toplam azot (%) içerikleri üzerine etkileri…….....61

**Çizelge 4.33.** Artan B ve P dozlarının toprakların alınabilir fosfor (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri …….. ..... 62

**Çizelge 4.34.** Artan B ve P dozlarının toprakların değişebilir potasyum (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri …… ..... 63

**Çizelge 4.35.** Artan B ve P dozlarının toprakların değişebilir kalsiyum (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri ……. ..... 64

**Çizelge 4.36.** Artan B ve P dozlarının toprakların değişebilir magnezyum (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri ……. ..... 64

**Çizelge 4.37.** Artan B ve P dozlarının toprakların alınabilir demir (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri …….. ..... 65

**Çizelge 4.38.** Artan B ve P dozlarının toprakların alınabilir çinko (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri …….. ..... 66

**Çizelge 4.39.** Artan B ve P dozlarının toprakların alınabilir mangan (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri ……. ..... 67

**Çizelge 4.40.** Artan B ve P dozlarının toprakların alınabilir bakır (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri …… ..... 67

# 1. GİRİŞ

Küresel ısınmayla birlikte artan çölleşme çevresel ve insan kaynaklı olmak üzere farklı şekillerde oluşabilmektedir. Kurak ve yarı kurak bölgeler dünya yüzeyinin yaklaşık % 41'ini kapsamaktadır (Reynolds vd. 2007). Yanlış arazi kullanımı, aşırı otlatma, orman yangınları, kentleşme, sanayileşme, erozyon, kontrol edilemeyen yabani bitki türlerinin seçimi, tuzlulaşma (Çetin vd. 2006) ve bor toksisitesi (Cartwright vd. 1986) gibi faktörler sonucunda çölleşme meydana gelmektedir. Türkiye, oldukça engebeli olan coğrafik yapısı ve farklı iklim koşulları ile çölleşmeden en çok etkilenen ülkeler arasında sayılmaktadır. Türkiye'de kurak ve yarı kurak bölgelerin kapladığı alan 51 milyon ha'dır ve tarımsal üretim yapılabilen arazi miktarı (28.054.000 ha) toplam arazi varlığımızın sadece % 17,5'i kadardır (Kapur vd. 2006). Son yıllarda yapılan çalışmalarda, Dünya ve Türkiye topraklarında mikro besin elementleriyle ilgili yaygın beslenme problemlerinin olduğu ortaya konulmuştur (Eyüpoğlu vd. 1995).

Birleşmiş Milletler'in hesaplamalarında dünya nüfusunun 2017 tahminlerinde 7,5 milyar olduğu, bu sayının 2020 yılına kadar 7,7 milyara, 2040'ta 9,1 milyara, 2060'ta 10,1 milyara, 2080'de 10,8 milyara, 2100'de ise 11,2 milyara ulaşacağı öngörülmektedir (Anonim 2017 a). Dünyada enerji ve protein gereksinimi bakımından 800 milyon insanın yetersiz beslenmesine karşın, 2 milyara yakın insan 'gizli açlık' olarak isimlendirilen ve yetersiz seviyede mikro element (bor, çinko, demir, selenyum, vb.) ve vitamin noksanlığı çekmektedir (Çakmak 2002; Welch 2002).

Orta Anadolu tarım topraklarının önemli bir kısmında çinko (Çakmak vd. 1996), bor (B) ve demirin (Fe) noksanlığı ve B toksisitesi (Gezgin vd. 2002) ile bunların hem bitkilerde hem de besin zinciri yoluyla insan ve hayvanlarda olumsuz etkileri çok yaygın olarak görülmektedir. Ülkemizde Batı ve Orta Anadolu Bölgelerinin yanı sıra GAP bölgesi de bor toksisitesi probleminin oluşabileceği bir bölge durumundadır. Yapılan çalışmalar, GAP bölgesindeki borun optimum üretimi sınırlandıracak kadar yüksek düzeyde olduğunu, kısa sürede toprakta arzu edilmeyecek boyutlarda bor birikimine neden olabileceğini göstermektedir (Soy ve Güneş 2003).

Dünya Sağlık Örgütü; yetişkin sağlıklı bir insanın beslenme yoluyla 1-13 mg bor alabileceğini bildirmişlerdir (Cantürk 2002). Beslenmede borun ana kaynağını baklagiller, meyve ve sebze gibi bitkisel ürünler oluşturmaktadır. Bor beyin fonksiyonları ve zihinsel performans için temel bir elementtir. Borun; kalsiyum, D vitamini ve bazı vücut minerallerinin düzenlenmesinde rol aldığı, Ca ve Mg'nin azalmasını önleyerek kemik yapısını koruduğu belirlenmiştir (Şaylı 2000).

Tarih boyunca insanların beslenme ihtiyaçlarının karşılanması önemli bir sorun olmuştur. Dolayısıyla, ekilebilir alanlarda maksimum verimi elde edebilmek için bitkilerin beslenme ihtiyaçlarının belirlenmesi, toprakta var olan minerallerle bitkilerin etkileşiminin aydınlatılması ön plana çıkmaktadır. Borun bitkiler için temel bir mikro besleyici olduğu uzun yıllar önce saptanmıştır (Warington 1923; Ludbrook 1942; Bowen ve Gauch 2002). Tarımsal alanlarda bor noksanlığı veya toksisitesi bitki gelişmesini doğrudan etkilemektedir. Bitkilerde stres faktörlerin en önemlileri arasında bor yer almaktadır (Brown vd. 2002). Yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan tarım bitkilerinin, maruz kaldıkları çeşitli stresler nedeniyle genetik kapasitelerinin yalnızca %20'si kadar ürün verebildikleri bilinmektedir (Boyer 1982). Bor toksisitesi tür içinde

varyasyonlar meydana getirip, varyetelerin ortaya çıkmasına sebep olurken, bitki büyümesi üzerinde de genellikle olumsuz yönde olan değişiklikler ortaya koymaktadır (Oertli ve Kohl 1961).

Bitki beslenmesinde önemli bir yeri bulunan borun N, Ca, Mg, Fe ve Mn ile antogonistik; P, K, S, Zn ve Cu ile de sinerjistik etkileşiminin olduğu belirlenmiştir. Bitki besin elementleri arasında denge kurma yüksek ve kaliteli ürün elde etmek için önemli bir faktör ve etkili gübre kullanımının ana unsurudur (Gezgin ve Hamurcu 2006). Bitkilerin ihtiyaç duydukları bor miktarı oldukça az olmakla beraber, gerek duyulan bu miktarın çok az altında ya da üstündeki miktarı bitkinin gelişimi üzerine olumsuz etki yapmakta, gelişim çoğu zaman durmaktadır (Hu vd. 1996; Kaya vd. 2003; Kızılgöz ve Özberk 2005; Hamurcu vd. 2006).

Türkiye'de örtüaltı yetiştiriciliği; şartların kontrol edilebileceği, birim alandan hem yüksek verim, hem de sağlıklı ve kaliteli ürün alınabildiği önemli bir tarımsal faaliyet alanıdır. Bor zengini bir ülke olmamız dolayısıyla ekonomik değeri olan özellikle örtü altı sebze yetiştiriciliğinde bor toksisitesini gidermek ve bitkinin tüm besin maddelerini dengeli bir şekilde alabilmesini sağlamak toprak, bitki ve insan sağlığı açısından büyük önem arz etmektedir. Antalya bölgesinde örtüaltı yetiştiriciliğinde domates bitkisinin ihtiyacı olan bitki besin elementlerinin yeterli düzeyde verilmesi hem verim hem de kaliteyi arttırıp, sağlıklı ürünlerin yetiştirilmesini sağlayacaktır. Bitki besinlerinin gübre olarak fazladan verilmesi hem üreticinin hem de ülke sermayesinin boşuna harcanmasına, toprağın verimsizleşmesine ve bitkinin besin maddelerini yeterli ve dengeli olarak alamamasına neden olmaktadır.

Türkiye tarımında mikro element gübrelemeleri topraklarımızın yüksek kireç içerikleri ve iklimsel özelliklerinden dolayı büyük önem taşımakla birlikte yüksek bor içeren topraklar ve sulama suları toksisite problemlerine yol açabilmektedir. Bor elementi tarımda uygulandığında verim ve kalitede artış sağlayan, ancak uygulama oranlarının dikkate alınmaması durumunda ise bitkilerde toksik düzeylere hemen ulaşabilen bir besin elementidir. Bu nedenle bor gübrelemesinde toprak, bitki ve su analizlerinin önemi ortaya çıkmaktadır.

Literatür taramalarında, bor toksisitesinin domates bitkisinde azot ve fosfor uygulamalarıyla alımının engellenmesi, birikimin azaltılması ve beslenmeye olan etkilerinin ortaya konulmasına ilişkin araştırmalarla karşılaşılamamıştır. Yapılan araştırmamızda, farklı azot ve fosfor uygulamalarının, toprak özelliklerine ve bitki beslenmesine olan etkileri değerlendirilip üretici koşullarında bor toksisitesine nasıl engel olunabilir sorusuna cevap aranmıştır. Bu konuda yapılan çalışmalar daha çok tarla bitkileri (tahıl) özelinde tek element üzerinde gerçekleştirilmiş olup antagonistik ve sinerjik ilişkiler değerlendirilmiştir.

Borun bitki beslenmesine etkilerini incelemek amacıyla toprak ve yaprak analizleri yapılarak beslenme durumları incelenmiştir. Elde edilen verilerle, domates yetiştiriciliğinde toksik düzeylerde bor içeren topraklarda toksisitenin engellenmesi için farklı düzeylerde azot ve fosfor kullanımlarının etkileri bilimsel olarak ortaya konulmaya çalışılmıştır. Yapılan çalışmanın, üreticilere ulaştırılması ile hem üretici hem de ülke ekonomisine katkı sağlaması beklenmektedir.

# 2. KAYNAK TARAMASI

## 2.1. Domatesle İlgili Çalışmalar

Domates bitkisinin bitki sistematiğindeki yeri Personatae takımında, Solaneceae familyasında, Solanum cinsinde ve Lycopersicon esculentum türünde yer almaktadır. Domates bitkisinin Peru'dan diğer ülkelere yayıldığı, Türkiye'ye Adana'dan girdiği bilinmektedir. Ucuz ve bol vitamin kaynağı olan domates besleyici ve lezzetli özelliğinden dolayı dünyanın birçok ülkesinde ve Türkiye'de hem en çok üretilen hem de taze ve işlenerek tüketimi en başta gelen sebzeler arasında yer almaktadır (Aybak ve Kaygısız 2004; Çolpan vd. 2013).

Domates meyvesinin % 93-95'i su olup % 5-7 oranında da inorganik bileşikler, organik asitler (sitrik asit ve malik asit), alkolde çözünemeyen katı maddeler (proteinler, selüloz, pektin, polisakkaritler), karotenoidler ve lipitler bulunmaktadır (Petro-Turza, 1987) (Çizelge 2.1). İnsan için gerekli olan temel besin maddelerince zengin olmasa da yüksek oranda potasyum, organik asitler, A ve C vitaminleri bakımından önemli bir kaynak niteliği taşımaktadır (Moreno vd. 2008). Kırmızı olgun bir domates meyvesinde ortalama 1000 IU 100 $g^{-1}$ civarında vitamin A ve 20-25 mg 100 $g^{-1}$ civarında vitamin C bulunmaktadır. Ayrıca potasyum miktarı da 200-210 mg 100 $g^{-1}$ arasında bulunabilmektedir (Jones 2007).

**Çizelge 2.1.** Domates meyvesindeki kuru madde bileşenleri (Petro-Turza 1987; Yılmaz 2001)

| Meyve İçeriği | % |
|---|---|
| Früktoz | 25 |
| Glukoz | 22 |
| Sakkaroz | 1 |
| Sitrik Asit | 9 |
| Malik Asit | 4 |
| Protein | 8 |
| Dikarboksilik amino asit | 2 |
| Pektinler | 7 |
| Selüloz | 6 |
| Hemiselluloz | 4 |
| Mineraller | 8 |
| Yağlar | 2 |
| Ascorbik Asit | 0,5 |
| Renk maddeleri | 0,4 |
| Diğerleri (amino asit, vitamin, polifenol) | 1 |
| Uçucu bileşikler | 0,1 |

Ülkemizde serada sebze yetiştiriciliği, ekonomiye katkı sağlayan önemli bir tarımsal üretim koludur. Türkiye'de; 80.120 dekarı cam sera, 328.746'dekarı plastik sera, 112.974'dekarı yüksek tünel ve 169.867 dekarı da alçak tünel olmak üzere toplam örtü altı tarım alanı 691.707 dekardır. Türkiye 12.600.000 tonluk domates üretimi ile

dünyada 3. sırada yer almaktadır. Bu üretimin 8.581.247 tonu sofralık ve 4.018.753 tonu da salçalık olarak üretilmektedir. Örtüaltı domates üretimi ise 3.614.472 tondur (TUİK 2016). Türkiye domates üretiminde yoğun olarak örtü altı domates yetiştiriciliğinin başında Antalya ili gelmektedir. Antalya'da toplam 201.255 dekar sera alanı mevcuttur.

Mineral besin elementlerinden kalsiyumun, fosforun ve çinkonun B toksisitesini önleme fonksiyonuna sahip oldukları belirtilmektedir. Borun fosforun varlığından çok yokluğunda toksik olduğu ve bu toksisitenin özellikle yarı kurak bölgelerin kireçli topraklarında P'un uygulanması ile hafifletilebileceği bildirilmiştir (Lou vd. 2003).

Güneş vd. (1998), domates bitkisi ile yapmış oldukları çalışmada dört farklı bor (0, 5, 10 ve 20 mg $kg^{-1}$) ve üç farklı çinko (0, 10 ve 20 mg $kg^{-1}$) dozlarının etkisini sera koşullarında araştırmış ve bor uygulamasının 10 ve 20 mg $kg^{-1}$ düzeylerinde, toksisite semptomları görmüş, çinko uygulamasının olmadığı koşullarda, borun artan düzeylerine bağlı olarak bitki dokularının bor konsantrasyonları arttığını saptamışlardır.

Soy ve Güneş (2003), domates bitkisinde B toksisitesini engellemede fosforun etkisini araştırdığı sera denemesinde 3000 g toprak doldurulmuş saksılara 0, 10, 20 ve 40 mg B $kg^{-1}$ ve 10, 50, 100 ve 200 mg P $kg^{-1}$ uygulamış, domatesin genç ve yaşlı aksamlarına 20 mg $kg^{-1}$ düzeyinde B uygulandığında toksik etkilerin görüldüğü, 40 mg $kg^{-1}$ ve üzeri seviyelerde B uygulandığında ise P'un B alımının engellenmesinde etkili olduğu tespit edilmiştir.

Güneş vd. (2000), domates bitkisine uygulanan dört farklı bor (0, 5, 10, 20 mg B $kg^{-1}$) ve üç farklı çinko (0, 10, 20 mg Zn $kg^{-1}$) düzeyinin etkisini sera koşullarında araştırmışlar ve bor uygulamasının 10 ve 20 mg $kg^{-1}$ düzeylerinde B toksisite belirtileri ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte, borun gelişme üzerindeki bu önleyici etkisi Zn uygulamasıyla kısmen giderilmiştir. Çinko uygulamasının olmadığı koşullarda B'nin artan düzeylerine bağlı olarak bitki dokularının B konsantrasyonları artmıştır. Çinko ve B uygulamaları bitkinin Zn konsantrasyonunun artmasına sebep olmuştur.

Kaya vd. (2009), ilave edilen fosforun domatesin verim ve gelişiminde bor toksisite etkilerini azalttığını belirtmişlerdir.

Dursun vd. (2010), domates, biber ve hıyar bitkisinin verim ve kimyasal içeriğine borlu gübrenin etkisinin araştırıldığı iki yıllık sera çalışmasında; B (0, 1, 2, 3, ve 4 kg B $ha^{-1}$) kullanılmıştır ve optimum ekonomik B gübresi (OEBR) 2.3, 2.6, 2.4 kg B $ha^{-1}$ olarak belirlenmiş ve toprakta B'nin 0.33, 0.34 ve 0.42 mg $kg^{-1}$'a denk gelmiştir. Farklı bitki türlerinde B uygulaması dokudaki N, Ca ve Mg'yi azaltmış, fakat dokudaki P, K, Fe, Mn, Zn ve Cu konsantrasyonlarını arttırmıştır. Deneme sonucunda verim için B'nin 2.5 kg $ha^{-1}$ dozu yeterli bulunmuştur.

## 2.2. Borla İlgili Çalışmalar

Periyodik sistemin 3A gurubunda bulunan, atom numarası 5, atom ağırlığı 10.81g, yoğunluğu 2.84g/cm olan elementtir. Kimyasal sembolü (B) ile gösterilen 3A grubunun metal olmayan elementidir (Ediz ve Özday 2001). Erime sıcaklığı 2076-2300 °C, buharlaşma sıcaklığı 3927 °C'dır (Duman 2003). Bor oldukça sert ve ısıya dayanıklı bir element olup, doğada serbest bir şekilde bulunmamaktadır. Bor yeryüzünde bulunan

yaygın elementler içerisinde 51. sırada yer almaktadır. Yeryüzünde yaygın olarak toprakta, kayalarda ve suda bulunmakta olup, toprağın bor içeriği ortalama 10-205 mg $kg^{-1}$, deniz suyunun bor içeriği 0.5-9.65 mg $kg^{-1}$ ve tatlı suların bor içeriği ise 0.001-1.5 mg $kg^{-1}$ aralığındadır (Ediz ve Özday 2001).

Dünyada bor mineralleri rezervlerinin 1.310 milyar (ton) $B_2O_3$ olduğu tahmin edilmektedir. Dünya bor rezervlerinin % 72'si Türkiye'de bulunmakta ve bor rezervinde Türkiye ilk sırada yer almaktadır (Çizelge 2.2). Önemli kaynak sıralamasına göre % 7.6 Rusya ve % 6.1 payla Amerika en fazla rezerve sahip olan ülkelerin başında gelirler (Anonim 2014).

**Çizelge 2.2.** Dünya Bor rezervlerinin dağılımı (Anonim 2014)

| ÜLKE | TOPLAM REZERV (Bin ton $B_2O_3$) | TOPLAM REZERV (% $B_2O_3$) |
|---|---|---|
| Türkiye | 953.300 | 72,8 |
| Rusya | 100.000 | 7,6 |
| A.B.D. | 80.000 | 6,1 |
| Çin | 47.000 | 3,6 |
| Şili | 41.000 | 3,1 |
| Sırbistan | 24.000 | 1,8 |
| Peru | 22.000 | 1,7 |
| Bolivya | 19.000 | 1,5 |
| Kazakistan | 15.000 | 1,1 |
| Arjantin | 9.000 | 0,7 |
| TOPLAM | 1.310.300 | 100,0 |

Bor elementi sularda ve tabii kaynaklarda da borik asit ($H_3BO_3$) halinde çok yaygındır. Ülkemizde sulama sularını en çok kirleten toksik elementlerin başında bor gelmektedir. Doğal olarak sulama sularının tümünde bor bulunmasına rağmen konsantrasyonu çok düşüktür. Bor, yeraltı suyunda doğal olarak, yüzey sularında endüstriyel kirletici olarak veya tarımsal yüzey akışların ve çürüyen bitki materyallerinin bir ürünü olarak bulunabilir (Provin ve Pitt 2002).

Bitkilerde mikrobesin elementleri (Zn, Fe, Mn, Cu, B, Mo, Cl) arasında bor stres belirtileri en yaygın olarak görülen problemlerin başında gelmektedir (Gezgin vd. 2005). Bitkiler için genel olarak bor, düşük derişimlerde gerekli, yüksek derişimlerde ise toksik etkiye sahiptir. Bu yüzden, özellikle toprakta ve sulardaki bor düzeyleri ile reaksiyonlarının bilinmesi gerekir (Uygan ve Çetin 2004). Topraklarda sıcak su ile ekstrakte edilebilir bor düzeyinin 0.8 mg $kg^{-1}$'ı aşması halinde fitotoksitesi görülmektedir (Silanpaa 1990). Tarımsal sulamada yanlış uygulanan sulama yöntemi, sulama zamanı ve sulama suyu miktarı değil, aynı zamanda kullanılan suyun kalitesi de son derece önemlidir. Tarımsal faaliyetler ve diğer sektörler geliştikçe ne yazık ki

çevresel kirlenmeler de artmaktadır. Bitkiler için gerekli olan, ancak özellikle 1 ppm'den fazla bor içeriğine sahip suların sulamada kullanılması bitkilerde ve topraklarda sorun yaratabilmektedir (FAO 1976). Ülkemizde Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde doğrudan içme suyu olarak kullanılabilecek I. sınıf su kalite sınıfına giren suda bor için izin verilen sınır değer 1 mg/l'dir. Çizelge 2.3'de sulama sularında bor için sınır değerleri verilmiştir.

**Çizelge 2.3.** Sulama suyunda bor için sınır değerler (Richards, 1954)

| **Sulama sınıfı** | **Ürün grupları** | | |
|---|---|---|---|
| | Hassas bitkiler için | Yarı dayanıklı bitkiler için | Dayanıklı bitkiler için |
| | mg $l^{-1}$ | | |
| Çok iyi | <0.33 | <0.67 | <1,00 |
| İyi | 0,33-0,67 | 0,67-1,33 | 1,00-2,00 |
| Kullanılabilir | 0,67-1,00 | 1,33-2,00 | 2,00-3,00 |
| Şüpheli | 1,00-1,25 | 2,00-2,50 | 3,00-3,75 |
| Uygun değil | >1.25 | >2,50 | >3,75 |

Bor (B) elementi dünya topraklarında ortalama olarak az miktarda görülmesine karşın, Türkiye topraklarında ise daha fazla miktarda bulunmaktadır. Bor elementi genellikle kurak ve yarı-kurak bölge topraklarında daha fazla görülmektedir. Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde topraklardaki B fazlalığından dolayı bitkide toksisite olarak etki yapmaktadır. Bu toksik etkiden dolayı bitkilerin gelişmesini olumsuz bir şekilde etkilemektedir (Nable vd. 1997).

Kacar ve Fox (1967), Türkiye topraklarının bitkiye yarayışlı bor kapsamları üzerinde yaptıkları çalışmada bor miktarlarının 0.74 ile 4.55 µg $g^{-1}$ arasında değiştiğini ve en fazla yarayışlı borun, Niğde-Bor ilçesi civarından alınan topraklarda bulunduğunu saptamışlardır.

Silanpaa (1982), tarafından 30 farklı ülkeyi kapsayan global düzeyde yapılan çalışmada, Türkiye topraklarının B kapsamının 0.06-9.99 mg $kg^{-1}$ arasında yer aldığı ve ortalama B miktarının ise 1.6 mg $kg^{-1}$ olduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada, en yüksek B miktarının Orta Anadolu Bölgesi topraklarında bulunduğu, en düşük B miktarının ise Karadeniz, Ege ve Marmara Bölgesi topraklarında olduğu belirtilmiştir. Kacar (1984), Türkiye topraklarının yarayışlı bor kapsamlarının genel olarak 0.1-6.0 mg $kg^{-1}$ arasında değiştiğini açıklamıştır.

Topraklarda bulunan B kapsamları araştırmacılara göre değişmekle birlikte birbirinden farklı kritik düzeyler ortaya çıkmıştır. Smilde (1976), bitki gelişiminin optimum olabilmesi için toprakta bulunan B değerinin 1 mg $kg^{-1}$'den daha fazla olması

gerektiğini belirtirken, Reisenauer vd. (1973) en iyi bitki gelişimi için toprakta B değerinin 0.3 mg $kg^{-1}$'den yüksek olması gerektiğini bildirmiştir.

Topraklar normal koşullar için doygun çözeltilerindeki bor durumlarına göre; az bor'lu, orta bor'lu, yüksek bor'lu, çok yüksek bor'lu topraklar olarak dört kategoride sınıflandırılmaktadır. Az bor'lu topraklar; 0.7 mg $kg^{-1}$ kadar bor içerir ve hiçbir bitki için sorun teşkil etmez. Orta bor'lu topraklar; 0.7–1.5 mg $kg^{-1}$ bor miktarına sahip olup bazı bitkiler için sorun yaratmamaktadır. Yüksek bor'lu topraklar; 1.5 - 3.75 mg $kg^{-1}$ bor içermekte ve çoğunlukla bitkiler için tehlikeli olmakta, çok yüksek bor'lu topraklar ise 3.75 mg $kg^{-1}$'den fazla bor içeren bütün bitkiler için toksisite tehlikesi yaratmaktadır (Özgül 1974; Uygan ve Çetin 2004).

Özellikle kurak ve yarı kurak iklim kuşaklarında, borun topraktaki miktarının yanında bitki bünyesine alınan borun hareketi de bitkisel üretimde sınırlandırıcı faktör olabilmektedir. Temelde borun bitkiler tarafından taşınımının ksilem yoluyla transpirasyona bağlı olarak gerçekleştiği ve iyonlaşmamış borik asit $B(OH)_3$ şeklinde alındığı kabul edilmektedir (Pate 1975; Shelp vd. 1987, 1992). Ancak bor, az da olsa bitkilerce $B(OH)^{4-}$ iyonları şeklinde alındığı da belirtilmiştir (Hu ve Brown 1997). Köklerden pasif alınımda, transpirasyona bağlı olarak alınan bor, ksilem iletim boruları içerisinde bitkinin tepe noktalarına doğru taşınmaktadır. Bu durumda borun alınması ve iletim borularında taşınması bitkinin transpirasyona bağlı su alınımı ile yakından ilişkilidir (Hu ve Brown 1997). Bitki organlarında hareketi sınırlı olan bor, genelde immobil olarak nitelendirilir (Kacar ve Katkat 1999). Bitkide transpirasyonla buhar halinde su kaybı sürdükçe, bor da üst kısımlara doğru taşınmakta ve bitkinin tepe organlarında immobiliteden dolayı birikmektedir.

Güneş vd. (2000), mısır çeşitlerinin, bor zehirliliğine duyarlılıklarıyla ilgili yaptıkları çalışmalarında toprağa (0, 10 ve 30 mg $kg^{-1}$) düzeylerinde borik asit ($H_3BO_3$) uygulamış, bitkilerin yaş ve kuru ağırlıkları ile bor konsantrasyonları ve kapsamları belirlenmiştir. Yaş ve kuru bitki ağırlıkları ile bitkilerin bor konsantrasyonları ve bor kapsamları arasındaki ilişkilerden yararlanılarak, mısır çeşitlerinin bor toksisitesine duyarlılıkları ortaya konulmuştur. Araştırma sonuçları yaş ve kuru ağırlık bakımından bitkilerin bor toksisitesine duyarlılıklarının yüksekten düşüşe doğru, Helix, Riogrande, Furio, Poker, Sele, Missouri, DK 743, Betor şeklinde sıralanmıştır. Bora duyarlılıkları düşük olan çeşitlerin, yüksek olan çeşitlere göre bünyelerinde daha fazla bor içerdikleri belirlenmiştir.

Güneş ve Alpaslan (2000), B alımına ve toksisitesine P ve B'nin etkilerini değişik mısır çeşitlerinde incelemişlerdir. Tüm mısır çeşitlerinde artan P uygulamalarına bağlı olarak B konsantrasyonunun azaldığını saptamışlardır. Sekiz farklı mısır genotipinde P uygulanması sonucu B alımında azalma olduğu görülmüştür. 30 ppm düzeyinde uygulanan B'nin P ve B alımındaki etkisinde çeşitlerin çoğunda P konsantrasyonunda azalmaya neden olduğu belirlenmiştir.

Güneş (2000), ekmeklik ve makarnalık buğday genotiplerinin bor (B) alımı üzerine fosforun etkisinin araştırıldığı denemede, sera koşullarında 27 adet buğday (17 ekmeklik ve 10 makarnalık) genotipiyle toprağa 20 ve 80 mg $kg^{-1}$ düzeylerinde fosfor uygulanmıştır. Tüm buğday genotiplerinin B konsantrasyonları P uygulaması ile düşmüştür. Ekmeklik buğday genotiplerinin B konsantrasyonunda, P uygulamasına

bağlı olarak % 24'lük, makarnalık genotiplerde ise % 11'lik bir azalma belirlenmiştir. Düşük ve yüksek P düzeylerinde makarnalık buğday genotiplerinin B içerikleri, ekmeklik genotiplere göre daha yüksek olarak belirlenmiştir.

Aggarwal ve Yadav (1984), pH'sı 8.1 olan ve 0.40 ppm bor içeren bir toprakta yaptıkları saksı denemesinde, toprağa önemli derecede bor uygulamasının 45 günlük buğdayların kuru madde verimini 14.21 g/saksı'dan 6.6 g/saksıya azalttığı ve buğday yaprağındaki bor konsantrasyonunun 35.6 ppm'den 145.5 ppm'e çıktığını belirlemişlerdir. Aynı toprakta azot uygulamasının kuru madde verimini 9.8 g/saksıdan 13.6 g/saksıya arttırdığını ve bor konsantrasyonunu ise 109.5 ppm'den 49.2 ppm'e azalttığını belirlemişlerdir.

Türkkan (2006), çalışmasında B toksisitesine toleranslı olan Triticum aestivum L. (cv. Kıraç 66) ve duyarlı olan Triticum durum Desf (cv. Kunduru 1149) fidelerinde, B elementine antagonistik etki gösteren P'nin farklı konsantrasyonlarının fide boyu, kuru madde miktarı, oransal su içeriği, B ve P miktarı ve çözünür karbonhidratlar üzerindeki etkileri incelenmiştir. Değişen B konsantrasyonlarına farklı P konsantrasyonlarının uygulanması ile glikoz ve fruktoz miktarında elde edilen sonuçlar, B toksisitesinin P uygulamaları ile giderilebileceğini göstermiştir.

Aydın vd. (2005), farklı dozlarda uygulanan bor (0, 0.5, 1.0, 2.0 ve 4.0 ppm) ve fosfor (0, 20, 40 ve 80 ppm)'ın sera koşullarında yetiştirilen mısır bitkisinin gelişmesini, mineral madde içeriğine etkisi ile bor ve fosfor beslenmesini inceledikleri araştırma sonuçlarına göre, uygulanan bor ve fosfor dozu arttıkça mısır bitkisinin N, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn ve Cu içerikleri genel olarak azalırken, P ve B içeriklerinin arttığını, B0 (0 ppm) ve P0 (0 ppm) dozlarında noksanlık, B4 (4 ppm) ve P3 (40 ppm) dozlarında da toksisite belirtileri görüldüğünü, uygulanan fosfor dozu arttıkça bor toksisitesinin azaldığını bildirmişlerdir.

Hellal vd. (2009), kireçli bir toprakta şeker pancarının verimi üzerine azot (60, 80 ve 100 mg $kg^{-1}$ N) ve bor uygulamalarının (0, 25, 50 ve 100 mg $kg^{-1}$ B) etkisinin araştırıldığı saksı denemesinde bitkinin maksimum kök ve sürgün verimi N-B'nin kombine (100 mg $kg^{-1}$ ve 50 mg $kg^{-1}$ N) uygulamasından elde edildiğini ve 100 mg $kg^{-1}$ B uygulamasının bitkinin gelişiminde toksik etkiye neden olduğunu bildirmişlerdir.

Esringü vd. (2011), bor uygulamasının çileğin verim ve kimyasal içeriğini iyileştirmek için yaptıkları iki yıllık saha çalışmasında bor uygulamasının dokuda azot ve kalsiyumu azaltıp, fosfor, potasyum, mangan, çinko ve bakır içeriklerini arttırdığını, topraktaki borun 5.5 kg $ha^{-1}$ yeterli bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Çıkılı vd. (2015), yerfıstığı yetiştiriciliğinde bor ve çinkonun birlikte gelişme ve mineral beslenmesi üzerine yaptıkları çalışmada; toprağa beş doz bor (0, 4, 8, 16, 32 mg $kg^{-1}$) ve üç doz çinko (0, 10, 20 mg $kg^{-1}$) uygulanmış, artan dozlarda uygulanan bor bitki gelişmesini dereceli olarak azaltmıştır. Borun toksik etkisinin Zn eklenmesiyle bitki büyümesindeki olumsuz etkisinin azalttığı görülmüştür. Zn uygulanmamış bitkide B ve Zn içerikleri artan bor düzeyi ile artmış, hem Zn hem de B uygulaması Zn içeriğini arttırmıştır. Bor toksisitesi klorofil içeriğini azaltmış, yerfıstığının sürgününde borun artan dozlarıyla P, K, Ca, Fe, Zn, Cu ve Na içerikleri artmıştır. Zn eklenmesi verimde

düşüşü önlemiş ve bor toksik etkisinin neden olduğu mineral dengesizliği ortadan kaldırmıştır.

Çelik (2007), biber bitkisinin değişik bor konsantrasyonlarına karşı dayanımını, verim ve kalite yönünden incelemek amacıyla yapmış olduğu saksı denemesinde 6 farklı bor konsantrasyonu (0, 0.6, 1, 2, 4, 6 ve 10 mg) içeren sulama suları kullanmıştır. Kontrol konusundan alınan verim 75,65 g/saksı olarak elde edilmiş, bu değer baz alındığında 1, 2 ve 4 mg $l^{-1}$ bor içeren sularla sulanan konularda kontrole göre sırasıyla % 14 ve % 10 oranında artış gözlenirken 6 ve 10 mg $l^{-1}$ bor içeren sularla sulanan konularda ise sırasıyla % 26 ve % 27 oranında düşüş gözlenmiştir. Meyvede, yapraklarda ve toprakta oluşan bor birikimi değerleri de uygulanan sulama suyunun bor içeriğine paralel olarak artış göstermiştir.

Gezgin vd. (2007), Konya Ovasında farklı bölgelerde şeker pancarının kök verimi ve mineral beslenmesi üzerine bor dozlarının ve uygulama şekillerinin etkilerini araştırdığı çalışmada; beş farklı bor dozunu (0, 0.15, 0.30, 0.45 ve 0.60 kg $da^{-1}$ B) toprak, yaprak ve toprak+yaprak olmak üzere üç farklı şekilde bitkilere uygulamışlardır. Tüm lokasyonların ortalaması bakımından yapraktan B uygulaması ile yaprak B konsantrasyonu 64 mg $kg^{-1}$, topraktan bor uygulaması ile yaprak B konsantrasyonu 42 mg $kg^{-1}$ ve toprak+yaprak B uygulamasından yaprak B konsantrasyonunu 58,5 mg $kg^{-1}$ olarak tespit etmişlerdir. Şeker pancarı kök verimi lokasyonlar ortalaması dikkate alındığında kontrole göre dekara 0,30 ve 0,45 kg borun toprak ve toprak+yaprak uygulamalarında sırasıyla % 5,7 ve % 7,4 arttığını bildirmişlerdir. Şeker veriminde ise 0,45 kg $da^{-1}$ bor uygulamasının toprak ve toprak+yaprak uygulamasında sırasıyla kontrole göre % 3,8 ve % 7,3 oranlarında arttığını tespit etmişlerdir.

Alıcı ve Öncel (2008), bor toksisitesine toleranslı olan ekmeklik (Triticum aestivum L. cv. Kıraç 66) ve duyarlı olan makarnalık (Triticum durum Desf. (cv. Kunduru 1149) buğday fidelerinde bor elementine karşı fosforun olası antagonistik etkinliği, büyüme parametreleri ve çözünür karbonhidrat içeriklerini incelediği sera denemesinde; toprağa (0, 15, 30, 45, 60 mg $kg^{-1}$) B ve (0, 20, 40, 60, 80 mg $kg^{-1}$) P eklenerek 6 hafta süresince yetiştirilen fideler toprak yüzeyinden hasat edilmiş, uygulanan belirli bor konsantrasyonları ile ekmeklik ve makarnalık buğday fidelerindeki glikoz ve fruktoz miktarının arttığı, ancak uygulanan tüm fosfor konsantrasyonları ile azaldığını gösteren sonuçlar bor toksisitesinin fosfor uygulamaları ile giderilebileceğini göstermektedir.

Nadian vd. (2010), kireçli topraklarda kolzanın verim ve verim öğelerini incelemek amacıyla yaptıkları çalışmada; beş farklı bor dozu (0, 0.25, 0.5, 0.75 ve 1.0 kg $da^{-1}$) ve üç farklı kükürt dozu (0, 40 ve 80 kg $da^{-1}$) kullanmışlardır. Bor dozları ekimden önce toprak yüzeyine verilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre en yüksek tohum verimi (300 kg $da^{-1}$) 0.25 kg $da^{-1}$ B uygulamasıyla elde edilmiştir. Ayrıca araştırıcılar 0.25 kg $da^{-1}$'dan fazla B uygulamasının tohum verimi, yağ ve protein oranını azalttığını saptamışlardır.

Şatana (2011), şeker pancarına farklı zamanlarda bor ve çinko gübrelemesinin etkisini araştırmak için yaptığı çalışmada; dört farklı bor ve çinko dozları (0, 100, 200 ve 300 ml $da^{-1}$) kullanmıştır. Uygulamalar ekimden sonra 60, 120 ve 180. günlerde yapılmış, bu besin elementlerinin şeker pancarının verim ve kalite özelliklerini olumlu

yönde etkilediği ve en yüksek şeker oranının (%18,8) 180. günde uygulanan 200 ml $da^{-1}$ Zn ve 100 ml $da^{-1}$ B uygulamasından, en yüksek pancar veriminin ise (8987 kg $da^{-1}$) 60. günde uygulanan 200 ml $da^{-1}$ Zn ve B uygulamasından elde etmiştir.

Başalp vd. (2011), bor toksisitesine toleranslı ve duyarlı buğday fidelerinde bazı fizyolojik ve biyokimyasal değişimlerin belirlenmesi üzerine yaptıkları çalışmada; iki buğday türüne ait iki genotipin (Triticum aestivum L. cv. Kıraç 66 ve Triticum durum Desf. cv. Kunduru 1149) bor toksisitesine tepkilerini incelemişlerdir. B toksisitesi uygulaması toprağa (0, 10, 20, 30, 40 ve 50 mg $kg^{-1}$) B eklenmesiyle yapılmıştır. B toksisitesi altındaki bitkilerde fide boyunun azaldığı, B miktarının arttığı, % kuru madde ve oransal su içeriğinde ise önemli bir değişikliğin olmadığı tespit edilmiştir. Serbest prolin miktarının Kıraç 66 ve Kunduru 1149 çeşitlerinde arttığı saptanmıştır. Glukoz miktarının Kıraç 66 çeşidinde 10, 30, 50 mg $kg^{-1}$ B konsantrasyonlarında arttığı, Kunduru 1149 çeşidinde ise 20 mg $kg^{-1}$B konsantrasyonunda artarken 40 ve 50 mg $kg^{-1}$ B konsantrasyonlarında azaldığı belirlenmiştir. Fruktoz miktarı Kıraç 66 çeşidinde 10, 20, 30, 40 mg $kg^{-1}$B konsantrasyonlarında, Kunduru 1149 çeşidinde ise 20 mg $kg^{-1}$'lık B uygulamasında artış göstermiştir. Sonuçlar, incelenen iki genotip arasında B toksisitesine toleransta önemli farklılıklar olduğunu ortaya koymaktadır.

Alpaslan vd. (2011), buğday (Triticum aestivum L.) bitkisine, artan düzeylerde uygulanan bor ile azotun, bitkinin gelişmesi ile bor, azot ve nitrat kapsamları üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada; bor, borik asitten ($H_3BO_3$) (0.01, 0.1, 1.0 ve 10.0 µg B $ml^{-1}$) azot ise amonyum nitrattan ($NH_4NO_3$) (25, 100, 200 ve 400 µg N $ml^{-1}$) düzeylerinde uygulanmıştır. Artan miktarlarda uygulanan bor, buğday bitkisinin kuru madde miktarını ve nitrat kapsamını azaltırken, bor kapsamını artırmıştır. Azot uygulaması ise deneme bitkisinin kuru madde miktarını, azot ve nitrat kapsamlarını artırırken, bor kapsamını azaltmıştır. Bor ve azotun bu etkileri istatistikî yönden önemli olmuştur ($p<0.01$). Yüksek dozlarda azot uygulaması bitkide bor toksisitesini hafifletmiştir. Düşük bor düzeylerinde ise bitkide nitrat biriktiği belirlenmiştir.

Petridis vd. (2013), kireçli toprakta azot ve bor gübrelemesinin salatanın mineral beslenmesine etkisini araştırmışlar; N dozları topraktan (0, 200, 400 ve 600 mg N $kg^{-1}$) ve iki B dozu topraktan B (0 ve 5 mg B $kg^{-1}$) uygulanmış, sonuçlar 600 mg N $kg^{-1}$'a kadar olan doz toprakta $NO_3^-$ ve K arttırmış, P ve B alımını azaltmış, 5 mg B $kg^{-1}$ ise K azalmasına, P artışına yol açmıştır. Azot uygulaması yaprak ve kök N miktarını arttırmış ve yaprak P ve K azaltmıştır. Böylece N gübrelemesinin bor toksisitesini önleyeceği ve marul yaprağında bor konsantrasyonunun normal seviyelerde kalmasını sağlayacağı sonucuna varmışlardır.

Çıkılı vd. (2013), potasyumun borun toksik etkisini engellemede hıyar bitkisinin verim ve mineral kompozisyonunu araştırdıkları çalışmada; K (0, 200 ve 400 mg $kg^{-1}$ $K_2SO_4$) ve B (0, 5, 10 ve 20 mg $kg^{-1}$ $H_3BO_3$ olarak) kullanmışlardır. Sürgün ve kök kuru ağırlıkları B uygulamasıyla çok azalmış, fakat potasyum uygulaması borun engelleyici etkisini azaltmıştır. Borun artan oranları bitkinin K alımını azaltmıştır. Ancak, K uygulaması bitkide B ve K birikimini arttırmıştır. Fakat, P birkimi B uygulamasıyla artmış, Ca birikimi ise azalmıştır. K artışı Mg ve Mn'de azalmaya neden olmuş, Zn ve Cu ise artmıştır. K'nın düşük seviyelerde olması Fe ve Na'yı azaltmıştır fakat, potasyumun artışı ile artmışlardır. Sonuç olarak potasyumun ortamda oluşu bor toksisitesini önlemiştir.

Varenyiova ve Ducsay (2014), artan boz dozlarının kolzada yağ içeriğinin etkisini araştırmak amacıyla üç farklı bor dozunu (20, 40 ve 80 gr $da^{-1}$) iki dönemde uygulamışlar ve en yüksek yağ oranı (% 41,61) kontrol parsellerinden elde edilmiştir. Bu değere en yakın yağ oranı (% 41,45) 80 gr $da^{-1}$ bor uygulamasıyla elde edilmiştir.

Koohkan ve Maftoun (2015), azotun bor toksisitesini önlemede pirinç bitkisinde serada dört tekerrürlü olarak yürüttüğü çalışmada; altı doz B (0, 2.5, 5, 10, 20 ve 40 mg $kg^{-1}$ borik asit), ve dört doz N (0, 75, 150 ve 300 mg $kg^{-1}$ üre olarak) kullanılmıştır. Borun 2.5 mg $kg^{-1}$'dan fazla uygulanması tohum verimini düşürmüştür. Azotun eklenmesi ise borun sebep olduğu büyümedeki kısıtlamayı engellemiştir. 2.5 mg B $kg^{-1}$ ve tüm N dozlarında verim artmış, daha yüksek dozlarda ise bor pirinç verimini belirgin bir şekilde düşürmüştür. Bor konsantrasyonu azot uygulamasının artışıyla düşmüştür. Bor uygulaması potasyum, fosfor ve çinko konsantrasyonlarını artırmış, N uygulaması Zn'yi azaltıp N ve P'yi arttırmıştır.

Beştaş (2015) yaptığı çalışmada, ayçiçeği (Helianthus annuus L.) bitkisine topraktan ve yapraktan artan dozlarda bor (B) uygulayarak bitkinin gelişim durumu ve topraktan kaldırılan besin elementi miktarlarına etkisini araştırmıştır. Deneme konularına göre topraktan 7 bor dozu (0, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0, 16.0 mg B $kg^{-1}$), ve yapraktan 4 bor dozu (0, 0.1, 0.2, 0.4 % B) artan miktarlarda borik asit ve boraks kaynaklarından uygulanmıştır. Temel gübreleme için saksılara 80 mg P $kg^{-1}$ ve 100 mg K $kg^{-1}$ ile iki farklı N düzeyi 100 ve 200 mg N $kg^{-1}$ $NH_4NO_3$ ve $KH_2PO_4$'tan uygulanmıştır. Topraktan artan miktarlarda uygulanan bor dozlarının ayçiçeği bitkisinin kuru madde verimini BT5 dozuna kadar arttırdığı, ama bu artışın BT6 (16.0 mg B $kg^{-1}$) dozunda azalma gösterdiği belirlenmiştir. Uygulanan bor dozlarına bağlı olarak kaldırılan B ve Mg miktarlarında artış görülmüştür. Bor dozlarının N, P alınımına etkisinin önemsiz olduğu, K alınımın ise BT6 dozunda azaldığı görülmüştür. Na, Ca, Cu, Fe ve Mn alınımında, düşük bor düzeyleri olumlu etki yaparken, artan bor dozları ile birlikte azalma görülmüştür. Yapraktan uygulanan bor dozları, kuru madde verimi ile kaldırılan K ve P miktarlarında azalmaya neden olurken, Cu ve B alınımını arttırdığı belirlenmiştir. N, Na, Ca, Mg, Fe, Zn ve Mn alınımına etkisi ise önemsiz bulunmuştur.

Shehzad vd. (2016), azot ve borun ayçiçeğinin entegre beslenmesindeki etkisini araştırdıkları iki yıllık çalışmada; B dozları (0-6 kg $ha^{-1}$) ve değişen N dozlarında (50–100% RN tavsiye edilen azot dozu) gelişim parametrelerinden yaprak indeks alanı, yaprak alanı, dane verimi, net asimilasyon, oranı ve kuru madde birikimi belirgin ölçüde bor dozları 3.20–3.50 kg $ha^{-1}$ ve 100% N ile artmıştır. Klorofil pigmentleri 3.46 kg $ha^{-1}$ bor dozunda ve yüksek N dozunda olumlu etkilenmiştir.

Mohamed vd. (2016), bor ve tuzun buğdayda gelişme, fizyolojik ve biokimyasal etkilerini araştırdıkları saksı denemesinde; üç bor dozu (2, 4 ve 6 mM) ve 125 mM NaCl kullanılmıştır. Sonuçlar 4 ve 6 mM bor uygulamasının bitki biomas ve yaprak uzunluğunu 125 mM NaCl ile önemli derecede azalttığını göstermiştir. Borun tuz ile birlikte uygulanması yapraktaki borun azalmasına yol açmıştır. Fakat artan bor dozu toksik etkiye yol açmış ve bitki gelişimini azaltmıştır.

Samet vd. (2015), bor toksisitesini potasyum ile gidermedeki biber bitkisi üzerine yaptıkları çalışmada; üç doz K (0, 200 ve 400 mg $kg^{-1}$) ve dört doz B (0, 5, 10 ve 20 mg $kg^{-1}$) uygulanmış olup, borun toksik etkisinin potasyum ile azaldığı, bu etkinin

kökten ziyade sürgünlerde olduğu belirtilmiştir. Biber sürgünlerinde artan potasyum dozları boru azaltmıştır.

Çıkılı ve Samet (2016), altın çilek bitkisinde yaptıkları çalışmada; toprağa dört farklı doz bor (0, 5, 10 ve 20 mg $kg^{-1}$), üç farklı doz potasyum (0, 200 ve 400 mg $kg^{-1}$) uygulamışlar, en yüksek B düzeyinde bitkiler birkaç gün içinde ölmüştür. Toprakta aşırı bora karşı potasyumun önleyici etkisinin kökten daha çok bitki gövdesinde olduğu görülmüştür.

Jones vd. (1963), bor içeriği yüksek olan topraklara uygulanan azotun narenciyelerde bor alımını azalttığını ve toksik etkinin giderildiğini tespit etmişlerdir. Yeterli bor içermeyen topraklara uygulanan potasyumun, bor alımını daha da azaltarak bitkide noksanlık belirtilerinin ortaya çıkmasına neden olduğunu belirtmişlerdir (EI-Kholi ve Hamdy 1977). Sakal (1987), bor ve azot arasındaki ilişkinin birbirine antagonistik olduğunu belirlemiştir.

Aggarwal ve Yadav (1984), 8.1 pH'lı, 0.40 ppm bor içeren bir toprakta yaptıkları saksı denemesinde; toprağa bor uygulamasının 45 günlük buğdayların kuru madde verimini 14.21 g/saksı'dan 6.6 g/saksıya azalttığı ve buğday yaprağındaki bor konsantrasyonunun 35.6 ppm'den 145.5 ppm'e çıktığını belirlemişlerdir. Aynı toprakta azot uygulamasının kuru madde verimini 9.8 g/saksıdan 13.6 g/saksıya arttırdığını ve bor konsantrasyonunu ise 109.5 ppm'den 49.2 ppm'e azalttığını belirlemişlerdir. Benzer bir çalışmada bor yetersiz bir toprakta yapılan yoncaya N uygulamasının bitkide bor konsantrasyonunu ve bor alımını azalttığını, bor uygulamaksızın, azot uygulamasının bitkileri öldürdüğü ve bu durumun da muhtemelen bor yetersizliğinden kaynaklandığını belirlemişlerdir (Willett 1985). Bor uygulamasının nohut, buğday ve mercimekte azot konsantrasyonunu artırdığı, yer fıstığında 2 ppm bor ilavesinin azot alımını kayda değer ölçüde yükselttiğini, bu durumun aynı zamanda nodül miktarını % 37'ye kadar arttırdığını ve borun nodül oluşumu üzerine olumlu etkisi bulunduğunu belirlemişlerdir (Yadav ve Manchanda 1979; Singh ve Singh 1983; Patel ve Golakia 1986).

Yadav ve Manchanda (1979), kontrollü sera şartlarında nohut ve buğdayda yaptıkları çalışmalarda bor uygulamasının K konsantrasyonunu nohutta % 3.78'den %7.02'ye ve buğdayda ise % 5.50'den % 6.87'ye artırdığını belirlemişlerdir. Singh ve Singh (1983), benzer şekilde sera koşullarında allüviyal kumlu tın bir toprakta yaptıkları çalışmada; bor uygulamasının mercimek filizlerinde K konsantrasyonunu % 3.90'dan %5.50'ye kadar yükselttiğini belirlemişler ve B ile K arasında sinerjik bir ilişkinin olduğunu ifade etmişlerdir. Sakal (1988), kumlu-tın tekstüre sahip kireçli topraklarda yaptıkları tarla denemelerinde K uygulamasıyla ortalama dane veriminin 977 kg $ha^{-1}$'dan 1067 kg $ha^{-1}$'a arttığını, bor uygulamasıyla dane veriminin 939 kg $ha^{-1}$'dan 1168 kg $ha^{-1}$'a çıktığını, en yüksek dane veriminin ise 1238 kg $ha^{-1}$ ile 30 kg $K_2O$ + 2 kg B $ha^{-1}$ uygulamasıyla elde edildiğini belirlemiş ve bor ile potasyum arasında sinerjik bir ilişki bulunduğunu ortaya koymuştur.

Shukla (1983), elverişli S ve B'nin yetersiz olan kumlu tın tekstüre sahip allüviyal bir toprakta yürütülen tarla denemesinde; 20 kg S+1 kg B $ha^{-1}$ karışımının uygulanmasından maksimum (1600 kg $ha^{-1}$) hardal tohumunun elde edildiği, söz konusu tohumlarda da yağ içeriğinin % 40.3'den % 44.1'e ve protein içeriğinin % 19.1'den % 21.6'ya çıktığını belirlemiştir. B ve S arasında benzer sinerjik ilişki yerfıstığı tohumu ve

yağ üretiminde de kaydedilmiştir. Karle ve Babula (1985); Tandon (1991), bor ve kükürt arasında sinerjik bir etkinin var olduğundan bahsetmektedirler.

Bor ile kalsiyum arasındaki antagonistik etki değerlendirildiğinde, kireçleme ile toprak içerisindeki Ca/B oranı artmakta, yüksek sıcaklıkta eriyebilen bor ise Ca/B oranını azaltmaktadır. Bitkiler için uygun olan Ca/B oranı; tütün için 1200, soya fasulyesi için 500, şeker pancarı için 100 olarak saptanmıştır (Jones ve Scarseth 1944).

Tütün bitkisinde yapılan bir çalışmada; bor toksik alanlarda yetiştirilen bitkiye kalsiyum ilavesi ile bitkinin Ca miktarı artmış ve bitki üzerindeki bor toksisitesinin etkisi azalmıştır. Yine benzer bir çalışmada borun toksisite semptomları veya eksikliğinin Ca/B=365-1578 oranında gözlemlendiği ve bu oran 1792'yi aştığı zaman bor eksikliği semptomları görüldüğü belirlenmiştir (Patel ve Mehta 1966). Ayrıca optimum Ca/B oranını kum darıda 200 ve yer fıstığında 218-224 olarak bildirmişlerdir. Borca zengin sodik topraklarda kireç taşı uygulaması, kalsiyum borat komplekslerinin sentezlenmesi ve aynı zamanda toprak geçirgenliğini arttırması sonucu toprakların bor kaybını artırmış ve bor toksik alanlarda toksisite belirtilerinin azalmasına neden olmuştur (Golakia ve Patel 1988).

Singh (1988), börülce üzerinde yaptığı sera çalışmasında bor seviyesini 1 ppm'den 16 ppm'e arttırdığında bitkinin Mg içeriğinin % 0.37'den % 0.30'a ve Mg alımının da 9.1 mg/saksıdan 4.5 mg/saksıya düştüğünü belirlemiştir. Benzer çalışmada Singh ve Singh (1983) kumlu-tın tekstüre sahip allüviyal bir toprakta mercimek üzerinde yaptıkları çalışmada bor seviyesini 0 ppm'den 8 ppm'e çıkarttıklarında mercimek filizlerinde Mg konsantrasyonunun % 0.19'dan % 0.10'a azaldığını saptamışlardır. Bu sonuçlar B ve Mg arasında antogonistik bir ilişkinin var olduğuna işaret etmektedir.

Sing vd. (1990), çinko noksanlığının giderilmesi ile kök hücreleri civarındaki koruyucu etki nedeniyle bitki dokularındaki bor konsantrasyonunun azaldığını ve bor toksitesinin önlenebildiğini bildirmişlerdir. Hamurcu ve Gezgin (2001), şeker pancarı üzerine yaptıkları tarla denemesinde şeker pancarı bitkisine dört farklı bor dozu (0, 0.5, 1, 2 kg B/da) ve dört farklı çinko dozu (0, 1, 2, 4 kg Zn/da) uygulamışlar ve uygulama sonucunda kök verimi ve şeker verimi üzerine ZnxB interaksiyonunun etkisini önemli bulmuşlardır. Uygulama sonucunda en yüksek kök verimi ve şeker oranının 1 kg Zn/da ile 2 kg B/da uygulamasından elde edildiğini belirlemişlerdir. BxZn interaksiyonlarının PxZn interaksiyonları ile benzerlik gösterdiğini bildirmişlerdir (Singh vd. 1990; Tandon 1995).

Bitkiler tarafından eser miktarda gereksinim duyulan, noksanlığı ve toksisite sınırı birbirine en yakın element olan bor, seviye aralığının dar olması nedeniyle tarımsal açıdan önemli ve çalışılması zor olup, çağımızda oldukça fazla kullanım alanına sahip stratejik bir elementtir (Adriano, 1986; Blevins ve Lukaszewski 1998; Alkan 1998; Mortvedt vd. 1991; Brown vd. 2002; Atalay vd. 2003).

Bor elementinin fazlalığı da eksikliği gibi, bitki için tehlikeli olmaktadır. Bu elementin ve bileşiklerinin sularda ve toprakta belirli bir konsantrasyonun üzerinde bulunması insan, hayvan ve bitkilere zararlı etkilerde bulunabilmektedir (Göncü 1982). Kurak ve yarı kurak bölgelerde yetersiz yağıştan dolayı toprak profilinden

uzaklaşamadığından, yüksek bor konsantrasyonuna sahip olan taban suyundan buharlaşma ile yüzeye gelen borun, bitki gelişiminin önemli düzeyde geri kalmasına ve toksik etki yapmasına neden olmaktadır (Reid 2007; Tanaka ve Fujiwara 2008).

Yüksek bor konsantrasyonun sadece toprağın daha alt katmanlarında meydana gelmesi ve toprak neminin bu derinliğe inmesiyle bor toksisitesinin görülmesi, bor toksisitesinin tespit edilmesinde karşılaşılan zorluklardır. Genellikle toprak örneklerinin 0-20 cm derinlikte alınması bor toksisitesinin geçmişte belirlenememesinin ana sebepleri arasında bulunmaktadır (Yau ve Ryan 2008). Bor toksisitesi tür içinde varyasyonlar meydana getirip, varyetelerin ortaya çıkmasına sebep olurken, bitki büyümesi üzerinde de genellikle olumsuz yönde olan değişiklikler ortaya koymaktadır (Oertli ve Kohl 1961).

Bor toksisitesi, dört ana başlıkta sıralanmıştır. Bunlardan birincisi hücre çeperinde oluşan hasar; ikincisi ATP, NADH ve NADPH'ye bağlanan riboz kısımlarında metobolik bozukluk; üçüncüsü RNA, serbest şekerler veya riboz bağlarınca meydana getirilen bölünen ve gelişen hücrelerdeki hasarlardır. Dördüncü olarak da yapraklarda yüksek miktarda toplanan B'nin transpirasyon akım yönündeki ozmotik düzeni bozmasıdır (Stangoulis ve Reid 2002; Reid vd. 2004).

Bor toksisitesinin bitkilerde yaygın görülen semptomları kuru madde kaybı ve kök uzamasının engellenmesidir. Toksite belirtileri ilk olarak yaşlı yapraklarda kendini gösterir ve özellikle bor birikimi bu yaşlı yaprakların kenarlarında oluşur (Tanaka ve Fujiwara 2008; Rajaie vd. 2009). Yapraklarda uç ve kenarlarda başlayan kahverengi lekeler ile klorozla başlayıp nekrozla devam eden bozulmalar (Marschner 2002; Kacar ve Katkat 1998; Nable vd. 1997; Oertli 1993; Dye vd. 1983), kabuk nekrozları ve kambiyum ölümüne bağlı gövde ölümleri (Brown ve Hu 1996), yaşlı yaprakların yanık bir görünüm alıp erken dökülmesi şeklindedir (Boşgelmez vd. 2001). Bor toksisitesinin belirtileri fotosentetik organların büyüme ve gelişmelerinin gerilemesinde önemli rol oynamaktadır (Rajaie vd. 2009).

Bor toksisitesinin bitkide ürün kaybının yanı sıra, çok yüksek seviyelerinde bitki ölümlerine de sebep olmaktadır (Khan vd. 1999). Toksisite, borun sürgünlerde dağılımında ve bunu takiben transpirasyon oranlarında değişime neden olur (Marschner 1995). Kritik bor toksisite miktarları, serada yetiştirilen bitkilere göre, tarlada yetiştirilenlerde daha düşüktür. Bu farklılığın nedeni ise borun yağmurlarla yıkanmasıdır (Nable vd. 1990). Bor toksisitesi, portakal ve mandalina yapraklarında sünger parankiması kalınlığının azalmasına neden olmaktadır (Papadakis vd. 2004a, b). Elma, armut gibi bazı meyve ağaçlarında ise toksisite yaprak uçlarından daha çok transpirasyonun noktalandığı meyve ve taşınımın gerçekleştiği dokularda ölü hücrelerin oluşmasına neden olabilmektedir. Meyvelerde siyah noktalar, kambiyumu oluşturan hücrelerde ve gövdelerde ise ölüm gerçekleştiği görülmüştür (Nable vd. 1997). Bor toksisitesinin, bitkide ürün kaybının yanı sıra, çok yüksek seviyelerde bitki ölümlerine sebep olduğu bildirilmiştir (Khan vd. 1999).

Bitkilerin bor gereksinimi oldukça azdır ve genellikle tek çenekli (monokotiledon) bitkiler çift çeneklilere (dikotiledon) göre daha az bora ihtiyaç göstermektedir (Rerkasem vd. 1990; Marschner 1995). Çift çenekli bitkilerin, tek çenekli bitkilere göre bor ihtiyaçlarının fazla olması bu bitkilerin hücre duvarı

bileşenlerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır (Loomis ve Durst 1992). Bitkiler normal verim verdikleri topraktaki bor seviyelerine göre sınıflandırılabilir. Buna göre bitkiler 0,1 ppm'den daha az bor kapsayan topraklarda 0,1-0,5 ppm bor kapsayan topraklarda ve 0,5 ppm'den daha fazla bor kapsayan topraklarda yetişen bitkiler olarak Çizelge 2.4.'de verildiği şekilde 3 gruba ayrılır (Berger 1949).

**Çizelge 2.4.** Bor isteklerine göre bitkilerin sınıflandırılması (Berger 1949)

| Fazla Bor isteyen bitkiler >0,5 ppm | Orta bor isteyen bitkiler 0,1-0,5 ppm | Az bor isteyen bitkiler <0,1 ppm |
|---|---|---|
| Elma | Tütün | Buğday |
| Yonca | Domates | Yulaf |
| Çayır üçgülü | Yeşil Salata | Çavdar |
| Kırmızı üçgül | Şeftali | Arpa |
| Ak üçgül | Kiraz | Sert Buğday |
| Ak taşı yoncası | Zeytin | Mısır |
| Kırmızı pancar | Ceviz | Soya Fasulyesi |
| Şeker Pancarı | Pamuk | Bezelye |
| Hayvan pancarı | Tatlı Patates | Yeşil Fasulye |
| Şalgam | Yer Fıstığı | Lima Fasulye |
| Lahana | Havuç | Çilek |
| Kara Lahana | Kestane | Narenciye |
| Karnabahar | Lambert Fıstığı | Ahududu |
| Kuşkonmaz | Soğan | Beyaz Patates |
| Ayçiçeği | Armut | Çayır |
| Turp | | Keten |

# 3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu bölümde, araştırmada kullanılan materyaller ile arazi ve laboratuvar çalışmalarında uygulanan yöntemler hakkında bilgiler verilmiştir.

## 3.1. Materyal

Araştırma materyalini, Antalya ilinin Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Alanı içerisindeki seralarda yetiştirilen domates bitkisinin toprak ve yaprak örnekleri oluşturmaktadır. Yetiştiricilik dönemi olarak Şubat-Mayıs dönemlerinde bahar yetiştiriciliği belirlenmiş ve Tayfun F1 domates çeşidi kullanılmıştır.

Tayfun F1 domates çeşidi; güz ve bahar döneminde yetiştirilebilen, sarı yaprak kıvırcıklığı virüsü (TYLCV), domates benekli solgunluk virüsü (TSWV), fusarium solgunluğu (For-F.radici), nematod (Ma,Mi,Mj) gibi virüs ve hastalık dayanımları çok yüksek olan, meyve kalitesi ve yüksek verim (160-170 gr) potansiyeline sahip olan ve üreticiler tarafından tercih edilen bir domates çeşididir (Anonim 2018). Kısa vejetasyon sürecine sahip olması, lezzetli bir çeşit olması ve son yıllarda pazarda yükselen bir değere sahip olması nedeniyle tercih sebebi olmuştur.

### 3.1.1. Toprak özellikleri

Araştırma toplam 10 haftalık bitki gelişim döneminde uygulamaların etkilerini gözlemlemek amacıyla planlanmış ve Çizelge 3.1'de özellikleri verilen deneme toprağında yetiştiricilik gerçekleştirilmiştir. Deneme toprağı organik madde kapsamı bakımından az humuslu, aşırı kireçli, hafif alkali reaksiyona ve killi bünyeye sahiptir.

**Çizelge 3.1.** Deneme toprağına ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

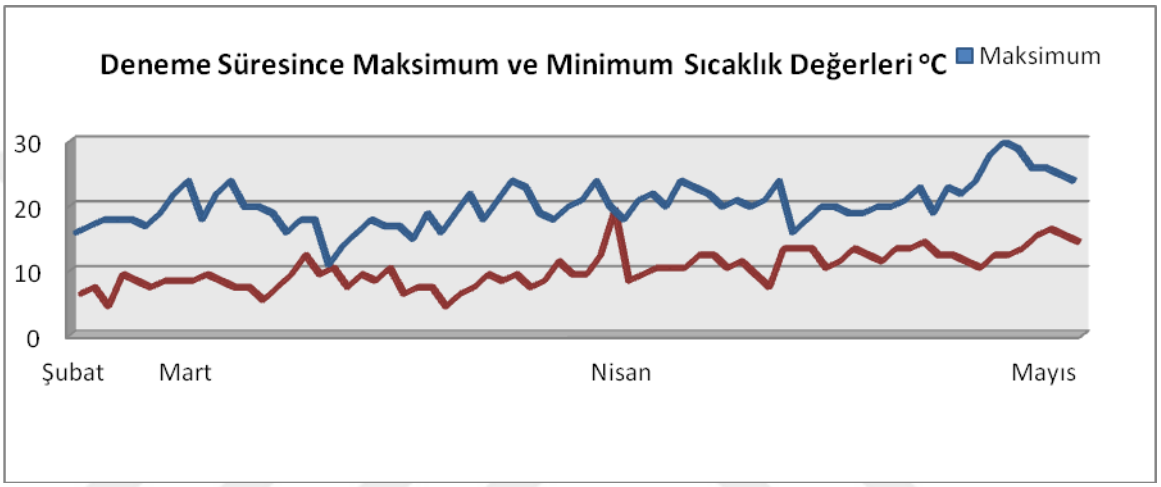
| Bünye | Organik Madde % | Kireç % | EC dS $m^{-1}$ | pH |
|---|---|---|---|---|
| % 44,16 Killi | 4,34 Az Humuslu | 30,25 Aşırı Kireçli | 0,803 | 7,46 |

| N % | P mg $kg^{-1}$ | K mg $kg^{-1}$ | Ca mg $kg^{-1}$ | Mg mg $kg^{-1}$ | Zn mg $kg^{-1}$ | Fe mg $kg^{-1}$ | Mn mg $kg^{-1}$ | Cu mg $kg^{-1}$ | B mg $kg^{-1}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,245 | 156 | 430,0 | 2581 | 441,4 | 0,284 | 3,31 | 35,2 | 0,59 | 0,001 |
| Çok iyi | Yeterli | Fazla | Yeterli | Yeterli | Az | Orta | Yeterli | Yeterli | Çok Az |

### 3.1.2. İklim özellikleri

Antalya ili iklimi, genelde yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı olarak ifade edilen Akdeniz İklimi içerisinde değerlendirilmektedir. İklimsel verilere bakıldığında sahil kesiminde tipik Akdeniz İklimi, yüksek bölgelerde tipik karasal iklim hüküm sürmektedir. Rüzgârlar genellikle kuzey ve güney yönlerinden esmektedir.

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün 2017 yılının Şubat, Mart, Nisan ve Mayıs aylarına ait gözlemlerinin yer aldığı, Antalya Merkez Meteoroloji istasyonlarında ölçülen en düşük sıcaklık, en yüksek sıcaklık değerleri Şekil 3.1'de verilmiştir.




**Şekil 3.1.** Antalya merkez 21. Şubat, Mart, Nisan, 3. Mayıs 2017 aylarına ait meteorolojik veriler (Anonim 2017 b)

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Saksı denemesi

Araştırmanın daha kontrollü bir ortamda gerçekleştirilebilmesi (gübreleme, sulama vb.) için saksı denemesi kurulmuştur. Çizelge 3.1'de özellikleri verilen deneme toprak örneği yaklaşık 6 kg hava kuru toprak alan plastik saksılara konularak içerisine çiftlik gübresi uygulanmış ve Tayfun F1 çeşidi domates fideleri dikilmiştir (Şekil 3.2). Çizelge 3.2'de verilen dozlar dikkate alınarak dikimden sonra B0 (0 mg $kg^{-1}$), B1(5 mg $kg^{-1}$), B2 (10 mg $kg^{-1}$), B3 (20 mg $kg^{-1}$) olmak üzere borik asit suda çözerek uygulanmıştır.



**Şekil 3.2.** Denemenin kurulmasından sonraki görünümü

Her bor dozuna gelecek şekilde azotlu gübreler N1 (100 $mg^{-1}$ $kg^{-1}$), N2 (200 $mg^{-1}$ $kg^{-1}$), N3 (300 $mg^{-1}$ $kg^{-1}$ ) kullanılarak ve fosforlu gübreler P1 (25 mg $kg^{-1}$), P2 (50 mg $kg^{-1}$), P3 (100 mg $kg^{-1}$) kullanılarak ayarlanmış, bütün uygulamalarda temel gübreleme AN (amonyum nitrat), MAP (monoammonyum fosfat) ve $KNO_3$ (potasyum nitrat) gübreleri kullanılmıştır.

**Çizelge 3.2.** Bor*Azot ve Bor*Fosfor Denemelerinin Uygulama Dozları

| Bor Dozu | Azot Dozu | | Bor Dozu | Fosfor Dozu |
|---|---|---|---|---|
| B0 (0 mg $kg^{-1}$) | $N_1$ (100 mg $kg^{-1}$) | | B0 (0 mg $kg^{-1}$) | $P_1$ (25 mg $kg^{-1}$) |
| | $N_2$ (200 mg $kg^{-1}$) | | | $P_2$ (50 mg $kg^{-1}$) |
| | $N_3$ (300 mg $kg^{-1}$) | | | $P_3$ (100 mg $kg^{-1}$) |
| B1(5 mg $kg^{-1}$) | $N_1$ (100 mg $kg^{-1}$) | | B1(5 mg $kg^{-1}$) | $P_1$ (25 mg $kg^{-1}$) |
| | $N_2$ (200 mg $kg^{-1}$) | | | $P_2$ (50 mg $kg^{-1}$) |
| | $N_3$ (300 mg $kg^{-1}$) | | | $P_3$ (100 mg $kg^{-1}$) |
| B2(10 mg $kg^{-1}$) | $N_1$ (100 mg $kg^{-1}$) | | B2(10 mg $kg^{-1}$) | $P_1$ ( 25 mg $kg^{-1}$) |
| | $N_2$ (200 mg $kg^{-1}$) | | | $P_2$ (50 mg $kg^{-1}$) |
| | $N_3$ (300 mg $kg^{-1}$) | | | $P_3$ (100 mg $kg^{-1}$) |
| B3(20 mg $kg^{-1}$) | $N_1$ (100 mg $kg^{-1}$) | | B3(20 mg $kg^{-1}$) | $P_1$ (25 mg $kg^{-1}$) |
| | $N_2$ (200 mg $kg^{-1}$) | | | $P_2$ (50 mg $kg^{-1}$) |
| | $N_3$ (300 mg $kg^{-1}$) | | | $P_3$ (100 mg $kg^{-1}$) |

Denemeler toplam (48 N + 48 P) olmak üzere 96 saksıda sera koşullarında faktöriyel deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Deneme 10 haftalık dönemde (21 Şubat - 3 Mayıs 2017) ilk hasattaki örnekler alındıktan sonra sonlandırılmıştır. Günlük sıcaklığa göre sulama tüm uygulamalarda eşit olarak yapılmıştır. Sulama sularına ait analiz sonuçları Çizelge 3.3'de verilmiştir.

**Çizelge 3.3.** Denemede kullanılan sulama suyunun kimyasal analizleri

| Örnek No | K mg lt | Ca mg lt | Na mg lt | Mg mg lt | B mg lt | SAR Değeri | EC dS $cm^{-1}$ | pH | Sulama Suyu Sınıfı |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 18,10 | 253,6 | 18,70 | 18,10 | 0,76 | 0,221 | 730 | 7,29 | C2S1 |
| 2 | 18,89 | 237,1 | 17,84 | 18,89 | 0,75 | 0,219 | 710 | 7,36 | C2S1 |
| 3 | 18,08 | 243,3 | 17,90 | 18,08 | 0,77 | 0,279 | 730 | 7,26 | C2S1 |
| 4 | 18,02 | 244,9 | 17,97 | 18,02 | 0,75 | 0,216 | 730 | 7,29 | C2S1 |

Sulama sularının bor içerikleri Christiansen vd.'ne (1977) göre 2. sınıfa (0,5-1,0), tuzluluk ve SAR (Sodyum Absorbsiyon Oranı) dikkate alındığında kalite olarak ise C2S1 sınıfına girmektedir.

Çalışma sırasında domates bitkilerinin gelişiminin zaman içerisindeki değişimi incelenmiştir. Deneme sonunda her bir saksıdan alınan toprak ve bitki yaprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Yetiştirme dönemi sonunda uygulamaların domates bitkisinin gelişimi ile mineral beslenmesi üzerine (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu ve B) olan etkileri incelenmiştir.



**Şekil 3.3.** Bitki gelişimi 3. Hafta



**Şekil 3.4.** Bitki gelişimi 9. Hafta




**Şekil 3.5.** Bor*Azot denemesinde toksisite belirtileri




**Şekil 3.6.** Bor*Fosfor denemesinde toksisite belirtileri

### 3.2.2. Analiz yöntemleri

#### 3.2.2.1. Toprak analiz yöntemleri

Deneme sonunda alınan toprak örnekleri hava kurusu hale getirilerek Chapman vd. (1961)'e göre 2 mm'lik elekten elenip analize hazır hale getirilmiştir.

*Kireç ($CaCO_3$):* Toprak örneklerinin $CaCO_3$ içerikleri Scheibler kalsimetresi ile ölçülerek; sonuçlar % $CaCO_3$ olarak hesaplanmıştır (Çağlar 1949). Toprakların $CaCO_3$ içerikleri Aereboe ve Falke'ye göre sınıflandırılmıştır (Evliya 1964).

*Toprak bünyesi:* Bouyoucos (1955) tarafından bildirilen esaslara göre, hidrometre yöntemiyle yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre bünye sınıflarının belirlenmesinde, toprak bünyesi sınıflandırma üçgeninden yararlanılmıştır (Black 1957).

*Toprak reaksiyonu (pH):* Analize hazırlanmış olan toprak örneklerinin pH'ları 1:2.5 toprak-su karışımında ölçülmüştür (Jakson 1967).

*Elektriksel İletkenlik:* Toprak EC değerleri 1:2.5 toprak-su karışımında belirlenmiştir (Anonymous 1982).

*Organik Madde:* Modifiye Walkley-Black metoduna göre tayin edilerek (Black 1965), Thun vd.'ne (1955) göre sınıflandırılmıştır.

*Toplam Azot:* Modifiye Kjeldahl metoduna göre tayin edilerek (Kacar 1995); sonuçlar % olarak verilmiş ve Loue (1968)'ya göre sınıflandırılmıştır.

*Alınabilir Fosfor:* Toprakların alınabilir fosfor miktarları Olsen metoduna göre belirlenerek, ICP-OES (Inductively Coupled Plasma) kullanılarak okunmuş ve sonuçlar ppm olarak verilmiştir (Olsen ve Sommers 1982).

*Değişebilir Potasyum, Kalsiyum, Magnezyum:* Toprakların ekstraksiyonunda 1 N amonyum asetat (pH=7) metodu Kacar (2009) tarafından bildirildiği şekilde uygulanmıştır. Ekstraksiyondaki potasyum, sodyum, kalsiyum ve magnezyum ICP-OES (Inductively Coupled Plasma) kullanılarak belirlenmiş ve sonuçlar ppm olarak verilmiştir. Potasyum, sodyum, kalsiyum ve magnezyum sonuçları Pizer (1967)'e göre sınıflandırılmıştır.

*Alınabilir Demir, Çinko, Bakır ve Mangan:* DTPA ekstraksiyonu yolu (Lindsay ve Norvell 1978) ile elde edilen süzükte demir, mangan, çinko ve bakır ICP-OES (Inductively Coupled Plasma) kullanılarak belirlenmiş ve sonuçlar ppm olarak verilmiştir.

*Yarayışlı Bor:* Toprakta B analizi; 5g toprak örneği üzerine 25ml 0.05M mannitol ve 0.01M $CaCl_2$ ekstrakt çözeltisi ekstakt kabına konulduktan sonra çalkalama makinasında 16 saat çalkalanır. Filtre edildikten sonra süzülerek ICP-OES cihazında 249,772 dalga boyunda ppm olarak belirlenir (Cartwright vd. 1983).

### 3.2.2.2. Bitki analiz yöntemleri

Deneme sonunda bitki örnekleri hasat edilip, delikli plastik torbalara konulmuş ve laboratuvara getirilmiştir. Bitki örnekleri laboratuvar ortamında yıkandıktan sonra kese kâğıtlarına konularak ağızları açık olacak şekilde 70$^{o}$C'de havalandırmalı kurutma dolabında sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulduktan sonra bitki öğütme değirmeninde öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir (Kacar ve İnal 2008).

*Azot (N) Analizi (%):* Kurutulup öğütülen bitki örneklerinde azot tayini modifiye Kjeldahl metoduna göre yapılmış ve % olarak ifade edilmiştir (Kacar ve İnal 2008).

*Fosfor (P) Analizi:* Kacar ve İnal'ın (2008) bildirdiği şekilde yaş yakılması metodu ile elde edilen süzükte fosfor, ICP-OES (Inductively Coupled Plasma) kullanılarak belirlenmiş ve % olarak ifade edilmiştir.

*Potasyum, Kalsiyum, Magnezyum, Demir, Çinko, Mangan, Bakır, Bor:* Yaş yakma metodu (Kacar ve İnal 2008) ile elde edilen süzükte potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir, çinko, mangan, bakır ve bor miktarları ICP-OES (Inductively Coupled Plasma) kullanılarak sonuçlar belirlenmiştir (K, Ca ve Mg için kuru maddede %; Fe, Zn, Mn, Cu ve B için kuru maddede ppm olarak verilmiştir).

### 3.2.2.3. Su analiz yöntemleri

Sulama suyu örneklerinde yapılan elektriksel iletkenlik (EC), toprak reaksiyonu (pH), kalsiyum ($Ca^{+2}$), magnezyum ($Mg^{+2}$), sodyum ($Na^{+}$) ve potasyum ($K^{+}$), bor (B) analizleri aşağıda belirtilen esaslara uygun olarak yapılmıştır.

*Elektriksel İletkenlik (EC):* Ayyıldız (1976) tarafından belirtilen esaslara göre su örneğinin elektriksel iletkenliği doğrudan elektriksel iletkenlik aleti ile bulunmuştur. ABD Riverside Tuzluluk Laboratuvarı (Anonymous 1954) sınıflandırma sistemine göre sınıflandırılmıştır.

*pH:* Ayyıldız (1976) tarafından belirtilen esaslara göre, cam elektrotlu pH metre ile doğrudan su örneğinde ölçülmüştür.

*Kalsiyum ($Ca^{+2}$) , Magnezyum ($Mg^{+2}$), Sodyum ($Na^{+}$) ve Potasyum ($K^{+}$):* Fresenius vd. (1988) tarafından belirtilen esaslara uygun olarak atomik absorbsiyon spektrofotometresiyle ölçülmüştür.

*Bor (B):* Fresenius vd. (1988) tarafından belirtilen esaslara uygun olarak azomethin-H eriyiği kullanarak kolorimetrik yöntemle belirlenmiştir.

*Sodyum Absorbsiyon Oranı (SAR):* Ayyıldız (1976) tarafından belirtilen esaslara uygun olarak değişebilir sodyum, magnezyum ve kalsiyum analizlerinden yararlanarak aşağıdaki formülden hesaplanmıştır.

$$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{+2} + Mg^{+2}}{2}}}$$

### 3.2.2.4. İstatistiksel analizler

Araştırma sonuçları SAS ile paket programları kullanılarak varyans ve tekrarlı ölçüm analizi ile birlikte %5 önem seviyesinde Duncan çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuştur.

# 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

## 4.1. Bor ve Azot Uygulamaları

### 4.1.1. B*N Uygulamalarının yaprak örneklerinin bitki besin elementleri üzerine etkileri

#### 4.1.1.1.Yaprak örneklerinin B içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve N dozlarının yaprakların B konsantrasyonu üzerine etkileri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Artan B dozlarının yaprakların B konsantrasyonları üzerine olan etkileri istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde ($p<0.001$) önemli bulunmuştur. Artan düzeylerde yapılan N dozlarının ve artan B ve N dozları arasındaki interaksiyonun (BxN) yaprakların B konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1'de görüldüğü üzere artan B dozlarının yaprakların B konsantrasyonu üzerine etkileri bakımından 20 mg $kg^{-1}$'lık B dozunda en yüksek B konsantrasyonu elde edilirken en düşük B konsantrasyonu 0 mg $kg^{-1}$'lık B dozundan elde edilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Artan B ve N dozlarının yaprakların bor (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Azot Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 100 | 200 | 300 | Ortalama |
| 0 | 9,59 | 14,78 | 6,53 | 10,30D |
| 5 | 201,38 | 176,50 | 194,00 | 190,62C |
| 10 | 423,30 | 452,04 | 401,68 | 425,67B |
| 20 | 907,83 | 1053,13 | 988,93 | 983,29A |
| Ortalama | 385,53 | 424,11 | 397,79 | |
| Bor (B) | 84,86*** | | | |
| Azot (N) | 0,25öd | | | |
| B*N interaksiyon | 0,24öd | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
*** $p<0.001$ öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Yaprak örneklerinin analiz sonuçları Jones vd. (1991) tarafından verilen sınır değerleri 23-75 ppm dikkate alındığında domates yapraklarının % 25'inin az, % 75'inin fazla düzeyde bor konsantrasyonuna sahip olduğu belirlenmiştir. Bitki organlarında hareketi sınırlı olan bor genelde immobil olarak değerlendirilmektedir. Michael vd. (1969), tarafından tütün bitkisinde yapılan araştırmalar borun yukarıya doğru ksilem iletim borularında taşındığını göstermiştir. Transpirasyona bağlı olarak yukarı doğru taşınan bor bitkinin yapraklarında birikir. Yapraklarda biriken bor sırasıyla en çok yaprak ucunda, yaprak aya ortasında ve yaprak sapında birikmektedir (Oertli ve Roth

1969). Bitkilerde immobil olmasından dolayı bor yaşlı yapraklarda genç yapraklara oranla daha fazladır. Denememizde de artan bor dozlarında yaşlı yapraklarda toksisite belirtileri daha çabuk görülmüştür. Yaprak uçları sararmış ve nekrozlar oluşmuştur. Yapraklar yanık görünüp kuruyup dökülmüşlerdir. Gupta vd. (1973) buğday bitkisiyle yaptıkları denemelerde, deneme bitkilerinin bor kapsamlarının uygulanan bora bağlı olarak arttığını belirlemişlerdir. Pamuk bitkisinde yapılan bir çalışmada B uygulamalarının yaprakların bor içeriğini arttırdığını belirtmişlerdir (Rashidi ve Gholami 2011). B ve N etkilerini görmek üzere kırmızı böğürtlen bitkisinde yapılan araştırmada bor uygulamaları yaprak bor içeriğini arttırmıştır (Chaplin ve Martin 1980). Asad vd. (2002), besin ortamında yetiştirdikleri ayçiçeği bitkisine artan dozlarda uygulanan borun bitkinin bor kapsamını arttırdıklarını tespit etmişlerdir. Antalya bölgesinde borlu gübrelemenin karanfil bitkisinde kaliks çatlamasına borun etkisinin araştırıldığı çalışmada; topraktan uygulanan değişik dozlarda bor gübrelemesi sonucu yapraklardaki bor miktarında artış bildirilmiştir (Özkan vd. 1998). Gökmen (2005), ayçiçeği bitkisi ile yaptıkları araştırmada artan dozlarda uygulanan borun bitkinin bor kapsamı üzerine artırıcı etkisi olduğunu, ancak artış derecesinin toprak özellikleri ile birbirinden farklılık göstereceğini bildirmektedir. Goldberg vd. (2003), kavunda, Alpaslan ve Güneş (2001), hıyar ve domates bitkisinde, Güneş vd. (2000), mısırda ve Francios (1991), soğan ve sarımsakta, borun yüksek miktarlarda uygulanmasına bağlı olarak bitkide yüksek oranda bor birikimi meydana geldiğini belirtmişlerdir.

### 4.1.1.2.Yaprak örneklerinin N içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve N dozlarının yaprakların N konsantrasyonu üzerine etkileri Çizelge 4.2'de verilmiştir. Artan B ve N dozlarının yaprakların N konsantrasyonu üzerine olan etkileri istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde ($p<0.001$) önemli bulunmuştur. Ayrıca yaprakların N konsantrasyonu üzerine artan B ve N dozları arasındaki interaksiyonun (BxN) ise istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

**Çizelge 4.2.** Artan B ve N dozlarının yaprakların azot (%) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg kg$^{-1}$) | Azot Dozları (mg kg$^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 100 | 200 | 300 | Ortalama |
| 0 | 2,56 | 3,04 | 3,17 | 2,92B |
| 5 | 2,30 | 2,94 | 3,28 | 2,84B |
| 10 | 2,32 | 2,93 | 3,22 | 2,83B |
| 20 | 2,95 | 3,29 | 3,61 | 3,28A |
| Ortalama | 2,53(C) | 3,05(B) | 3,32(A) | - |
| Bor (B) | 13,25*** | | | |
| Azot (N) | 60,97*** | | | |
| B*N interaksiyon | 0,96öd | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
*** $p<0.001$ öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.2'de görüldüğü üzere artan B dozlarının yaprakların N konsantrasyonu üzerine etkileri bakımından 20 mg $kg^{-1}$'lık B dozunda en yüksek N konsantrasyonu elde edilmiştir. 300 mg $kg^{-1}$'lık N dozunda en yüksek N konsantrasyonu elde edilirken en düşük N konsantrasyonu 100 mg $kg^{-1}$'lık N dozunda elde edilmiştir. Yaprakların N konsantrasyonu üzerine artan B ve N dozları arasındaki interaksiyonun (BxN) istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Yaprak örneklerinin analiz sonuçları Campbell (2000) tarafından yeterli olarak belirlenen % 3.5-5.0 sınır değerleri ile karşılaştırıldığında, domates yapraklarının azot konsantrasyonu % 91.66'sında noksan ve % 8.3'ünde yeterli düzeydedir.

Gupta vd. (1973), yaptıkları çalışmalarda artan N ve B uygulamalarının yaprak N konsantrasyonunu arttırdığını belirtmişlerdir. Salinas vd. (1985), artan N ve B uygulamaları ile bezelye yapraklarının N konsantrasyonunun arttığını belirtmişlerdir. Kowalenko (1981), azot ve borun birlikte etkilerinin, böğürtlen bitkisi yaprağı üzerine etkilerini araştırdıkları denemede; N (0, 67, 134 ve 268 kg $ha^{-1}$) ve B (1 kg $ha^{-1}$) uygulamışlar, toprağa N ve B uygulamalarının yaprakların N içeriğini arttırdığını gözlemlemişlerdir.

Artan B dozlarının yaprakların N konsantrasyonu üzerine etkileri bakımından 20 mg $kg^{-1}$'lık B dozunda en yüksek N konsantrasyonu elde edilmiştir. Yapılan diğer çalışmalarda da benzer sonuçlar bulunmuştur. Nohut, buğday ve mercimekte yapılan bir denemede bor uygulamasının azot içeriğini artırdığı, yer fıstığında 2 ppm bor ilavesinin azot alınımını kayda değer ölçüde yükselttiğini, bu durumun aynı zamanda nodül miktarını % 37'ye kadar arttırdığını ve borun nodül oluşumu üzerine olumlu etkisi bulunduğunu belirlemişlerdir (Yadav ve Manchanda, 1979; Singh ve Singh, 1983; Patel ve Golakia, 1986). Toprağa toksik düzeyde B uygulaması ile bitkilerin N alımında artışların olduğu bildirilmiştir (Hussain vd. 2001; İnal ve Tarakçıoğlu, 2001). Bizim çalışmamızda toprağa artan seviyelerdeki bor uygulamaları yaprakta bor artışına neden olmuştur. Fakat Marschner (1995), bor toksisitesinin bitkide azot metabolizmasını olumsuz etkilediğini belirtmiştir. Güneri (2004), biber bitkisine artan dozlarda uygulanan jips ve bor uygulamalarının biberin % N kapsamına istatistiksel olarak değişiklik meydana getirmediğini açıklamışlardır.

Artan N dozları yaprakların N konsantrasyonunu arttırmış olup en yüksek N değerleri 300 mg $kg^{-1}$'lık N dozundan elde edilmiştir. Rashidi ve Gholami (2011), yaptıkları çalışmada azot uygulamalarının pamuk bitkisinde yaprak N miktarını arttırdığını saptamışlardır. Chaplin ve Martin (1980), bor ve azotun etkilerini görmek üzere kırmızı böğürtlen bitkisinde yaptıkları çalışmada; azot uygulamalarının yapraktaki azot miktarını arttırdığını ve aynı zamanda yaprak Mn seviyesini de yükselttiğini gözlemlemişlerdir. Keatinge ve Chapanian (1991), Panciera ve Sparrow (1994), azotlu gübrelemenin fiğ bitkisinde azot içeriğini arttırdığını bildirmişlerdir. Koohkan ve Maftoun (2015), çalışmalarında azot ve bor toksisitesinin pirinç üzerindeki etkilerinin 300 mg $kg^{-1}$ N uygulamasında azot ve fosfor konsantrasyonlarını arttırdığını belirtmişlerdir.

Şahin vd. (2011), Tokat Kazova yöresi sırık domates yetiştiriciliğinde fertigasyon tekniği ile uygun azot dozu ve bitki su tüketiminin belirlenmesi üzerine yaptıkları çalışmada; uygulanan azot miktarları arttıkça yaprak N kapsamlarının da

arttığını bildirmiştir. Pire ve Colmenarez (1996), azot uygulamasının biber bitkisinin azot alımını belirli bir düzeye kadar arttırdığını bildirmişlerdir. Artan oranlarda verilen azotlu gübrenin bitkide azot kapsamını arttırdığı bildirilmiştir (Çimrin vd. 2000; Bozkurt vd. 2000). Toprağa yapılan azot uygulamalarının bitki azot içeriğini arttırdığı bildirilmiştir (Gabal 1979; Pandev 1993; Wiedenfeld vd. 1995; Pire ve Colmenarez 1996; Gomez vd. 1996; Walid vd. 1999; Bozkurt vd. 2000). Demirkıran ve Sağlam (2011), azotlu ve fosforlu gübrelerin Kahramanmaraş koşullarında yetişen kırmızıbiberin (capsicum annuum) azot ve fosfor alımı üzerine etkilerini araştırdıklarında yapraktaki azot içeriğini en çok azotlu gübrelerin arttırdığını belirtmişlerdir.

### 4.1.1.3.Yaprak örneklerinin P içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve N dozlarının yaprakların P konsantrasyonu üzerine etkileri Çizelge 4.3'de verilmiştir. Artan B dozlarının yaprakların P konsantrasyonu üzerine olan etkileri istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde ($p<0.001$) önemli bulunmuştur. Ayrıca artan düzeylerde yapılan N dozlarının yaprakların P konsantrasyonu üzerine etkisi ve artan B ve N dozları arasındaki interaksiyon (BxN) istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.3).

**Çizelge 4.3.** Artan B ve N dozlarının yaprakların fosfor (%) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg kg$^{-1}$) | Azot Dozları (mg kg$^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 100 | 200 | 300 | Ortalama |
| 0 | 0,081 | 0,105 | 0,099 | 0,095C |
| 5 | 0,090 | 0,092 | 0,125 | 0,102CB |
| 10 | 0,103 | 0,121 | 0,121 | 0,115B |
| 20 | 0,180 | 0,183 | 0,179 | 0,181A |
| Ortalama | 0,114 | 0,125 | 0,131 | - |
| Bor (B) | 38,94*** | | | |
| Azot (N) | 2,61öd | | | |
| B*N interaksiyon | 0,98öd | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
*** $p<0.001$ öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.3'de görüldüğü üzere artan B dozlarının yaprakların P konsantrasyonu üzerine etkileri bakımından 20 mg kg$^{-1}$'lık B dozunda en yüksek P konsantrasyonu elde edilirken en düşük değer 0 mg kg$^{-1}$'lık B dozunda elde edilmiştir. B uygulanmamış topraktan elde edilen domates yaprağında P miktarı % 0,0950 iken, 20 mg kg$^{-1}$'lık B dozunda % 0,181 değerine yükselmiştir. Yapraktaki P konsantrasyonu B uygulamaları ile artmaktadır.

Araştırmadan elde edilen yaprak örnekleri analiz sonuçları, Campbell (2000) tarafından verilen yeterli olarak belirlenen % 0.3-0.65 sınır değerlerine göre domates yapraklarının tamamında fosfor konsantrasyonu noksan olarak belirlenen % 0.3'den düşük düzeydedir.

Singh ve Singh (1990) ve Patel ve Golakia (1986), bor ve fosfor arasındaki sinerjik bir ilişkinin var olduğunu göstermişlerdir. Özen (2006), 5 farklı arpa çeşidine farklı dozlarda (0, 1.5, 3.0, 4.5 ve 6.0 ppm B) bor uygulamasında, çeşitlerin değişik düzeylerde uygulanan bora verdikleri tepkilerin farklı olduğunu bildirmiştir. Chhipa vd. (1993) ve Hussain vd. (2001), ise uygulanan bor (B) düzeyleri ile birlikte bitkinin fosfor alımının arttığını bildirmişlerdir. Çıkılı vd. (2013), potasyumun bor toksisitesini engellemede hıyar bitkisinde yaptıkları çalışmada artan B uygulamalarının sürgünde P akümülasyonunu arttırdığını belirtmişlerdir.

Artan düzeylerde yapılan N dozlarının yaprakların P konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Özkan ve Eryüce (2011), Antalya bölgesi örtü altı domates yetiştiriciliğinde toprak özellikleri ve bitkinin beslenme durumu arasındaki ilişkileri üzerine yürüttükleri çalışmada toprak N'si ile bitki P'si arasında pozitif ilişki belirlemişlerdir. Kaplan vd. (1995), domates seralarında yürüttükleri çalışmada topraktaki N ile bitkinin P kapsamı arasında sinerjik bir ilişkinin olduğunu belirtmişlerdir. Koohkan ve Maftoun (2015), çalışmalarında azot ve bor toksisitesinin pirinç üzerindeki etkilerinin 300 mg $kg^{-1}$ N uygulamasında azot ve fosfor konsantrasyonlarını arttırdığını belirtmişlerdir. Egorov ve Egorova (1993), azot uygulamasının tahıllarla karışık ekilen fiğin, azot, fosfor ve potasyum içeriğini arttırdığını saptamışlardır.

#### 4.1.1.4.Yaprak örneklerinin K içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve N dozlarının yaprakların K konsantrasyonu üzerine etkileri Çizelge 4.4'de verilmiştir. Artan B dozlarının yaprakların K konsantrasyonu üzerine olan etkileri istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde ($p<0.001$) önemli bulunmuştur. Artan düzeylerde yapılan N dozlarının yaprakların K konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Ayrıca artan B ve N dozları arasındaki interaksiyon (BxN) istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde ($p<0.001$) önemli bulunmuştur (Çizelge 4.4).

Araştırmadan elde edilen yaprak örnekleri analiz sonuçları, Campbell (2000) tarafından verilen yeterli olarak belirlenen % 3.5-4.5 sınır değerlerine göre domates yapraklarının tamamında potasyum konsantrasyonu noksan olarak belirlenen % 3.5'den düşük düzeydedir.

**Çizelge 4.4.** Artan B ve N dozlarının yaprakların potasyum (%) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg kg$^{-1}$) | Azot Dozları (mg kg$^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 100 | 200 | 300 | Ortalama |
| 0 | 1,07bc | 1,35ba | 1,19bc | 1,20B |
| 5 | 1,33ba | 0,87dc | 0,48e | 0,89C |
| 10 | 0,42e | 0,66de | 1,13bc | 0,73C |
| 20 | 1,58a | 1,67a | 1,60a | 1,62A |
| Ortalama | 1,05 | 1,14 | 1,10 | - |
| Bor (B) | 29,93*** | | | |
| Azot (N) | 0,14öd | | | |
| B*N interaksiyon | 7,22*** | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
*** p<0.001 öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.4'de görüldüğü gibi artan B dozları ile artan N dozlarının yaprakların K konsantrasyonu üzerine olan etkileri birlikte değerlendirildiğinde en yüksek yaprak K konsantrasyonu % 1,67 ile 20 mg kg$^{-1}$'lık B dozu ile 200 mg kg$^{-1}$'lık N uygulamasından elde edilmiş, en düşük değer ise % 0,42 ile 10 mg kg$^{-1}$'lık B ile 100 mg kg$^{-1}$'lık N uygulamasından belirlenmiştir. Artan B dozlarının yaprakların K konsantrasyonu üzerine etkileri incelendiğinde 20 mg kg$^{-1}$'lık B dozunda en yüksek K konsantrasyonu elde edilirken en düşük K konsantrasyonu 5 mg kg$^{-1}$ ve 10 mg kg$^{-1}$'lık B dozlarından elde edilmiştir.

Kacar ve Katkat (2008), K uygulaması ile bor fazlalığı veya noksanlığı belirtilerinin ortaya çıkmasının K hücre geçirgenliğinin artmasıyla açıklanabileceğini bildirmişlerdir. Koohkan ve Maftoun (2015), yaptıkları bir çalışmada azot ve bor toksisitesinin pirinç bitkisi üzerine etkilerini araştırmışlar ve tüm uygulanan azot seviyelerinde ve borun yüksek dozlarında K konsantrasyonunun arttığını bildirmişlerdir. Bu artışın iki element arasındaki sinerjik etkiden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sinerjik etkiden diğer araştırıcılar da bahsetmişlerdir (Singh ve Singh 1983; Yadav ve Manchanda 1979). Şahin (2012), bor gübrelemesinin silajlık mısır bitkisinde N, P, K ve B içeriklerine olan etkisini araştırdıkları denemede bor gübrelemesiyle bitkinin P, K ve B içeriğinin artmakta olduğunu belirtmişlerdir. Singh ve Singh (1983), benzer şekilde sera koşullarında allüviyal kumlu tınlı bir toprakta yaptıkları çalışmada bor uygulamasının mercimek filizlerinde K konsantrasyonunu % 3.90'dan % 5.50'ye kadar yükselttiğini belirlemişler ve B ile K arasında sinerjik bir ilişkinin olduğunu ifade etmişlerdir. Domates ve hıyar bitkilerinde bor ve tuzluluk stresinin interaktif etkisinin araştırıldığı çalışmada domatesin K kapsamına tuzluluk ve bor uygulamalarının etkisi olmadığı bildirilmiştir (Alparslan ve Güneş 2001). Ismail (2003), yüksek dozlarda uygulanan borun mısır ve sorgum bitkilerinde B ve K içeriklerini yükselttiğini bildirmişlerdir.

### 4.1.1.5.Yaprak örneklerinin Ca içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve N dozlarının yaprakların Ca konsantrasyonu üzerine etkileri Çizelge 4.5'de verilmiştir. Artan B dozlarının yaprakların Ca konsantrasyonu üzerine olan etkileri istatistiksel olarak % 5 düzeyinde ($p<0.5$) önemli bulunmuş olup, artan düzeylerde yapılan N dozlarının ve artan B ve N dozları arasındaki interaksiyonun (BxN) yaprakların Ca konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5'de görüldüğü üzere artan B dozlarının yaprakların Ca konsantrasyonu üzerine etkileri bakımından incelendiğinde artan B dozlarına bağlı olarak yaprakların Ca konsantrasyonun genel olarak arttığı belirlenmiştir.

**Çizelge 4.5.** Artan B ve N dozlarının yaprakların kalsiyum (%) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg kg$^{-1}$) | Azot Dozları (mg kg$^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 100 | 200 | 300 | Ortalama |
| 0 | 6,24 | 7,76 | 7,00 | 7,00B |
| 5 | 6,78 | 7,93 | 7,99 | 7,56BA |
| 10 | 7,32 | 8,15 | 9,21 | 8,23A |
| 20 | 9,24 | 8,06 | 7,80 | 8,37A |
| Ortalama | 7,40 | 7,98 | 8,00 | - |
| Bor (B) | 4,09* | | | |
| Azot (N) | 1,6öd | | | |
| B*N interaksiyon | 2,35öd | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
* $p<0.5$ öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Yaprak örneklerinin analiz sonuçları Campbell (2000) tarafından verilen yeterli olarak belirlenen % 1.0–3.0 sınır değerleri ile karşılaştırıldığında domates yapraklarının tamamının kalsiyum konsantrasyonu yüksek olarak belirlenen % 3.0'den yüksektir.

Kök gelişimi üzerine bor olumlu etki etmektedir. Özellikle hücre zarı geçirgenliği borun Ca alınımını olumlu etkilemektedir. Souza vd. (1997), serada yetiştirdikleri ayçiçeği bitkisine farklı dozlarda bor ve kireç uygulamışlar ve sonuçta bitkilerin Ca kapsamının arttığını gözlemlemişlerdir. Ganmore-Neumann vd. (1993) ve Kobayashi vd. (1999), gibi bazı araştırmacılar da borun kalsiyum akümülasyonu ve translokasyonu üzerine olumlu etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. İki element arasındaki sinerjik etkinin hücre duvarı stabilizasyonu üzerine olumlu etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bor ve kalsiyumun sinergik etkileri Bowen (1981), Yamauchi vd. (1986) ve Bonilla vd. (1995), çalışmalarında da gösterilmiştir. Mozafar (1989), ise B ve Ca arasında köklerde antagonistik fakat yapraklarda sinerjistik bir etkinin olduğunu belirtmiştir.

Bazı araştırıcılar ise B ve Ca arasındaki ilişkinin antagonistik olduğunu belirtmişlerdir (Fox, 1968; Chauhan ve Power, 1978). Tütün bitkisinde yapılan bir çalışmada, bor toksitesinin olduğu alanlarda yetiştirilen bitkiye yapılan kalsiyum ilavesi bitkinin Ca miktarını artırmış ve bitki üzerindeki bor toksisitesinin etkisini azaltmıştır. Taban vd. (1995), yaptıkları araştırmada; buğday bitkisinde bor alımının gelişme ortamında bulunan Ca miktarına bağlı olarak bor toksisitesini % 20'nin üzerinde azaltığını bildirmişlerdir. Özkan ve Eryüce (2011), Antalya bölgesi örtü altı domates yetiştiriciliğinde toprak özellikleri ve bitkinin beslenme durumu arasındaki ilişkileri üzerine yürüttükleri çalışmada; toprak örneklerinin N düzeyi arttıkça yaprak örneklerinin Ca içeriklerinin azalmasının, Ca ve $NH^{4+}$ arasında var olan antagonistik ilişkiden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Aynı sonucu Jones vd. (1991)' de bildirmiştir.

### 4.1.1.6.Yaprak örneklerinin Mg içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve N dozlarının yaprakların Mg konsantrasyonu üzerine etkileri Çizelge 4.6'de verilmiştir. Artan B dozlarının yaprakların Mg konsantrasyonu üzerine olan etkileri istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde ($p<0.001$) önemli bulunmuştur. Artan düzeylerde yapılan N dozlarının ve artan B ve N dozları arasındaki interaksiyon (BxN) yaprakların Mg konsantrasyonu üzerine etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.6).

**Çizelge 4.6.** Artan B ve N dozlarının yaprakların magnezyum (%) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Azot Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 100 | 200 | 300 | Ortalama |
| 0 | 0,70 | 0,88 | 0,82 | 0,80C |
| 5 | 0,89 | 1,02 | 1,00 | 0,97B |
| 10 | 0,99 | 1,10 | 1,23 | 1,11A |
| 20 | 1,35 | 1,22 | 1,12 | 1,23A |
| Ortalama | 0,98 | 1,06 | 1,04 | - |
| Bor (B) | 16,78*** | | | |
| Azot (N) | 0,95öd | | | |
| B*N interaksiyon | 1,98öd | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
*** $p<0.001$ öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.6'da görüldüğü üzere artan B dozlarının yaprakların Mg konsantrasyonu üzerine etkileri incelendiğinde, 10 mg $kg^{-1}$ ve 20 mg $kg^{-1}$ B dozlarında en yüksek ve 0 mg $kg^{-1}$ B dozunda ise en düşük Mg konsantrasyonu elde edilmiştir.

Araştırmadan elde edilen yaprak örneklerinin analiz sonuçları Campbell (2000) tarafından verilen yeterli olarak belirlenen % 0.35–1.0 sınır değerlerine göre domates yapraklarında magnezyum konsantrasyonu % 50'sininde yeterli ve % 50'sinde yüksek düzeydedir.

Wolf (1940) ve Taban (1995), bitkilerin bor alımı üzerine Mg elementinin Ca, Na ve K elementlerine göre daha fazla etki yaptığını bildirmişlerdir. Güneri (2004), biber bitkisine artan dozlarda uygulanan jips ve bor uygulamalarının biberin Mg kapsamlarını artırıcı yönde etki yaptığını belirtmiştir. M9 Anaçlı Granny Smith Elma çeşidinde farklı azot seviyelerinin verim, kalite ve bazı makro ve mikro besin elementlerinin alımına etkilerinin araştırıldığı çalışmada; artan azot dozlarının yaprakların Mg, Ca, ve Fe içeriğini arttırdığı bildirilmiştir (Akgül ve Uçgun 2008). Bazı araştırmacılar B ve Mg arasında antagonist ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Singh (1988), börülce bitkisi üzerinde yaptığı sera çalışmasında bor seviyesini 1 ppm'den 16 ppm'e arttırdığında, bitkinin Mg içeriğinin % 0.37'den % 0.30'a ve Mg alımının da 9.1 mg/saksıdan 4.5 mg/saksıya düştüğünü belirlemiştir. Singh ve Singh (1983) kumlu-tın tekstüre sahip allüviyal bir toprakta mercimek üzerinde yaptıkları çalışmada bor seviyesinin 0 ppm'den 8 ppm'e çıktığında mercimek filizlerinde Mg konsantrasyonunun % 0.19'dan % 0.10'a azaldığını saptamışlardır.

### 4.1.1.7.Yaprak örneklerinin Fe içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve N dozlarının yaprakların Fe konsantrasyonu üzerine etkileri Çizelge 4.7'de verilmiştir. Artan B dozlarının yaprakların Fe konsantrasyonu üzerine olan etkileri istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde ($p<0.001$) önemli bulunurken, artan düzeylerde yapılan N dozlarının yaprakların Fe konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde ($p<0.5$) önemli bulunmuştur. Ayrıca yaprakların Fe konsantrasyonu üzerine artan B ve N dozları arasındaki interaksiyonun (BxN) ise istatistiksel olarak % 5 ($p<0.5$) düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.7).

Araştırmadan elde edilen yaprak örnekleri analiz sonuçları, Campbell (2000) tarafından verilen ve yeterli olarak belirlenen 50–300 ppm sınır değerlerine göre, yaprakların tamamında demir konsantrasyonu yeterlidir.

Çizelge 4.7'de görüldüğü üzere artan B dozları ile artan N dozlarının yaprakların Fe konsantrasyonu üzerine olan etkileri birlikte değerlendirildiğinde en yüksek yaprak Fe konsantrasyonu 157,03 mg $kg^{-1}$ ile 20 mg $kg^{-1}$'lık B dozu ile 100 mg $kg^{-1}$'lık N uygulamasından elde edilmiş, en düşük değer ise 55,92 mg $kg^{-1}$ ile 0 mg $kg^{-1}$'lık B ile 200 mg $kg^{-1}$'lık N uygulamasında belirlenmiştir. Ayrıca artan B dozlarının yaprakların Fe konsantrasyonu üzerine etkileri incelendiğinde 20 mg $kg^{-1}$'lık B dozunda en yüksek Fe konsantrasyonu elde edilirken en düşük konsantrasyon 0 mg $kg^{-1}$'lık B dozunda elde edilmiştir. Artan N dozlarının yaprakların Fe konsantrasyonu üzerine olan etkilerinde ise en yüksek yaprak Fe konsantrasyonu 300 mg $kg^{-1}$'lık N uygulamasından, en düşük

yaprak Fe konsantrasyonu ise 100 ve 200 mg $kg^{-1}$'lık N uygulamalarından elde edilmiştir.

**Çizelge 4.7.** Artan B ve N dozlarının yaprakların demir (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Azot Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 100 | 200 | 300 | Ortalama |
| 0 | 56,42d | 55,92d | 135,00bac | 82,45C |
| 5 | 92,76bcd | 130,76bac | 115,64bac | 113,05B |
| 10 | 87,89dc | 107,81bac | 139,93ba | 111,87B |
| 20 | 157,03a | 131,15bac | 131,19bac | 139,79A |
| Ortalama | 98,52(B) | 106,41(B) | 130,44(A) | - |
| Bor (B) | 6,95*** | | | |
| Azot (N) | 4,67* | | | |
| B*N interaksiyon | 3,16* | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
* p<0.5 *** p<0.001 öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Lopez-Lefebre (2002), tütün bitkisine bor uygulamalarının artan dozlarının bitki mineral içeriğine etkilerinin araştırıldığı çalışmada; artan bor uygulamalarının kök ve yapraklarda Fe, Mn, N, P ve K artışlarına neden olduğunu bildirmişlerdir. Toktok (2006), bor uygulanmış toprakta Fe içeriğinin 46.6 mg/kg'dan 48.5 mg/kg'e yükseldiğini belirtmiştir. Turan vd. (2010), Akdeniz aridisollerinde bor gübrelemesinin yonca bitkisinde verim ve kalite üzerine yaptıkları araştırmada; P ve Fe içeriklerinin artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Kumlu-tın tekstüre sahip allüviyal toprakta yürütülen sera denemesinde bor seviyesini arttırmak börülcede Fe konsantrasyonunu 142.5 ppm'den 245 ppm'e yükseltmiş, bununla birlikte bitkinin toplam Fe alımı bor seviyesini artırmakta herhangi bir tutarlı değişim göstermemiştir (Singh 1988).

### 4.1.1.8.Yaprak örneklerinin Zn içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve N dozlarının yaprakların Zn konsantrasyonu üzerine etkileri Çizelge 4.8'de verilmiştir. Artan B ve N dozlarının yaprakların Zn konsantrasyonu üzerine olan etkileri istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde ($p<0.001$) önemli bulunmuştur. Ayrıca yaprakların Zn konsantrasyonu üzerine artan B ve N dozları arasındaki interaksiyonun (BxN) da istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde ($p<0.001$) düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8'de görüldüğü üzere artan B dozları ile artan N dozlarının yaprakların Zn konsantrasyonu üzerine olan etkileri birlikte değerlendirildiğinde; en yüksek yaprak Zn konsantrasyonu 27,69 mg $kg^{-1}$ ile 20 mg $kg^{-1}$'lık B dozu ile 100 mg $kg^{-1}$'lık N uygulamasından elde edilmiş, en düşük değer ise 5,01 mg $kg^{-1}$ ile 0 mg $kg^{1}$'lık B ile 100 mg $kg^{-1}$'lık N uygulamasında belirlenmiştir. Ayrıca artan B dozlarının yaprakların Zn

konsantrasyonu üzerine etkileri incelendiğinde 20 mg $kg^{-1}$'lık B dozunda en yüksek Zn konsantrasyonu elde edilirken en düşük Zn konsantrasyonu 0 mg $kg^{-1}$'lık B dozunda elde edilmiştir. Artan N dozlarının yaprakların Zn konsantrasyonuna olan etkilerinde ise en yüksek yaprak Zn konsantrasyonu 300 mg $kg^{-1}$'lık N uygulamasından, en düşük yaprak Zn konsantrasyonu ise 100 mg $kg^{-1}$ ve 200 mg $kg^{-1}$'lık N uygulamalarından elde edilmiştir. Artan düzeylerde yapılan B ve N uygulamaları yaprakların Zn konsantrasyonunun genel olarak artışına neden olmuştur.

**Çizelge 4.8.** Artan B ve N dozlarının yaprakların çinko (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Azot Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 100 | 200 | 300 | Ortalama |
| 0 | 5,01d | 5,06d | 16,82c | 8,96C |
| 5 | 17,67c | 18,27c | 20,73bc | 18,89B |
| 10 | 17,64c | 20,65bc | 23,45ba | 20,58B |
| 20 | 27,69a | 27,12a | 26,44a | 27,08A |
| Ortalama | 17,00(B) | 17,77(B) | 21,85(A) | - |
| Bor (B) | 61,97*** | | | |
| Azot (N) | 10,01*** | | | |
| B*N interaksiyon | 3,74*** | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
*** $p<0.001$
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Araştırmadan elde edilen yaprak örneklerinin analiz sonuçları, Campbell (2000) tarafından verilen yeterli olarak belirlenen 18-80 ppm sınır değerlerine göre domates yapraklarının çinko konsantrasyonu % 41.6'sında noksan, % 58.33'ünde yeterli düzeydedir.

Koohkan ve Maftoun (2015), azot ve bor toksisitesinin pirinç üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmada bor uygulamalarının B, K, P ve Zn konsantrasyonunu arttırdığını rapor etmişlerdir. Sinha vd. (2000), hardal bitkisinde borun artan uygulamalarının bitkinin Zn içeriğini arttırdığını bildirmişlerdir. Tariq ve Mott (2006), bor uygulamalarının turp bitkisinin mineral elementleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada; 0, 0.25, 0.50, 1.0, 2.0, 3.0 ve 5.0 mg B $L^{-1}$ dozlarında bor uygulamışlar ve artan dozlarda yaprakların B, Zn and Cu konsantrasyonlarının artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Çakmak vd. (1996), Orta Anadolu Bölgesinde yaptıkları çalışmada Zn ve B arasındaki antagonistik etkileşim nedeniyle bor içeriği yüksek olan topraklarda yetiştirilen farklı buğday çeşitlerinde çinko noksanlığının arttığını bildirmişlerdir. Esringü vd. (2011), kalkerli topraklarda yetişen buğday için en ekonomik optimum bor gübreleme dozlarını bulmak için yaptıkları çalışmada; 1, 3, 6, and 9 kg $ha^{-1}$ B dozlarını

uygulamış ve artan bor uygulamalarının dokuda azot, fosfor, potasyum, çinko, demir, bakır ve mangan oranlarının arttığı sonucuna varmışlardır. Seferoğlu vd. (2011), azotlu ve potasyumlu gübrelerin antepfıstığı yapraklarının mikro besin maddesi içerikleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada yaprak örneklerinde Fe, Mn ve Zn içeriklerinde önemli artışlar elde edildiğini bildirmişlerdir. Jones vd. (1991), toprağa uygulanan N miktarı arttıkça yapraktaki Zn miktarının artma eğilimi gösterdiğini bildirmişlerdir. Dangarwala (2001), pirinç bitkisinde bor uygulamalarının diğer mikro elementler üzerine etkisini araştırdığı çalışmada; toprağa uygulanan bora bağlı olarak Zn ve Cu kapsamlarının arttığını ve bor ile Zn ve Cu arasında ise sinergistik bir etkinin olduğunu belirtmiştir.

### 4.1.1.9.Yaprak örneklerinin Mn içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve N dozlarının yaprakların Mn konsantrasyonu üzerine etkileri Çizelge 4.9'da verilmiştir. Artan B ve N dozlarının yaprakların Mn konsantrasyonu üzerine olan etkileri istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde ($p<0.001$) önemli bulunmuştur. Ayrıca yaprakların Mn konsantrasyonu üzerine artan B ve N dozları arasındaki interaksiyonun (BxN) da istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde ($p<0.001$) önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9'da görüldüğü üzere artan B dozları ile artan N dozlarının yaprakların Mn konsantrasyonu üzerine olan etkileri birlikte değerlendirildiğinde en yüksek yaprak Mn konsantrasyonunun 168,58 mg $kg^{-1}$ ile 20 mg $kg^{-1}$'lık B dozu ile 100 mg $kg^{1}$'lık N uygulamasında, en düşük değer ise 59,18 mg $kg^{-1}$ ile 0 mg $kg^{-1}$'lık B ile 100 mg $kg^{-1}$'lık N uygulamasında belirlenmiştir. Ayrıca artan B dozlarının yaprakların Mn konsantrasyonu üzerine etkileri incelendiğinde 20 mg $kg^{-1}$'lık B dozunda en yüksek Mn konsantrasyonu elde edilirken en düşük Mn konsantrasyonu 0 mg $kg^{-1}$'lık B dozunda elde edilmiştir. Artan N dozlarının yaprakların Mn konsantrasyonuna olan etkilerinde ise en yüksek yaprak Mn konsantrasyonu 300 mg $kg^{-1}$'lık N uygulamasından, en düşük yaprak Mn konsantrasyonu ise 100 mg $kg^{-1}$ ve 200 mg $kg^{1}$'lık N uygulamalarından elde edilmiştir.

Araştırmadan elde edilen yaprak örneklerinin analiz sonuçları Campbell (2000) tarafından verilen yeterli olarak belirlenen 25–200 ppm sınır değerlerine göre değerlendirildiğinde domates yapraklarının tamamında mangan konsantrasyonu yeterlidir.

Turan vd. (2009), borun brüksel lahana bitkisinde verim ve kimyasal içeriğine etkisini görmek üzere yaptıkları araştırmada 0,1, 3, ve 9 $kg \cdot ha^{-1}$ B dozları uygulamışlar, B dozlarının artışıyla yaprakta fosfor, potasyum, demir, mangan, çinko ve bakırın arttığı sonucuna varmışlardır. Esringü vd. (2011), çileğin verim ve kimyasal kompozisyonu üzerine bor gübrelemesinin etkisini araştırdıkları çalışmada artan B uygulamasının yaprakta fosfor, potasyum, mangan, çinko ve bakırı arttırdığını bildirmişlerdir. Sera şartlarında kumlu tın alüviyal toprakta yetiştirilen börülce bitkisinde toprağa uygulanan farklı dozlarda bor ile bitkinin Mn kapsamlarının 120.0 ppm'den 172.5 ppm değerine arttığı bildirilmiştir (Sakal 2001). Santra (1989), ise bor ve mangan arasında antagonistik bir ilişkinin bulunduğunu rapor etmiştir.

**Çizelge 4.9.** Artan B ve N dozlarının yaprakların mangan (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Azot Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 100 | 200 | 300 | Ortalama |
| 0 | 59,18d | 74,69d | 128,48c | 87,45C |
| 5 | 117,05c | 132,28c | 146,08bac | 131,80B |
| 10 | 133,35c | 140,58bac | 165,83ba | 146,58BA |
| 20 | 168,58a | 165,78ba | 136,83bc | 157,06A |
| Ortalama | 119,54(B) | 128,33(B) | 144,30(A) | - |
| Bor (B) | 31,04*** | | | |
| Azot (N) | 6,94*** | | | |
| B*N interaksiyon | 5,51*** | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
*** p<0.001
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Artan azot seviyeleri ile yapraktaki mangan seviyesi yükselmiştir. Chaplin ve Martin (1980), bor ve azotun etkilerini görmek üzere kırmızı böğürtlen bitkisi ile yaptıkları araştırmada azot uygulamalarının yapraktaki yaprak Mn seviyesini yükselttiğini gözlemlemişlerdir. Seferoğlu vd. (2011), azotlu ve potasyumlu gübrelerin antepfıstığı yapraklarının mikro besin maddesi içerikleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada; yaprak örneklerinde Fe, Mn, ve Zn içeriklerinde gübre uygulamalarıyla önemli artışlar elde ettiklerini bildirmişlerdir.

### 4.1.1.10.Yaprak örneklerinin Cu içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve N dozlarının yaprakların Cu konsantrasyonu üzerine etkileri Çizelge 4.10'da verilmiştir. Artan B dozlarının yaprakların Cu konsantrasyonu üzerine olan etkileri istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde ($p<0.001$) önemli bulunurken, artan düzeylerde yapılan N dozlarının yaprakların Cu konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Ayrıca yaprakların Cu konsantrasyonu üzerine artan B ve N dozları arasındaki interaksiyonun (BxN) ise istatistiksel olarak % 5 ($p<0.5$) düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10'da görüldüğü üzere yaprakların Cu konsantrasyonu üzerine artan N ve B uygulamaları birlikte değerlendirildiğinde en yüksek yaprak Cu konsantrasyonu 12,62 mg $kg^{-1}$ değeri ile 20 mg $kg^{-1}$'lık B dozu ile 100 mg $kg^{-1}$'lık N uygulamasından elde edilmiş, en düşük değer ise 4,95 mg $kg^{-1}$ ile 0 mg $kg^{-1}$'lık B ile 100 mg $kg^{-1}$'lık N uygulamasında belirlenmiştir. Ayrıca artan B dozlarının yaprakların Cu konsantrasyonu üzerine etkileri bakımından 20 mg $kg^{-1}$'lık B dozunda en yüksek Cu konsantrasyonu elde edilirken en düşük Cu konsantrasyonu 0, 5 ve 10 mg $kg^{-1}$'lık B dozlarından elde

edilmiştir. Borun toksik seviyesi 100 mg $kg^{-1}$ N uygulamasında yapraktaki en yüksek Cu konsantrasyonunu vermiştir.

**Çizelge 4.10.** Artan B ve N dozlarının yaprakların bakır (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Azot Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 100 | 200 | 300 | Ortalama |
| 0 | 4,95c | 6,43cb | 8,94b | 6,77B |
| 5 | 6,75cb | 6,83cb | 7,05cb | 6,88B |
| 10 | 6,69cb | 8,38b | 7,78cb | 7,62B |
| 20 | 12,62a | 9,25b | 8,40b | 10,09A |
| Ortalama | 7,75 | 7,72 | 8,04 | - |
| Bor (B) | 7,33*** | | | |
| Azot (N) | 0,13öd | | | |
| B*N interaksiyon | 3,29* | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
* $p<0.5$ *** $p<0.001$ öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Yaprak örneklerinin analiz sonuçları Campbell (2000) tarafından verilen ve yeterli olarak belirlenen 5.0-35 ppm sınır değerleri ile karşılaştırıldığında, domates yapraklarının bakır konsantrasyonu % 91.66' sında yeterli, % 8.33'ünde noksan olarak belirlenen 5 ppm'den düşük düzeydedir.

Dursun vd. (2010), domates, biber ve hıyarda bor uygulamalarının bitkilerin mineral kapsamı üzerine etkilerini inceledikleri araştırmada; artan B uygulamalarının yaprakların fosfor, potasyum, demir, mangan, çinko ve bakır konsantrasyonlarını arttırdığını bildirmişlerdir. El-Gharabbly ve Bussler (1986), pamuk bitkisinde yaptıkları araştırmada bitkide bor miktarının artışı ile birlikte bakır miktarında da artışlar belirlemişler ve bor ile bakır arasında sinerjik bir ilişkinin varlığından bahsetmişlerdir. Tandon (1995), bitkilerde B ve Cu arasındaki interaksiyonun tam olarak belirginlik kazanmadığını bildirmiştir. Alvarez-Tinaut (1979) ve Rodriguez vd. (1981), ayçiçeğinde farklı bakır konsantrasyonları üzerine yaptıkları araştırmada yeterli düzeyde bor sağlandığında bakır konsantrasyonlarının etkilenmediğini, bor fazlalığı durumunda ise bitkide bakır taşınması ve hareketliliğinin azaldığını tespit etmişledir.

### 4.1.2. B*N Uygulamalarının toprak örneklerinin bitki besin elementleri üzerine etkileri

#### 4.1.2.1.Toprak örneklerinin B içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve N dozlarının toprakların B içerikleri üzerine etkileri Çizelge 4.11'de verilmiştir. Artan B dozlarının toprakların B içerikleri üzerine olan etkileri istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde ($p<0.001$) önemli bulunmuştur. Ayrıca artan düzeylerde yapılan N dozlarının ve artan B ve N dozları arasındaki interaksiyonun (BxN) toprakların B içerikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.11).

**Çizelge 4.11.** Artan B ve N dozlarının toprakların bor (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Azot Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 100 | 200 | 300 | Ortalama |
| 0 | 0,14 | 0,12 | 0,13 | 0,13D |
| 5 | 3,04 | 3,58 | 3,29 | 3,30C |
| 10 | 6,16 | 6,11 | 6,33 | 6,20B |
| 20 | 13,54 | 13,23 | 14,03 | 13,60A |
| Ortalama | 5,72 | 5,76 | 5,95 | - |
| Bor (B) | 1694,81*** | | | |
| Azot (N) | 0,74öd | | | |
| B*N interaksiyon | 1,17öd | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
*** $p<0.001$ öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.11'de görüldüğü üzere artan B dozlarının toprakların B içeriklerine olan etkilerinde en yüksek toprak B içeriği 20 mg $kg^{-1}$ uygulamasından ve en düşük toprak B içeriği ise 0 mg $kg^{-1}$'lık B uygulamasından elde edilmiştir. Toprağa artan düzeylerde uygulanan B, toprak B içeriğini arttırmıştır. Toktok (2006), bor uygulaması ile toprağın yarayışlı bor kapsamının 0.21 mg/kg'dan 0.79 mg/kg düzeyine çıktığını saptamıştır.

Toprak örneklerinin bor analiz sonuçları, Lindsay ve Norvell'in (1978) verdiği sınır değerlerine göre sınıflandırıldığında, alınan toprak örneklerinin % 25'i yetersiz ve % 75'i yeterli sınıfına girmektedir.

### 4.1.2.2.Toprak örneklerinin toplam N içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve N dozlarının toprakların N içerikleri üzerine etkileri Çizelge 4.12'de verilmiştir. Artan B dozlarının toprakların N içerikleri üzerine olan etkileri istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde ($p<0.001$) önemli bulunurken, artan düzeylerde yapılan N dozlarının toprakların N içerikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde ($p<0.001$) önemli bulunmuştur. Ayrıca toprakların N içerikleri üzerine artan B ve N dozları arasındaki interaksiyonun (BxN) ise istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde ($p<0.001$) önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.12).

**Çizelge 4.12.** Artan B ve N dozlarının toprakların toplam azot (%) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg kg$^{-1}$) | Azot Dozları (mg kg$^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 100 | 200 | 300 | Ortalama |
| 0 | 0,076d | 0,108bc | 0,116bac | 0,100B |
| 5 | 0,102c | 0,108bc | 0,115bac | 0,110B |
| 10 | 0,114bac | 0,119bac | 0,134ba | 0,122A |
| 20 | 0,137a | 0,101c | 0,135ba | 0,124A |
| Ortalama | 0,107(B) | 0,109(B) | 0,125(A) | - |
| Bor (B) | 6,01*** | | | |
| Azot (N) | 5,71*** | | | |
| B*N interaksiyon | 3,03*** | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
*** $p<0.001$
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.12'de görüldüğü üzere artan B dozları ile artan N dozlarının toprakların N içerikleri üzerine olan etkileri birlikte değerlendirildiğinde en yüksek toprak N içeriğinin % 0,137 değeri ile 20 mg kg$^{-1}$'lık B dozu ile 100 mg kg$^{-1}$'lık N uygulamasından elde edilmiş, en düşük değer ise % 0,076 değeri ile 0 mg kg$^{-1}$'lık B ile 100 mg kg$^{-1}$'lık N uygulamasında belirlenmiştir. Ayrıca artan B dozlarının toprakların N içerikleri üzerine etkileri bakımından 10 ve 20 mg kg$^{-1}$'lık B dozlarında en yüksek N değerleri elde edilirken en düşük değerler 0 ve 5 mg kg$^{-1}$'lık B dozlarından elde edilmiştir.

Artan N dozlarının toprakların N içeriklerine olan etkilerinde ise en yüksek toprak N içeriği 300 mg kg$^{-1}$'lık N uygulamasından, en düşük toprak N içeriği ise 100 ve 200 mg kg$^{-1}$'lık N uygulamalarından elde edilmiştir. 20 mg kg$^{-1}$'lık B dozunda ve 100 mg kg$^{-1}$'lık N uygulamasında toprağın en yüksek N içeriğinin elde edilmiş olması bu N dozundan daha fazla ihtiyaç olmadığını göstermektedir.

Toprakların total azot içerikleri Loue'ya (1968) göre sınıflandırıldığında toprak örneklerinin total N kapsamları; % 8.3'ü fakir, % 33'ü orta, % 33'ü iyi, % 25'i çok iyi düzeyde azot içermektedir. Gupta vd. (1973), azot ve borun birlikte etkisinin azot konsantrasyonunu arttırdığını belirtmiştir.

### 4.1.2.3. Toprak örneklerinin alınabilir P içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve N dozlarının toprakların alınabilir P içerikleri üzerine etkileri Çizelge 4.13'de verilmiştir. Toprakların alınabilir P içerikleri üzerine artan B ve N dozları arasındaki interaksiyonun (BxN) istatistiksel olarak % 5 düzeyinde ($p<0.5$) önemli olduğu belirlenmiştir. Artan B ve N dozlarının toprakların alınabilir P içerikleri üzerine olan etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13'de görüldüğü üzere artan B dozları ile artan N dozlarının toprakların alınabilir P içerikleri üzerine olan etkileri birlikte değerlendirildiğinde en yüksek toprak P içeriğinin % 72,41 değeri ile 20 mg $kg^{-1}$'lık B dozu ile 100 mg $kg^{-1}$'lık N uygulamasından elde edilmiş, en düşük değer ise % 24,77 değeri ile 0 mg $kg^{-1}$'lık B ile 100 mg $kg^{-1}$'lık N uygulamasında belirlenmiştir.

**Çizelge 4.13.** Artan B ve N dozlarının toprakların alınabilir fosfor (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Azot Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 100 | 200 | 300 | Ortalama |
| 0 | 24,77c | 58,07ba | 39,23bc | 40,69 |
| 5 | 30,86bc | 32,99bc | 49,44bac | 37,76 |
| 10 | 35,29bc | 45,95bac | 49,10bac | 43,44 |
| 20 | 72,41a | 59,27ba | 35,62bc | 55,77 |
| Ortalama | 40,83 | 49,07 | 43,35 | - |
| Bor (B) | 2,17öd | | | |
| Azot (N) | 0,82öd | | | |
| B*N interaksiyon | 2,73* | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
* $p<0.5$ öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Toprakların alınabilir fosfor içerikleri Olsen ve Sommers'in (1982) verdiği sınır değerlerine göre sınıflandırıldığında, toprak örneklerinin tamamı yüksek düzeyde alınabilir fosfor içermektedir.

Koohkan ve Maftoun (2015), azot ve bor toksisitesinin pirinç üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmada N ve B interaksiyonun toprak P içeriğini arttırdığı sonucuna varmışlardır. Petridis vd. (2013), kireçli toprakta azot ve bor gübrelemesinin salatanın mineral beslenmesine etkisini araştırdıkları çalışmada, 5 mg B $kg^{-1}$ K azalmasına ve P artışına yol açmıştır.

### 4.1.2.4. Toprak örneklerinin değişebilir K içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve N dozlarının toprakların değişebilir K içerikleri üzerine etkileri Çizelge 4.14'de verilmiştir. Artan B ve N dozlarının toprakların K içerikleri üzerine etkisi ve toprakların değişebilir K içerikleri üzerine artan B ve N dozları arasındaki interaksiyon (BxN) istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.14).

Petridis vd. (2013), kireçli toprakta azot ve bor gübrelemesinin salatanın mineral beslenmesine etkisini araştırdıkları çalışmada 600 mg N $kg^{-1}$ doz uygulaması toprakta $NO_3^-$ ve K arttırmıştır. Hegde ve Srinivas (1990), domateste yaptıkları gübre denemesinde, uygulanan N miktarının artmasıyla topraktan daha fazla K kaldırıldığını saptamışlardır.

Toprakların değişebilir potasyum içerikleri Pizer'e (1967) göre sınıflandırıldığında toprak örneklerinin % 41.6'sı düşük, % 58.3'ü iyi sınıfına girmektedir.

**Çizelge 4.14.** Artan B ve N dozlarının toprakların değişebilir potasyum (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Azot Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 100 | 200 | 300 | Ortalama |
| 0 | 175,68 | 232,10 | 195,08 | 200,95 |
| 5 | 184,10 | 203,75 | 208,48 | 198,78 |
| 10 | 188,38 | 203,85 | 209,43 | 200,55 |
| 20 | 236,80 | 201,23 | 190,85 | 209,63 |
| Ortalama | 196,24 | 210,23 | 200,96 | - |
| Bor (B) | 0,28öd | | | |
| Azot (N) | 0,8öd | | | |
| B*N interaksiyon | 1,96öd | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

### 4.1.2.5. Toprak örneklerinin değişebilir Ca içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve N dozlarının toprakların değişebilir Ca içerikleri üzerine etkileri Çizelge 4.15'de verilmiştir. Artan B dozlarının toprakların değişebilir Ca içerikleri üzerine olan etkileri istatistiksel olarak % 5 düzeyinde ($p<0.5$) önemli bulunmuştur. Ayrıca artan düzeylerde yapılan N dozlarının toprakların değişebilir Ca içerikleri üzerine etkisi ve artan B ve N arasındaki interaksiyon (BxN) istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.15).

**Çizelge 4.15.** Artan B ve N dozlarının toprakların değişebilir kalsiyum (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Azot Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 100 | 200 | 300 | Ortalama |
| 0 | 9103,8 | 9352,3 | 9136,8 | 9197,6A |
| 5 | 8711,5 | 9105,3 | 9033,8 | 8950,2BA |
| 10 | 8678,5 | 8615,8 | 8423,8 | 8572,7C |
| 20 | 8850,0 | 8838,0 | 9277,8 | 8988,6BA |
| Ortalama | 8835,9 | 8977,9 | 8968,1 | - |
| Bor (B) | 3,16* | | | |
| Azot (N) | 0,39öd | | | |
| B*N interaksiyon | 0,61öd | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
* $p<0.5$ öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.15'de görüldüğü üzere artan B dozlarının toprakların değişebilir Ca içerikleri üzerine etkileri bakımından 0 mg $kg^{-1}$'lık B dozunda en yüksek değişebilir Ca içerikleri elde edilirken en düşük değerler 10 mg $kg^{-1}$'lık B dozundan elde edilmiştir. B uygulaması yapılmayan topraktaki değişebilir Ca içeriği 9197,6 mg $kg^{-1}$ ile en yüksek seviyededir ve istatistiki olarak önemli bulunmuştur.

Toprak örneklerinin değişebilir kalsiyum içerikleri Loue'ya (1968) göre sınıflandırıldığında, toprak örneklerinin tamamı yüksek düzeyde değişebilir kalsiyum içermektedir.

### 4.1.2.6. Toprak örneklerinin değişebilir Mg içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve N dozlarının toprakların değişebilir Mg içerikleri üzerine etkileri Çizelge 4.16'da verilmiştir. Artan B ve N dozlarının toprakların değişebilir Mg içerikleri üzerine etkisi ve toprakların değişebilir Mg içerikleri üzerine artan B ve N dozları arasındaki interaksiyon (BxN) istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.16).

Araştırmamızda artan B dozlarının değişebilir Mg içeriklerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamış, uygulamalar arasında farklılık oluşmamıştır.

Alınan toprak örneklerinin değişebilir magnezyum analiz sonuçları, Loue'ya (1968) göre sınıflandırıldığında toprak örneklerinin tamamı yüksek düzeyde değişebilir magnezyum içermektedir.

**Çizelge 4.16.** Artan B ve N dozlarının toprakların değişebilir magnezyum (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Azot Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 100 | 200 | 300 | Ortalama |
| 0 | 729,7 | 741,9 | 754,4 | 742,0 |
| 5 | 724,1 | 734,0 | 764,5 | 740,9 |
| 10 | 733,7 | 715,8 | 714,9 | 721,5 |
| 20 | 767,7 | 761,4 | 761,7 | 763,6 |
| Ortalama | 738,8 | 738,3 | 748,9 | - |
| Bor (B) | 1,82öd | | | |
| Azot (N) | 0,3öd | | | |
| B*N interaksiyon | 0,39öd | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

### 4.1.2.7. Toprak örneklerinin alınabilir Fe içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve N dozlarının toprakların alınabilir Fe içerikleri üzerine etkileri Çizelge 4.17'de verilmiştir.

**Çizelge 4.17.** Artan B ve N dozlarının toprakların alınabilir demir (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Azot Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 100 | 200 | 300 | Ortalama |
| 0 | 3,96 | 5,50 | 5,32 | 4,93 |
| 5 | 4,49 | 4,50 | 4,89 | 4,63 |
| 10 | 4,34 | 5,24 | 4,87 | 4,82 |
| 20 | 5,28 | 4,72 | 4,25 | 4,75 |
| Ortalama | 4,52 | 4,99 | 4,83 | - |
| Bor (B) | 0,28öd | | | |
| Azot (N) | 1,38öd | | | |
| B*N interaksiyon | 1,99öd | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Artan düzeylerde yapılan B ve N dozları ile artan B ve N dozları arasındaki interaksiyonun toprakların alınabilir Fe içerikleri (BxN) üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.17).

Toprak örneklerinin alınabilir demir analiz sonuçları, Lindsay ve Norvell'in (1978) verdiği sınır değerlerine göre sınıflandırıldığında, alınan toprak örneklerinin % 41.6'sı orta ve % 58.33'ü iyi sınıfına girmektedir.

### 4.1.2.8. Toprak örneklerinin alınabilir Zn içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve N dozlarının toprakların alınabilir Zn içerikleri üzerine etkileri Çizelge 4.18'de verilmiştir. Artan düzeylerde yapılan N dozlarının toprakların alınabilir Zn içerikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde ($p<0.001$) önemli bulunmuştur. Artan B dozları ile artan B ve N dozları arasındaki interaksiyonun toprakların alınabilir Zn içerikleri üzerine etkisi (BxN) istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.18).

Toprak örneklerinin alınabilir çinko analiz sonuçları Lindsay ve Norvell'a (1978) göre sınıflandırıldığında, toprak örneklerinin tamamında çinko içeriği iyidir.

**Çizelge 4.18.** Artan B ve N dozlarının toprakların alınabilir çinko (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Azot Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 100 | 200 | 300 | Ortalama |
| 0 | 2,36 | 3,05 | 2,64 | 2,68 |
| 5 | 2,20 | 2,70 | 2,82 | 2,57 |
| 10 | 2,41 | 2,80 | 2,65 | 2,62 |
| 20 | 2,64 | 2,73 | 2,92 | 2,76 |
| Ortalama | 2,40(B) | 2,82(A) | 2,76(A) | - |
| Bor (B) | 1,29öd | | | |
| Azot (N) | 12,68*** | | | |
| B*N interaksiyon | 1,74öd | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
*** $p<0.001$ öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.18'de görüldüğü üzere artan N dozlarının toprakların alınabilir Zn içerikleri üzerine olan etkilerinde en yüksek alınabilir Zn değeri 200 ve 300 mg $kg^{1}$'lık N uygulamasından, en düşük alınabilir Zn değeri ise 100 mg $kg^{-1}$'lık N uygulamasından elde edilmiştir. N gübrelemesinin 200 mg $kg^{-1}$'lık dozu toprakta en yüksek alınabilir Zn içeriğinin elde etmekte yeterli olduğunu göstermektedir.

### 4.1.2.9. Toprak örneklerinin alınabilir Mn içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve N dozlarının toprakların alınabilir Mn içerikleri üzerine etkileri Çizelge 4.19'da verilmiştir. Artan B dozlarının toprakların alınabilir Mn içerikleri üzerine olan etkileri istatistiksel olarak % 1 düzeyinde ($p<0.1$) önemli bulunmuştur. Artan düzeylerde yapılan N dozlarının ve artan B ve N dozları arasındaki interaksiyonun (BxN) toprakların alınabilir Mn içerikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19'da görüldüğü üzere artan B dozlarının toprakların alınabilir Mn içeriklerine olan etkilerinde en yüksek alınabilir Mn içeriği 0 ve 10 mg $kg^{-1}$ uygulamalarından ve en düşük alınabilir Mn içeriği ise 20 mg $kg^{-1}$'lık B uygulamasından elde edilmiştir. Topraktaki alınabilir en yüksek Mn içeriği B'nin uygulanmadığı koşullarda elde edilmiştir.

Toprak örneklerinin alınabilir mangan analiz sonuçları, Lindsay ve Norvell'a (1978) göre sınıflandırıldığında alınan toprak örneklerinin tamamının alınabilir mangan içeriğinin yeterli olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.19.** Artan B ve N dozlarının toprakların alınabilir mangan (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Azot Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 100 | 200 | 300 | Ortalama |
| 0 | 8,40 | 9,95 | 9,65 | 9,33A |
| 5 | 8,39 | 8,57 | 8,49 | 8,48BA |
| 10 | 8,12 | 8,79 | 9,26 | 8,72A |
| 20 | 7,99 | 8,24 | 7,02 | 7,75B |
| Ortalama | 8,23 | 8,89 | 8,61 | - |
| Bor (B) | 5,42** | | | |
| Azot (N) | 1,86öd | | | |
| B*N interaksiyon | 1,39öd | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
** $p<0.1$ öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

### 4.1.2.10. Toprak örneklerinin alınabilir Cu içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve N dozlarının toprakların alınabilir Cu içerikleri üzerine etkileri Çizelge 4.20'de verilmiştir. Artan düzeylerde yapılan N ve B dozlarının toprakların alınabilir Cu içeriği üzerine etkisi ve toprakların alınabilir Cu içeriği üzerine artan B ve N dozları arasındaki interaksiyon (BxN) istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.20).

**Çizelge 4.20.** Artan B ve N dozlarının toprakların alınabilir bakır (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Azot Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 100 | 200 | 300 | Ortalama |
| 0 | 1,76 | 1,80 | 1,89 | 1,82 |
| 5 | 1,69 | 1,76 | 1,80 | 1,75 |
| 10 | 1,29 | 1,79 | 1,68 | 1,58 |
| 20 | 1,77 | 1,79 | 1,64 | 1,73 |
| Ortalama | 1,63 | 1,78 | 1,75 | - |
| Bor (B) | 2,03öd | | | |
| Azot (N) | 1,1öd | | | |
| B*N interaksiyon | 1,82öd | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Toprak örneklerinin alınabilir bakır analiz sonuçları, Lindsay ve Norvell'a (1978) göre sınıflandırıldığında, alınan toprak örneklerinin tamamının alınabilir bakır içeriği bakımından yeterli sınıfına girdiği görülmektedir.

## 4.2. Bor ve Fosfor Uygulamaları

### 4.2.1. B*P Uygulamalarının yaprak örneklerinin bitki besin elementleri üzerine etkileri

#### 4.2.1.1.Yaprak örneklerinin B içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve P dozlarının yaprakların B konsantrasyonları üzerine etkileri Çizelge 4.21'de verilmiştir. Artan B dozlarının yaprakların B konsantrasyonları üzerine olan etkileri istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde ($p<0.001$) önemli bulunmuştur. Ayrıca artan düzeylerde yapılan P dozlarının yaprakların B konsantrasyonları üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde ($p<0.5$) önemli bulunmuştur. Artan B ve P dozları arasındaki interaksiyon (BxP) istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.21).

**Çizelge 4.21.** Artan B ve P dozlarının yaprakların bor (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Fosfor Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 25 | 50 | 100 | Ortalama |
| 0 | 82,17 | 59,68 | 53,78 | 65,21D |
| 5 | 268,08 | 226,88 | 290,88 | 261,94C |
| 10 | 488,85 | 450,74 | 732,45 | 557,35B |
| 20 | 1138,20 | 902,55 | 1109,50 | 1050,08A |
| Ortalama | 494,32(BA) | 409,96(B) | 546,65(A) | - |
| Bor (B) | 109,03*** | | | |
| Fosfor (P) | 3,77* | | | |
| B*P interaksiyon | 1,46öd | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
* $p<0.5$ *** $p<0.001$ öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.21'de görüldüğü üzere artan B dozlarının yaprakların B konsantrasyonları üzerine etkileri bakımından 20 mg $kg^{-1}$'lık B dozunda en yüksek B konsantrasyonu elde edilirken, en düşük konsantrasyon 0 mg $kg^{-1}$'lık B dozundan elde edilmiştir. Artan P dozlarının yaprakların B konsantrasyonlarına olan etkilerinde ise en yüksek yaprak B konsantrasyonu 100 mg $kg^{-1}$'lık P uygulamasından, en düşük B konsantrasyonu ise 50 mg $kg^{-1}$'lık P uygulamasından elde edilmiştir.

Yaprak örneklerinin analiz sonuçları Jones vd. (1991) tarafından verilen 23-75 ppm sınır değerleri dikkate alındığında domates yapraklarının % 16.6'sının yeterli, % 83.3'ünün yüksek düzeyde bor konsantrasyonuna sahip olduğu belirlenmiştir.

Bitkilerin bor içerikleri bor alınımını etkileyen etmenlerin etkisi altındadır. Tahıl bitkilerinin bor gereksinimleri göreceli olarak daha azdır. Pamuk, tütün, marul ve domates bitkilerinin bor gereksinimi orta düzeydedir. Baklagil bitkileri ile pancar ve lahananın bor ihtiyacı daha fazladır. Bor gereksinimi yüksek olan bazı bitkilerin kökleri ve kök absorpsiyon güçleri düşük düzeyde olduğundan toprakta göreceli olarak borun daha fazla bulunması gerekir. Bor gereksinimi yüksek olan bitkiler bor zehirlenmesine karşı daha dayanıklıdır (Kacar ve Katkat 2010).

Çalışmamızda artan düzeylerde yapılan P dozlarının yaprakların B konsantrasyonları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Domates bitkisinde fosforun gittikçe artan dozları yapraktaki bor konsantrasyonunu düşürdüğü bildirilmiştir (Yamanouchi 1980). Singh vd. (1990), P'nin fazla kullanımının buğdayda B alımını azalttığını belirtmişlerdir. Güneri (2004) ve Güneş ve Alpaslan (2000), yaptıkları çalışmada toprakta bor toksisitesi koşularında toprağa uygulanan fosforun bor alınımını engellemek suretiyle bitkideki bor toksisitesini engellediği yolunda bilgi vermişlerdir.

Denememizde toprağa artan dozlarda uygulanan B miktarına bağlı olarak yaprağa taşınan B miktarı artış göstermiştir. Hamurcu vd. (2006), kontrollü sera şartlarında makarnalık buğday ile yürüttükleri bir çalışmada yedi farklı bor dozu (0, 0.5, 1, 2, 4, 8, 16 ppm) ve dört farklı demir (0, 6, 12, 24 ppm) dozunu uygulamışlar ve bitkiye uygulanan bor dozu arttıkça bitki bor konsantrasyonunun arttığını belirtmişlerdir. Gökmen (2005), topraklara artan seviyelerde uygulanan borun sera koşullarında yetiştirilen ayçiçeği bitkisi ile yaptıkları araştırmada, artan bor seviyesine bağlı olarak bitkinin bor kapsamının 21.67 ppm ile 103.12 ppm değerleri arasında değiştiğini bildirmiştir. Aggarwal ve Yadav (1984), 0.40 ppm bor içeren bir toprakta yaptıkları saksı denemesinde, toprağa bor uygulamasının buğday yaprağındaki bor konsantrasyonunu 35.6 ppm'den 145.5 ppm'e çıktığını belirlemişlerdir. Aitken vd. (1987), artan seviyelerde uygulanan borun etkisi ile bitkinin bor kapsamının arttığını bildirmişlerdir. Baysal ve Erdal (2015), topraktan B uygulamasının farklı elma çeşitlerinin bor konsantrasyonuna etkilerini inceledikleri çalışmada; 24.6 mg $kg^{-1}$ olan Mondial Gala çeşidinin yaprak B konsantrasyonu 36.1 mg $kg^{-1}$'a ve Bereaburn çeşidinde yaprak B konsantrasyonunun 28.5 mg $kg^{-1}$ dan 44.7 mg $kg^{-1}$'a kadar yükseldiğini tespit etmişlerdir.

Zhang vd. (2015), mandarinde B ve Zn etkilerini araştırdıkları denemede bor uygulamalarının yaprak B konsantrasyonu üzerinde artırıcı etkisi olduğunu bildirmişlerdir. Nable (1988), altı çeşit buğday bitkisi ile besin çözeltisinde yaptığı denemede, 15 µM'den başlayarak 5000 µM'e kadar uygulanan borun deneme bitkisinin toprak üstü aksamının bor konsantrasyonunu arttırdığını belirlemiştir. Mercimek bitkisinde 43 ppm bor içeren kumlu tın bünyeli allüviyal toprakta yapılan denemede 0 ve 8 ppm dozlarında bor uygulamış ve altı hafta sonra mercimek yapraklarının bor içeriğinin 56.7 ppm'den 413.3 ppm'e yükseldiğini belirlemişlerdir (Singh ve Singh 1983). Yadav ve Manchanda (1979), kireçsiz kumlu bir toprakta 0 ppm'den 6 ppm'e uyguladıkları bor dozlarının nohut bitki filizlerinde bor içeriğini 28 ppm'den 29.3 ppm'e yükselttiğini belirlemişlerdir.

### 4.2.1.2.Yaprak örneklerinin N içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve P dozlarının yaprakların N konsantrasyonları üzerine etkileri Çizelge 4.22'de verilmiştir. Artan B ve P dozlarının yaprakların N konsantrasyonları üzerine olan etkileri istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde ($p<0.001$) önemli bulunurken, yaprakların N konsantrasyonları üzerine artan B ve P dozları arasındaki interaksiyon (BxP) ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.22'de görüldüğü üzere artan B dozlarının yaprakların N konsantrasyonları üzerine etkileri incelendiğinde, 20 mg $kg^{-1}$'lık B dozunda en yüksek N konsantrasyonu elde edilirken, en düşük N konsantrasyonu 0 mg $kg^{-1}$'lık B dozunda elde edilmiştir. Ayrıca artan P dozlarının yaprakların N konsantrasyonları üzerine etkileri bakımından 100 mg $kg^{-1}$'lık P dozunda en yüksek N konsantrasyonu elde edilirken en düşük N konsantrasyonu ise 25 mg $kg^{-1}$'lık P dozunda elde edilmiştir. Artan düzeylerde yapılan B ve P uygulamaları yaprak örneklerinin N konsantrasyonlarının artışına neden olmuştur.

**Çizelge 4.22.** Artan B ve P dozlarının yaprakların azot (%) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Fosfor Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 25 | 50 | 100 | Ortalama |
| 0 | 1,98 | 2,40 | 2,84 | 2,41C |
| 5 | 2,13 | 2,54 | 2,95 | 2,54CB |
| 10 | 2,44 | 2,73 | 2,88 | 2,69B |
| 20 | 2,84 | 3,05 | 3,47 | 3,12A |
| Ortalama | 2,35(C) | 2,68(B) | 3,03(A) | - |
| Bor (B) | 21,65*** | | | |
| Fosfor (P) | 35,66*** | | | |
| B*P interaksiyon | 0,84öd | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
*** $p<0.001$ öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Yaprak örneklerinin analiz sonuçları Campbell (2000) tarafından yeterli olarak belirlenen %3.5-5.0 sınır değerlerine göre, domates yapraklarının tamamında azot konsantrasyonun düşük düzeyde olduğu görülmektedir.

Çimrin vd. (2000), fosforlu gübrelemenin biber bitkisinin yapraklarının toplam azot içeriğini önemli düzeyde arttırdığını belirtmişlerdir. Çomaklı ve Taş (1996), bazı fiğ türlerinde otun kimyasal kompozisyonuna fosforun etkilerini araştırdıkları çalışmada, artan fosfor dozları ile otun N içeriklerinin arttığını bildirmişlerdir. Azot ve fosforlu gübrelerin pirinç bitkisinde verim ve besin değerleri üzerine yapılan bir çalışmada; fosforlu gübrelemenin sap ve danelerin N, P, K kapsamında önemli artışlar olduğunu kaydetmişlerdir. Bozokalfa vd. (2003), savoy lahanasında fosfor uygulamalarının verim ve kalite özellikleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada

uygulanan fosforun artmasıyla yapraklarda bulunan N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu değerlerinin arttığını bildirmişlerdir.

Lopez-Lefebre vd. (2002), tütün bitkisinde yaptıkları çalışmada artan bor uygulama dozlarıyla yaprak N içeriğinde artışların gözlendiğini belirtmişlerdir. Toksik düzeyde B uygulaması ile bitkilerin N alımında artışların olduğu bildirilmiştir (Hussain vd. 2001; İnal ve Tarakçıoğlu, 2001). Araştırmamızda da artan bor uygulamalarına bağlı olarak yaprak azot içeriği artmıştır. Fakat bazı araştırıcılar aksine bulgular belirtmişlerdir. Kastori ve Petrovic (1989), yaptıkları ayçiçeği çalışmasında uygulanan borun aşırı toksik seviyelerde olduğunda bitkinin vegetatif aksamında, kökünde ve olgun yapraklarında toplam azot içeriğinin azaldığını belirtmişlerdir. Toktok (2006), bor uygulamasının karanfilin % N içeriğinin azalmasının istatistiki olarak önemli bulunduğunu belirtmiştir. Chatzissavvidis ve Therios (2003, 2010), zeytin bitkisinin bor toksisitesi koşullarında bitkilerin hem gövde hem de yapraklarındaki N konsantrasyonlarında azalmaların olduğunu bildirmişlerdir. Cervilla vd. (2008), toprağa toksik düzeyde B uygulaması ile domates bitkisinin hücrelerinde bulunan organik N, $NO_3$ ve $NH_4$ azotlarında önemli düşüşlerin olduğunu bildirmişlerdir.

### 4.2.1.3.Yaprak örneklerinin P içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve P dozlarının yaprakların P konsantrasyonu üzerine etkileri Çizelge 4.23'de verilmiştir. Artan B ve P dozlarının yaprakların P konsantrasyonları üzerine olan etkileri istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde ($p<0.001$) önemli bulunurken, B ve P dozları arasındaki interaksiyon (BxP) istatistiksel olarak % 5 ($p<0.5$) düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.23).

**Çizelge 4.23.** Artan B ve P dozlarının yaprakların fosfor (%) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg kg$^{-1}$) | Fosfor Dozları (mg kg$^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 25 | 50 | 100 | Ortalama |
| 0 | 0,089f | 0,101f | 0,131ef | 0,107D |
| 5 | 0,112f | 0,137edf | 0,168ed | 0,139C |
| 10 | 0,135edf | 0,181cd | 0,232b | 0,183B |
| 20 | 0,219cb | 0,229b | 0,347a | 0,265A |
| Ortalama | 0,139(C) | 0,162(B) | 0,220(A) | - |
| Bor (B) | 58,95*** | | | |
| Fosfor (P) | 29,01*** | | | |
| B*P interaksiyon | 2,48* | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
* $p<0.5$ *** $p<0.001$ öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.23'de görüldüğü üzere artan B dozları ile artan P dozlarının yaprakların P konsantrasyonları üzerine olan etkileri birlikte değerlendirildiğinde en yüksek yaprak P konsantrasyonunun % 0,347 değeri ile 20 mg kg$^{-1}$'lık B dozu ile 100

mg $kg^{-1}$'lık P uygulamasından elde edilmiş, en düşük değer ise % 0,089 değeri ile 0 mg $kg^{1}$'lık B ile 25 mg $kg^{-1}$'lık P uygulamasında belirlenmiştir. Artan B dozlarının yaprakların P konsantrasyonları üzerine etkileri incelendiğinde 20 mg $kg^{-1}$'lık B dozunda en yüksek P değerleri elde edilirken en düşük değerler 0 mg $kg^{-1}$'lık B dozunda elde edilmiştir. Artan P dozlarının yaprakların P konsantrasyonlarına olan etkilerinde ise en yüksek yaprak P konsantrasyonu 100 mg $kg^{-1}$'lık P uygulamasından, en düşük yaprak P konsantrasyonu ise 25 mg $kg^{-1}$'lık P uygulamalarından elde edilmiştir. Artan düzeylerde yapılan B ve P uygulamaları yaprakların P konsantrasyonlarının artışına neden olmuştur.

Araştırmadan elde edilen yaprak örneklerinin analiz sonuçları, Campbell (2000) tarafından verilen ve yeterli olarak belirlenen % 0.3-0.65 sınır değerlerine göre, domates yapraklarının fosfor konsantrasyonu % 8.3'ünde yeterli, % 91.6'sında noksan olarak belirlenen % 0.3'den düşük düzeydedir.

Aydın vd. (2005), farklı dozlarda uygulanan bor (0, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 ppm) ve fosfor (0, 20, 40, 80 ppm)'un sera koşullarında yetiştirilen mısır bitkisinin gelişmesine, mineral madde içeriğine etkisi ile bor ve fosfor beslenmesi üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada; uygulanan bor ve fosfor dozlarının arttıkça mısır bitkisinin P ve B içeriklerinin arttığını belirtmişlerdir. Türkkan (2006), B toksisitesinin P uygulamaları ile giderilebileceğini göstermiştir. Alıcı ve Öncel (2008), bor toksisitesine toleranslı ve duyarlı olan makarnalık buğday fidelerinde bor elementine karşı fosforun olası antagonistik etkinliği üzerine yaptıkları çalışmada bor toksisitesinin fosfor uygulamaları ile giderilebileceğini göstermişlerdir. Davies vd. (1999), bibere uygulanan P çözeltisinin artmasıyla yaprak P içeriğinin de arttığını belirlemişlerdir. Özkan ve Eryüce (2011), Antalya bölgesi örtü altı domates yetiştiriciliğinde toprak özellikleri ve bitkinin beslenme durumu arasındaki ilişkileri üzerine yürüttükleri çalışmada toprak P kapsamı arttıkça yaprak örneklerinin P kapsamının yükseldiğini bildirmiştir. Benzer bulgular Elmacı (1989), tarafından yapılan çalışmada da elde edilmiştir.

Şahin (2012), bor gübrelemesinin silajlık mısır bitkisinde bor gübrelemesiyle bitkinin P, K ve B içeriğinin artmakta olduğunu belirtmişlerdir. Mercimek bitkisinde 43 ppm bor içeren kumlu tın bünyeli allüviyal toprakta yapılan denemede; 0 ve 8 ppm dozlarında bor uygulamış ve altı hafta sonra mercimek yapraklarının P içeriğinin % 0.70'den % 1.50 değerine yükseldiği belirtilmiştir (Singh ve Singh 1983). Yadav ve Manchanda (1979), kireçsiz kumlu bir toprakta 0 ppm'den 6 ppm'e uyguladıkları bor dozlarının nohut bitki filizlerinde fosfor içeriğini % 0.75'den % 1.60'a kadar artırdığını bildirmişlerdir. Mouhtaridou vd. (2004) yüksek dozlardaki borun elmada fosfor içeriğini yükselttiği belirtilmiştir. Bizim bulgularımızda da artan bor dozları yaprak fosfor içeriğini arttırmıştır.

### 4.2.1.4.Yaprak örneklerinin K içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve P dozlarının yaprakların K konsantrasyonları üzerine etkileri Çizelge 4.24'de verilmiştir. Artan B dozlarının yaprakların K konsantrasyonları üzerine olan etkileri istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde ($p<0.001$) önemli bulunurken, artan düzeylerde yapılan P dozlarının etkisi ve artan B ve P dozları arasındaki interaksiyonun (BxP) istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.24).

**Çizelge 4.24.** Artan B ve P dozlarının yaprakların potasyum (%) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Fosfor Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 25 | 50 | 100 | Ortalama |
| 0 | 1,04 | 1,12 | 1,32 | 1,16B |
| 5 | 1,18 | 1,32 | 1,19 | 1,23B |
| 10 | 1,01 | 1,16 | 1,20 | 1,12B |
| 20 | 1,62 | 1,30 | 1,72 | 1,55A |
| Ortalama | 1,21 | 1,23 | 1,36 | - |
| Bor (B) | 10,04*** | | | |
| Fosfor (P) | 2,37öd | | | |
| B*P interaksiyon | 1,79öd | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
*** $p<0.001$ öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.24'de görüldüğü üzere artan B uygulamalarının yaprakların K konsantrasyonları üzerine etkileri incelendiğinde 20 mg $kg^{-1}$ B dozunda en yüksek K konsantrasyonu elde edilmiştir.

Araştırmadan elde edilen yaprak örnekleri analiz sonuçları, Campbell (2000) tarafından verilen yeterli olarak belirlenen % 3.5-4.5 sınır değerlerine göre domates yapraklarının tamamının noksan olarak belirlenen % 3.5'dan düşük düzeyde potasyum konsantrasyonuna sahip olduğu görülmektedir.

Bolland vd. (1993), çeşitli bitkilere uygulanan fosforun bitkilerde K içeriğini arttırdığını belirtmişlerdir. Tütün bitkisinde yapılan araştırmada artan bor dozlarının yaprakların N, P ve K içeriğinde artışlara neden olduğu gözlenmiştir (Lopez-Lefebre vd. 2002). Farklı seviyelerde bor ve tuz uygulamalarının buğdaydaki etkilerini görmek üzere yapılan denemede; bor dozu arttıkça, bor konsantrasyonu ve içeriği ile K konsantrasyonunun ve K/Na oranlarının arttığı belirlenmiştir (Sarı vd. 2010). Huang and Snapp (2009), yapraktan bor uygulamasının potasyumla beraber domateste K ve B içeriğini arttırdığını bildirmişlerdir. Wallace ve Bear (1949), artan bor uygulamalarının alfalfa bitkisinde K konsantrasyonunu arttırdığını belirtmişlerdir.

Yadav ve Manchanda (1979), kontrollü sera şartlarında nohut ve buğdayda yaptıkları çalışmalarda bor uygulamasının K konsantrasyonunu nohutta % 3.78'den % 7.02'ye ve buğdayda ise % 5.50'den % 6.87'ye artırdığını belirlemişlerdir. Sakal (1988), kumlu-tın tekstüre sahip kireçli topraklarda yaptıkları tarla denemelerinde bor uygulamasıyla dane veriminin 939 kg/ha'dan 1168 kg/ha'a çıktığını ve bor ile potasyum arasında sinerjik bir ilişki bulunduğunu belirtmiştir. Bazı araştırıcılar ise artan bor dozlarının yaprak K içeriğinde düşüş olduğunu gözlemlemişlerdir. Toktok (2006), bor uygulamalarının karanfil bitkilerinin K kapsamlarında belirgin bir artış veya azalışa neden olmadığını belirtmiştir. Brady ve Weil (1996), toprakta B konsantrasyonu

arttığında bitki köklerinin K alım mekanizmasının olumsuz etkilendiğini ve bunun sonucunda da bitkilerde K noksanlığı çıktığını bildirmiştir. Chatzissavvidis ve Therios (2003), toprakta B yüksek dozlarda bulunduğunda bitki köklerinin daha az K aldığını bildirmişlerdir.

Güneri (2004), biber bitkisine artan dozlarda uygulanan jips ve bor uygulamalarının biberin K kapsamı üzerine karşılıklı etkilerinin önemli olduğunu, ancak bitkide K'nin belirgin bir artış veya azalış eğilimi göstermediği tespit etmiştir. Şeftali ile yapılan bir çalışmada ise toprağa artan dozlarda B uygulaması ile şeftali yapraklarının K konsantrasyonunun değişmediği bildirilmiştir (Razmijoo ve Henderlong 1997). Kaptan (2013), farklı dozlarda (0.6, 1.8, 5.4, 16.2 ppm B) bor uygulamalarının, pamuk bitkisinin K konsantrasyonunu azalttığını bildirmiştir.

### 4.2.1.5.Yaprak örneklerinin Ca içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve P dozlarının yaprakların Ca konsantrasyonları üzerine etkileri Çizelge 4.25'de verilmiştir. Artan B dozlarının yaprakların Ca konsantrasyonları üzerine olan etkileri istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde ($p<0.001$) önemli bulunurken, artan düzeylerde yapılan P dozların ve artan B ve P dozları arasındaki interaksiyonun (BxP) istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.25).

**Çizelge 4.25.** Artan B ve P dozlarının yaprakların kalsiyum (%) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Fosfor Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 25 | 50 | 100 | Ortalama |
| 0 | 6,36 | 5,80 | 6,65 | 6,27C |
| 5 | 8,12 | 6,95 | 6,29 | 7,12BC |
| 10 | 7,51 | 7,28 | 8,55 | 7,78BA |
| 20 | 8,95 | 7,52 | 7,78 | 8,09A |
| Ortalama | 7,74 | 6,89 | 7,32 | - |
| Bor (B) | 7,01*** | | | |
| Fosfor (P) | 2,58öd | | | |
| B*P interaksiyon | 1,64öd | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
*** $p<0.001$ öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.25'de artan B uygulamalarının yaprakların Ca konsantrasyonları üzerine etkileri bakımından 20 mg $kg^{-1}$ B dozunda en yüksek ve 0 mg $kg^{-1}$ B dozunda en düşük yaprak Ca konsantrasyonu elde edilmiştir. Denememizde toprağa uygulanan B'nin artışına bağlı olarak yaprak Ca konsantrasyonu artmıştır.

Yaprak örneklerinin analiz sonuçları Campbell (2000) tarafından verilen yeterli olarak belirlenen % 1.0–3.0 sınır değerleri ile karşılaştırıldığında, domates yapraklarının tamamının kalsiyum konsantrasyonu yüksektir.

Lopez-Lefebre vd. (2002), tütün bitkisinde borun mineral içeriği üzerine etkilerini gözlemlemek üzere yaptıkları çalışmada; kök konsantrasyonunda bir etki görülmemiş, fakat yaprak Ca içeriğini % 70 oranında arttırdığını bildirmişlerdir. Toktok (2006), bor uygulamasının karanfilde Ca içeriğinin artışını borun hücre duvarı üzerine olan etkisiyle ilişkilendirilmiştir. Bazı araştırıcılar topraktaki fazla kalsiyumun bitkinin bor alınımını engellediğini bildirmişlerdir (Decknik vd. 1989). Birçok araştırmada da B'nin Ca ve kireçle antagonistik bir ilişkisinin olduğu ifade edilmektedir (Gupta ve Macleod 1981; Kamprath ve Foy 1985; Taban vd. 1995; Kacar ve Katkat 2010).

### 4.2.1.6.Yaprak örneklerinin Mg içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve P dozlarının yaprakların Mg konsantrasyonları üzerine etkileri Çizelge 4.26'da verilmiştir. Artan B dozlarının yaprakların Mg konsantrasyonları üzerine olan etkileri istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde ($p<0.001$) önemli bulunurken, artan düzeylerde yapılan P dozlarının yaprakların Mg konsantrasyonları üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde ($p<0.5$) önemli bulunmuştur. Ayrıca yaprakların Mg konsantrasyonları üzerine artan B ve P dozları arasındaki interaksiyonun (BxP) ise istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.26).

Çizelge 4.26'daki değerlendirmelerde artan B dozlarının yaprakların Mg konsantrasyonları üzerine etkileri bakımından 10 mg $kg^{-1}$ ve 20 mg $kg^{-1}$'lık B dozlarında en yüksek Mg değerleri elde edilirken en düşük değerler 0 mg $kg^{-1}$ ve 5mg $kg^{-1}$'lık B dozlarından elde edilmiştir. Artan P dozlarının yaprakların Mg konsantrasyonlarına olan etkilerinde ise, en yüksek değeri 25 mg $kg^{-1}$'lık P uygulamasından, en düşük yaprak Mg konsantrasyonu ise 50 mg $kg^{-1}$'lık P uygulamasından elde edilmiştir.

Araştırmadan elde edilen yaprak örneklerinin analiz sonuçları Campbell (2000) tarafından verilen yeterli olarak belirlenen % 0.35–1.0 sınır değerlerine göre domates yapraklarının magnezyum konsantrasyonu % 75'inde yeterli olarak belirlenen düzeyde ve % 25'inde ise fazladır.

Smit ve Combrink (2004), serada yetiştirilen domates bitkisine borun etkisinin meyve kalitesi üzerine yaptıkları denemede; 0.02; 0.16; 0.32 ve 0.64 mg $l^{-1}$ bor dozları uygulamışlar ve yapraklarda artan bor dozlarının Ca, Mg, Na, Zn ve B arttırdığını rapor etmişlerdir. Toktok (2006), bor uygulamasının karanfil yapraklarındaki Mg konsantrasyonlarını % 0,37 değerinden % 0,47 değerine yükselttiğini bildirmiştir. Bizim bulgularımız da aynı yöndedir.

**Çizelge 4.26.** Artan B ve P dozlarının yaprakların magnezyum (%) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg kg$^{-1}$) | Fosfor Dozları (mg kg$^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 25 | 50 | 100 | Ortalama |
| 0 | 0,72 | 0,65 | 0,79 | 0,72B |
| 5 | 0,95 | 0,79 | 0,73 | 0,82B |
| 10 | 0,98 | 0,91 | 1,06 | 0,98A |
| 20 | 1,19 | 0,98 | 1,04 | 1,07A |
| Ortalama | 0,96(A) | 0,83(B) | 0,90(BA) | - |
| Bor (B) | 16,04*** | | | |
| Fosfor (P) | 3,58* | | | |
| B*P interaksiyon | 1,35öd | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
* p<0.5 *** p<0.001 öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

### 4.2.1.7.Yaprak örneklerinin Fe içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve P dozlarının yaprakların Fe konsantrasyonları üzerine etkileri Çizelge 4.27'de verilmiştir. Artan düzeylerde yapılan P dozlarının yaprakların Fe konsantrasyonları üzerine etkisi istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde ($p<0.001$) önemli bulunmuştur. Ayrıca yaprakların Fe konsantrasyonları üzerine artan B ve P dozları arasındaki interaksiyon (BxP) ve artan B dozlarının yaprakların Fe konsantrasyonları üzerine olan etkileri ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.27).

Çizelge 4.27'de görüldüğü üzere artan P uygulamalarının yaprakların Fe konsantrasyonları üzerine etkilerinde en yüksek konsantrasyonu 100 mg kg$^{-1}$'lık P uygulamasından, en düşük yaprak Fe konsanrasyonu ise 25 mg kg$^{-1}$ ve 50 mg kg$^{-1}$'lık P uygulamalarından elde edilmiştir.

Araştırmadan elde edilen yaprak örnekleri analiz sonuçları, Campbell (2000) tarafından verilen yeterli olarak belirlenen 50–300 ppm sınır değerlerine göre, domates yapraklarının tamamında demir konsantrasyonu yeterlidir.

Çeltik bitkisine Zn'li ve P'li gübre uygulamasının verim üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada; artan fosfor dozları ile bitkinin P, Fe ve Mn kapsamları arttığı bildirilmiştir (Savaşlı vd. 1995). Bozokalfa vd. (2003), savoy lahanasında fosfor uygulamalarının verim ve kalite özellikleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada uygulanan fosfor miktarlarının artması ile dış yapraklarda bulunan N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu konsantrasyonlarının arttığını belirtmişlerdir.

**Çizelge 4.27.** Artan B ve P dozlarının yaprakların demir (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Fosfor Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 25 | 50 | 100 | Ortalama |
| 0 | 92,26 | 95,30 | 147,53 | 111,70 |
| 5 | 108,28 | 128,78 | 129,08 | 122,05 |
| 10 | 92,43 | 127,65 | 147,50 | 122,53 |
| 20 | 129,13 | 132,13 | 151,10 | 137,45 |
| Ortalama | 105,52(B) | 120,96(B) | 143,80(A) | - |
| Bor (B) | 2,78öd | | | |
| Fosfor (P) | 12,22*** | | | |
| B*P interaksiyon | 1,49öd | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
*** p<0.001 öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Artan B dozlarının yaprakların Fe konsantrasyonları üzerine olan etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Chatzissavvidis vd. (2005, 2008), yaptıkları bir çalışmada bor toksisitesinin bitkinin yeşil aksam Fe konsantrasyonu üzerine bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Ahmad vd. (2008), bor toksisitesinin bitki bünyesinde demirin taşınmasını bloke ederek toprak üstü aksamlarda demir azalımı olacağını belirtmişlerdir.

### 4.2.1.8.Yaprak örneklerinin Zn içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve P dozlarının yaprakların Zn konsantrasyonları üzerine etkileri Çizelge 4.28'de verilmiştir. Artan B dozlarının yaprakların Zn konsantrasyonları üzerine olan etkileri istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde ($p<0.001$) önemli bulunurken, artan düzeylerde yapılan P dozlarının yaprakların Zn konsantrasyonları üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde ($p<0.5$) önemli bulunmuştur. Ayrıca yaprakların Zn konsantrasyonları üzerine artan B ve P dozları arasındaki interaksiyonun (BxP) istatistiksel olarak % 5 düzeyinde ($p<0.5$) önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.28).

Çizelge 4.28'de görüldüğü üzere artan B dozları ile artan P dozlarının yaprakların Zn konsantrasyonları üzerine olan etkileri birlikte değerlendirildiğinde en yüksek yaprak Zn konsantrasyonunun 26,28 mg $kg^{-1}$ ile 20 mg $kg^{-1}$'lık B dozu ile 25 mg $kg^{-1}$'lık P uygulamasından elde edilmiş, en düşük değer ise 12,23 mg $kg^{-1}$ ile 0 mg $kg^{1}$'lık B ile 50 mg $kg^{-1}$'lık P uygulamasından ve 12,23 mg $kg^{-1}$ ile 10 mg $kg^{-1}$'lık B ile 25 mg $kg^{-1}$'lık P uygulamasından belirlenmiştir. Ayrıca artan B dozlarının yaprakların Zn konsantrasyonları üzerine etkileri bakımından 20 mg $kg^{-1}$'lık B dozunda en yüksek Zn konsantrasyonu elde edilirken en düşük değerler 0, 5 ve 10 mg $kg^{-1}$'lık B dozlarından elde edilmiştir. Artan P dozlarının yaprakların Zn konsantrasyonlarına olan etkilerinde ise en yüksek yaprak Zn konsantrasyonu 25 mg $kg^{-1}$ ve 100 mg $kg^{-1}$'lık P

uygulamalarından, en düşük yaprak Zn konsantrasyonu ise 50 mg $kg^{-1}$'lık P uygulamasından elde edilmiştir.

**Çizelge 4.28.** Artan B ve P dozlarının yaprakların çinko (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Fosfor Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 25 | 50 | 100 | Ortalama |
| 0 | 16,00dc | 12,23d | 14,77dc | 14,33B |
| 5 | 18,23bc | 16,63dc | 14,96dc | 16,60B |
| 10 | 12,23d | 13,32dc | 17,09dc | 14,33B |
| 20 | 26,28a | 17,64dc | 23,02ba | 22,31A |
| Ortalama | 18,18(A) | 14,95(B) | 17,45(A) | - |
| Bor (B) | 15,24*** | | | |
| Fosfor (P) | 4,06* | | | |
| B*P interaksiyon | 2,4* | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
* $p<0.5$ *** $p<0.001$
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Araştırmadan elde edilen yaprak örnekleri analiz sonuçları, Campbell (2000) tarafından verilen yeterli olarak belirlenen 18-80 ppm sınır değerlerine göre, domates yapraklarının çinko konsantrasyonu % 25'inde yeterli düzeyde ve % 75'inde noksan olarak belirlenen 18 ppm'den düşük düzeydedir.

Zhang vd. (2015), mandarin bitkisinde B ve Zn etkilerini araştırdıkları denemede B ve Zn konsantrasyonlarının artan B ve Zn uygulamaları ile arttığını belirtmişlerdir. Smit ve Combrink (2004), serada yetiştirilen domates bitkisine borun etkisinin meyve kalitesi üzerine yaptıkları denemede; artan bor dozlarının yaprakların Ca, Mg, Na, Zn and B düzeylerini arttırdığını rapor etmişlerdir. Pirinç bitkisinde bor uygulamasının diğer mikro elementler üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada toprağa bor uygulamalarında Zn ve Cu kapsamlarının arttığı ve bor ile Zn ve Cu arasında ise sinergik etki olduğu sonucuna varılmıştır (Dangarwala 2001). Denememizde de artan B uygulamalarına bağlı olarak yaprak Zn konsantrasyonu artmıştır.

### 4.2.1.9.Yaprak örneklerinin Mn içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve P dozlarının yaprakların Mn konsantrasyonları üzerine etkileri Çizelge 4.29'da verilmiştir. Artan B dozlarının yaprakların Mn konsantrasyonları üzerine olan etkileri istatistiksel olarak % 1 düzeyinde ($p<0.1$) önemli bulunurken, artan düzeylerde yapılan P dozlarının yaprakların Mn konsantrasyonları üzerine etkisi istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde ($p<0.001$) önemli bulunmuştur. Ayrıca yaprakların Mn konsantrasyonları üzerine artan B ve P

dozları arasındaki interaksiyonun (BxP) istatistiksel olarak % 5 düzeyinde ($p<0.5$) önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.29).

**Çizelge 4.29.** Artan B ve P dozlarının yaprakların mangan (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Fosfor Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 25 | 50 | 100 | Ortalama |
| 0 | 102,55bc | 93,15c | 100,37c | 98,68B |
| 5 | 132,63ba | 110,82bc | 90,73c | 111,39BA |
| 10 | 108,58bc | 97,87c | 116,90bc | 107,78B |
| 20 | 156,68a | 116,65bc | 105,22bc | 126,18A |
| Ortalama | 125,10(A) | 104,61(B) | 103,30(B) | - |
| Bor (B) | 4,6** | | | |
| Fosfor (P) | 7*** | | | |
| B*P interaksiyon | 2,68* | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
* $p<0.5$ ** $p<0.1$ *** $p<0.001$
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.29'de görüldüğü üzere artan B dozları ile artan P dozlarının yaprakların Mn konsantrasyonları üzerine olan etkileri birlikte değerlendirildiğinde en yüksek yaprak Mn konsantrasyonunun 156,68 mg $kg^{-1}$ ile 20 mg $kg^{-1}$'lık B dozu ile 25 mg $kg^{-1}$'lık P uygulamasından elde edilmiş, en düşük değer ise 90,73 mg $kg^{-1}$ ile 5 mg $kg^{-1}$'lık B ile 100 mg $kg^{-1}$'lık P uygulamasından belirlenmiştir. Ayrıca artan B dozlarının yaprakların Mn konsantrasyonları üzerine etkileri bakımından 20 mg $kg^{-1}$'lık B dozlarında en yüksek Mn konsantrasyonu elde edilirken en düşük değerler 0 mg $kg^{-1}$ ve 10 mg $kg^{-1}$'lık B dozlarından elde edilmiştir. Artan P dozlarının yaprakların Mn konsantrasyonları üzerine etkilerinde ise en yüksek yaprak Mn konsantrasyonu 25 mg $kg^{-1}$'lık P uygulamasından, en düşük yaprak Mn konsantrasyonu ise 50 ve 100 mg $kg^{1}$'lık P uygulamalarından elde edilmiştir.

Araştırmadan elde edilen yaprak örneklerinin analiz sonuçları Campbell (2000) tarafından verilen ve yeterli olarak belirlenen 25–200 ppm sınır değerlerine göre, domates yapraklarının mangan konantrasyonu tüm yapraklarda yeterli düzeydedir.

Çeltik bitkisine Zn'li ve P'li gübre uygulamasının verim üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada; artan fosfor dozları ile bitkinin P, Fe ve Mn kapsamlarının arttığı belirtilmiştir (Savaşlı vd. 1995). Savoy lahanasında fosfor uygulamalarının verim ve kalite özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada uygulanan fosfor miktarlarının artması ile dış yapraklarda bulunan N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu değerlerinin arttığını belirtmişlerdir (Bozokalfa vd. 2003).

Sakal (2001), sera ortamında yetiştirilen börülce bitkisine farklı dozlarda uygulanan borun bitkinin Mn kapsamını arttırdığını belirtmiştir. Lopez-Lefebre vd.

(2002), tütün bitkisine bor uygulamalarının artan dozlarının yapraklarda Fe ve Mn'de artışa sebep olduğunu gözlemlemişlerdir. Singh (1988), allüviyal kumlu bir toprakta, sera koşullarında börülce bitkisinde mangan konsantrasyonu üzerine yaptığı bir araştırmada bor seviyesindeki artışla birlikte börülce bitkisinin mangan konsantrasyonunun 120 ppm'den 172.5 ppm'e yükseldiğini belirlemiştir.

### 4.2.1.10.Yaprak örneklerinin Cu içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve P dozlarının yaprakların Cu konsantrasyonları üzerine etkileri Çizelge 4.30'da verilmiştir. Artan B dozlarının yaprakların Cu konsantrasyonları üzerine olan etkileri istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde ($p<0.001$) önemli bulunmuştur. Ayrıca artan düzeylerde yapılan P dozların yaprakların Cu konsantrasyonları üzerine etkisi ve artan B ve P dozları arasındaki interaksiyon (BxP) istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.30).

**Çizelge 4.30.** Artan B ve P dozlarının yaprakların bakır (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Fosfor Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 25 | 50 | 100 | Ortalama |
| 0 | 7,56 | 6,79 | 7,09 | 7,14B |
| 5 | 6,86 | 6,19 | 7,17 | 6,74B |
| 10 | 5,56 | 7,07 | 8,15 | 6,92B |
| 20 | 10,38 | 7,18 | 10,50 | 9,35A |
| Ortalama | 7,59 | 6,81 | 8,23 | - |
| Bor (B) | 6,28*** | | | |
| Fosfor (P) | 2,85öd | | | |
| B*P interaksiyon | 1,69öd | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
*** $p<0.001$ öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.30'da görüldüğü üzere artan B dozlarının yaprakların Cu konsantrasyonları üzerine etkileri bakımından 20 mg $kg^{-1}$'lık B dozlarında en yüksek Cu değerleri elde edilirken en düşük değerler 0, 5 ve 10 mg $kg^{-1}$'lık B dozlarından elde edilmiştir.

Yaprak örneklerinin analiz sonuçları Campbell (2000) tarafından verilen yeterli olarak belirlenen 5.0-35 ppm sınır değerleri ile karşılaştırıldığında domates yapraklarının bakır konsantrasyonu tüm yapraklarda yeterli düzeydedir.

Lombin ve Bates (1982), yerfıstığı ve soya fasulyesinde bor uygulamasının bitkilerin Zn ve Cu içeriklerinin arttığını bildirmişlerdir. Güneri (2004), biber bitkisine artan dozlarda uygulanan jips ve bor uygulamalarının biberin mineral madde kapsamı üzerine yapılan çalışmada bor miktarı arttığında Cu içerikleri de artmıştır. Dangarwala

(2001), pirinç bitkisinde bor uygulamalarının diğer mikro elementler üzerine etkisini araştırdığı çalışmada; toprağa uygulanan bora bağlı olarak Zn ve Cu kapsamlarının arttığını belirtmiştir. Dursun vd. (2010), Domates, biber ve hıyarda bitkilerin mineral kapsamı üzerine bor uygulamalarının etkisini araştırdıkları çalışmada artan B uygulamalarının yaprakta fosfor, potasyum, demir, mangan, çinko ve bakır konsantrasyonlarını arttırdığını bildirmişlerdir.

### 4.2.2. B*P Uygulamalarının toprak örneklerinin bitki besin elementleri üzerine etkileri

#### 4.2.2.1.Toprak örneklerinin B içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve P dozlarının toprakların B içerikleri üzerine etkileri Çizelge 4.31'de verilmiştir. Artan B dozlarının toprakların B içerikleri üzerine olan etkileri istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde ($p<0.01$) önemli bulunmuştur. Ayrıca artan düzeylerde yapılan P dozlarının ve artan B ve P dozları arasındaki interaksiyonun (BxP) istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.31).

**Çizelge 4.31.** Artan B ve P dozlarının toprakların bor (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Fosfor Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 25 | 50 | 100 | Ortalama |
| 0 | 0,14 | 0,08 | 0,04 | 0,08D |
| 5 | 3,33 | 3,46 | 2,96 | 3,25C |
| 10 | 6,37 | 6,76 | 5,43 | 6,19B |
| 20 | 12,78 | 13,98 | 12,83 | 13,20A |
| Ortalama | 5,66 | 6,07 | 5,32 | - |
| Bor (B) | 801,75*** | | | |
| Fosfor (P) | 2,39öd | | | |
| B*P interaksiyon | 0,86öd | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
*** $p<0.001$ öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.31'de görüldüğü üzere artan düzeyde yapılan B uygulamalarının toprakların B içeriklerine olan etkilerinde en yüksek toprak B içeriği 20 mg $kg^{1}$ uygulamasından ve en düşük toprak B içeriği ise 0 mg $kg^{-1}$'lık B uygulamasından elde edilmiştir. Toprak örneklerinin bor analiz sonuçları, Lindsay ve Norvell'in (1978) verdiği sınır değerlerine göre sınıflandırıldığında alınan toprak örneklerinin % 25'i yetersiz ve % 75'i yeterli sınıfına girmektedir. Toprağa artan düzeylerde uygulanan B, toprakların B içeriğini önemli derecede arttırmıştır. Toktok (2006), karanfil bitkisi üzerinde yaptığı çalışmada B uygulamasının %1 düzeyinde önemli etkisinin olduğunu bildirmiştir.

### 4.2.2.2.Toprak örneklerinin toplam N içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve P dozlarının toprakların toplam N içerikleri üzerine etkileri Çizelge 4.32'de verilmiştir. Artan B ve P dozlarının ve artan B ve P dozları arasındaki interaksiyonun (BxP) toprakların toplam N içerikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.32).

**Çizelge 4.32.** Artan B ve P dozlarının toprakların toplam azot (%) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Fosfor Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 25 | 50 | 100 | Ortalama |
| 0 | 0,088 | 0,090 | 0,073 | 0,084 |
| 5 | 0,092 | 0,099 | 0,099 | 0,097 |
| 10 | 0,112 | 0,132 | 0,085 | 0,110 |
| 20 | 0,107 | 0,110 | 0,102 | 0,106 |
| Ortalama | 0,100 | 0,108 | 0,090 | - |
| Bor (B) | 2,16öd | | | |
| Fosfor (P) | 1,7öd | | | |
| B*P interaksiyon | 0,58öd | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Toprakların total azot içerikleri Loue'ya (1968) göre sınıflandırıldığında alınan toprak örneklerinin total N içerikleri; % 33.3'ü fakir, % 41.6'sı orta, %16.6'sı iyi, % 8.3'u çok iyi düzeyde azot içermektedir.

### 4.2.2.3.Toprak örneklerinin alınabilir P içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve P dozlarının toprakların alınabilir P içerikleri üzerine etkileri Çizelge 4.33'de verilmiştir. Artan B ve P dozlarının ve artan B ve P dozları arasındaki interaksiyonun (BxP) toprakların alınabilir P içerikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde ($p<0.001$) önemli bulunmuştur (Çizelge 4.33).

Çizelge 4.33'de görüldüğü üzere artan B dozları ile artan P dozlarının toprakların P içerikleri üzerine olan etkileri birlikte değerlendirildiğinde en yüksek toprak P içeriği % 130,11 değeri ile 20 mg $kg^{-1}$'lık B dozu ile 100 mg $kg^{-1}$'lık P uygulamasından elde edilmiş, en düşük değer ise % 49,06 değeri ile 0 mg $kg^{1}$'lık B ile 25 mg $kg^{-1}$'lık P uygulamasında belirlenmiştir. Ayrıca artan B dozlarının toprakların P içerikleri üzerine etkileri bakımından 10 mg $kg^{-1}$ ve 20 mg $kg^{-1}$'lık B dozlarında en yüksek P içerikleri elde edilirken en düşük değerler 0 ve 5 mg $kg^{-1}$'lık B dozlarında elde

edilmiştir. Artan P dozlarının toprakların P içeriklerine olan etkilerinde ise en yüksek alınabilir P içeriği 100 mg $kg^{-1}$'lık P uygulamasından, en düşük alınabilir P içeriği ise 25 mg $kg^{-1}$'lık P uygulamasında elde edilmiştir.

**Çizelge 4.33.** Artan B ve P dozlarının toprakların alınabilir fosfor (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Fosfor Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 25 | 50 | 100 | Ortalama |
| 0 | 49,06e | 81,87cd | 81,12cd | 70,68B |
| 5 | 66,97ed | 73,39d | 93,02cb | 77,79B |
| 10 | 64,19ed | 93,43cb | 110,06b | 89,23A |
| 20 | 65,78ed | 82,25cd | 130,11a | 92,71A |
| Ortalama | 61,50(C) | 82,74(B) | 103,58(A) | - |
| Bor (B) | 8,85*** | | | |
| Fosfor (P) | 50,35*** | | | |
| B*P interaksiyon | 3,98*** | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
*** p<0.001 öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Toprakların alınabilir fosfor içerikleri Olsen ve Sommers'in (1982) verdiği sınır değerlerine göre sınıflandırıldığında, toprak örneklerinin fosfor içerikleri yüksek düzeydedir.

Artan düzeylerde uygulanan fosforlu gübre toprağın fosfor kapsamını arttırmıştır. Bor ve fosfor arasında sinerjik bir ilişkinin olduğu Sing ve Sing (1990) ve Patel ve Glokia (1986), yaptıkları çalışmalarda belirtmişlerdir. Patel ve Golakia (1986), bor ve fosfor uygulamalarının beraber yapıldığında borun fosfor alınımına olumlu etkisi olduğu ve bu etkinin borun kökün plazmalemnanın geçirgenliğini arttırmak suretiyle fosfor alınımını arttırdığı şeklinde gerçekleştiği rapor edilmiştir.

### 4.2.2.4.Toprak örneklerinin değişebilir K içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve P dozlarının toprakların değişebilir K içerikleri üzerine etkileri Çizelge 4.34'de verilmiştir. Artan B ve P dozları ile artan B ve P dozları arasındaki interaksiyonun (BxP) toprakların değişebilir K içerikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.34).

Toprakların değişebilir potasyum içerikleri Pizer'e (1967) göre sınıflandırıldığında, toprak örneklerinin tamamında potasyum içerikleri düşüktür.

**Çizelge 4.34.** Artan B ve P dozlarının toprakların değişebilir potasyum (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Fosfor Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 25 | 50 | 100 | Ortalama |
| 0 | 158,75 | 172,95 | 136,90 | 156,20 |
| 5 | 154,83 | 161,33 | 164,33 | 160,16 |
| 10 | 157,73 | 150,23 | 125,93 | 144,63 |
| 20 | 171,33 | 163,70 | 197,00 | 177,34 |
| Ortalama | 160,66 | 162,05 | 156,04 | - |
| Bor (B) | 1,48öd | | | |
| Fosfor (P) | 0,11öd | | | |
| B*P interaksiyon | 0,8öd | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

### 4.2.2.5.Toprak örneklerinin değişebilir Ca içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve P dozlarının toprakların değişebilir Ca içerikleri üzerine etkileri Çizelge 4.35'de verilmiştir. Artan B ve P dozlarının toprakların değişebilir Ca içerikleri üzerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Toprakların değişebilir Ca içerikleri üzerine artan B ve P dozları arasındaki interaksiyon (BxP) ise istatistiksel olarak % 5 düzeyinde ($p<0.5$) önemli bulunmuştur (Çizelge 4.35).

Çizelge 4.35'de görüldüğü üzere artan B dozları ile artan P dozlarının toprakların değişebilir Ca içerikleri üzerine olan etkileri birlikte değerlendirildiğinde 0 mg $kg^{-1}$'da B ve 100 mg $kg^{-1}$ P ve 20 mg $kg^{-1}$ B ve 100 mg $kg^{-1}$ P uygulamaları haricinde tüm uygulamalarda en yüksek Ca içerikleri saptanmıştır.

Toprak örneklerinin değişebilir kalsiyum içerikleri Loue'ya (1968) göre sınıflandırıldığında, toprak örneklerinin tamamında değişebilir kalsiyum içeriği yüksektir.

**Çizelge 4.35.** Artan B ve P dozlarının toprakların değişebilir kalsiyum (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Fosfor Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 25 | 50 | 100 | Ortalama |
| 0 | 8750,3a | 9007,0a | 8532,8ba | 8763,4 |
| 5 | 8803,0a | 8877,0a | 9128,0a | 8936,0 |
| 10 | 8847,8a | 9007,3a | 9318,0a | 9057,7 |
| 20 | 9257,8a | 8923,0a | 7711,0b | 8630,6 |
| Ortalama | 8914,7 | 8953,6 | 8672,5 | - |
| Bor (B) | 1,21öd | | | |
| Fosfor (P) | 1,06öd | | | |
| B*P interaksiyon | 2,7* | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
* p<0.5 öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

### 4.2.2.6.Toprak örneklerinin değişebilir Mg içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve P dozlarının toprakların değişebilir Mg içerikleri üzerine etkileri Çizelge 4.36'da verilmiştir. Artan B ve P dozları ile artan B ve P dozları arasındaki interaksiyonun (BxP) toprakların değişebilir Mg içerikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.36).

**Çizelge 4.36.** Artan B ve P dozlarının toprakların değişebilir magnezyum (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Fosfor Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 25 | 50 | 100 | Ortalama |
| 0 | 751,93 | 799,38 | 735,03 | 762,11 |
| 5 | 783,83 | 779,58 | 804,45 | 789,29 |
| 10 | 773,15 | 791,13 | 802,00 | 788,76 |
| 20 | 788,95 | 761,70 | 697,18 | 749,28 |
| Ortalama | 774,47 | 782,95 | 759,67 | - |
| Bor (B) | 2,16öd | | | |
| Fosfor (P) | 1,01öd | | | |
| B*P interaksiyon | 1,92öd | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Alınan toprak örneklerinin değişebilir magnezyum analiz sonuçları, Loue'ya (1968) göre sınıflandırılmıştır. Toprak örneklerinin tamamında iyi düzeyde değişebilir magnezyum içerdiği görülmektedir.

### 4.2.2.7.Toprak örneklerinin alınabilir Fe içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve P dozlarının toprakların alınabilir Fe içerikleri üzerine etkileri Çizelge 4.37'de verilmiştir. Artan B dozlarının toprakların alınabilir Fe içerikleri üzerine olan etkileri istatistiksel olarak % 5 düzeyinde ($p<0.5$) önemli bulunurken artan düzeylerde yapılan P dozlarının ve artan B ve P dozları arasındaki interaksiyonun (BxP) toprakların alınabilir Fe içerikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.37).

**Çizelge 4.37.** Artan B ve P dozlarının toprakların alınabilir demir (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Fosfor Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 25 | 50 | 100 | Ortalama |
| 0 | 3,73 | 5,23 | 4,37 | 4,44B |
| 5 | 5,04 | 5,64 | 5,68 | 5,45A |
| 10 | 5,62 | 6,66 | 4,67 | 5,64A |
| 20 | 5,49 | 5,82 | 5,59 | 5,63A |
| Ortalama | 4,97 | 5,84 | 5,08 | - |
| Bor (B) | 3,44* | | | |
| Fosfor (P) | 3,09öd | | | |
| B*P interaksiyon | 0,94öd | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
* $p<0.5$ öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.37'de görüldüğü üzere artan düzeyde yapılan B uygulamaları toprakların demir içeriklerinin artışına neden olmuş ve en düşük Fe içeriği 0 mg $kg^{-1}$'lık B dozunda elde edilmiştir.

Toprak örneklerinin alınabilir demir analiz sonuçları, Lindsay ve Norvell'in (1978) verdiği sınır değerlerine göre sınıflandırılmış ve alınan toprak örneklerinin % 16.6'sı orta ve % 83.3'ü iyi sınıfına girmektedir.

### 4.2.2.8.Toprak örneklerinin alınabilir Zn içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve P dozlarının toprakların alınabilir Zn içerikleri üzerine etkileri Çizelge 4.38'de verilmiştir. Artan B dozları ile artan B ve P

dozları arasındaki interaksiyonun (BxP) toprakların alınabilir Zn içerikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Artan düzeylerde yapılan P dozlarının toprakların alınabilir Zn içerikleri üzerine etkisi ise istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde ($p<0.001$) önemli bulunmuştur (Çizelge 4.38).

Çizelge 4.38'den de görüldüğü üzere; artan düzeylerde yapılan P uygulamaları toprakların alınabilir Zn içeriklerinin artışına sebep olurken, en düşük alınabilir Zn içeriği 25 mg $kg^{-1}$'lık P uygulamasında elde edilmiştir.

**Çizelge 4.38.** Artan B ve P dozlarının toprakların alınabilir çinko (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Fosfor Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 25 | 50 | 100 | Ortalama |
| 0 | 2,31 | 2,55 | 2,43 | 2,43 |
| 5 | 2,30 | 2,56 | 2,76 | 2,54 |
| 10 | 1,38 | 2,95 | 2,60 | 2,31 |
| 20 | 2,60 | 2,93 | 2,88 | 2,80 |
| Ortalama | 2,14(B) | 2,74(A) | 2,66(A) | |
| Bor (B) | 2,45öd | | | |
| Fosfor (P) | 7,76*** | | | |
| B*P interaksiyon | 2,17öd | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
** * $p<0.001$ öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Toprak örneklerinin alınabilir çinko analiz sonuçları Lindsay ve Norvell'a (1978) göre sınıflandırıldığında, toprak çinko içeriği % 100.0'ü iyi sınıfına girmektedir.

### 4.2.2.9.Toprak örneklerinin alınabilir Mn içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve P dozlarının toprakların alınabilir Mn içerikleri üzerine etkileri Çizelge 4.39'da verilmiştir. Artan B ve P dozları ile artan B ve P dozları arasındaki interaksiyonun (BxP) toprakların alınabilir Mn içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.39).

Toprak örneklerinin alınabilir mangan analiz sonuçları, Lindsay ve Norvell'a (1978) göre sınıflandırıldığında alınan toprak örneklerinin tamamının alınabilir mangan bakımından yeterli olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.39.** Artan B ve P dozlarının toprakların alınabilir mangan (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Fosfor Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 25 | 50 | 100 | Ortalama |
| 0 | 7,54 | 8,19 | 8,04 | 7,92 |
| 5 | 8,91 | 8,90 | 9,23 | 9,01 |
| 10 | 8,91 | 9,59 | 8,14 | 8,88 |
| 20 | 8,60 | 8,49 | 8,44 | 8,51 |
| Ortalama | 8,49 | 8,79 | 8,46 | - |
| Bor (B) | 2,75öd | | | |
| Fosfor (P) | 0,52öd | | | |
| B*P interaksiyon | 0,71öd | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır. öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

### 4.2.2.10.Toprak örneklerinin alınabilir Cu içeriklerinin değerlendirilmesi

Saksılara artan düzeylerde yapılan B ve P dozlarının toprakların alınabilir Cu içerikleri üzerine etkileri Çizelge 4.40'da verilmiştir. Artan B dozlarının toprakların alınabilir Cu içerikleri üzerine olan etkileri istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde ($p<0.001$) ve artan düzeylerde yapılan P dozlarının toprakların alınabilir Cu içerikleri üzerine etkisi % 5 düzeyinde ($p<0.5$) önemli bulunmuştur. Toprakların alınabilir Cu içerikleri üzerine artan B ve P dozları arasındaki interaksiyon (BxP) ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.40).

**Çizelge 4.40.** Artan B ve P dozlarının toprakların alınabilir bakır (mg $kg^{-1}$) içerikleri üzerine etkileri[1]

| Bor Dozları (mg $kg^{-1}$) | Fosfor Dozları (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 25 | 50 | 100 | Ortalama |
| 0 | 1,51 | 1,78 | 1,69 | 1,66B |
| 5 | 1,79 | 1,85 | 1,87 | 1,84A |
| 10 | 1,92 | 1,96 | 1,82 | 1,90A |
| 20 | 1,78 | 1,90 | 1,95 | 1,88A |
| Ortalama | 1,75(B) | 1,87(A) | 1,83(BA) | - |
| Bor (B) | 8,91*** | | | |
| Fosfor (P) | 4,06* | | | |
| B*P interaksiyon | 1,55öd | | | |

[1]Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.
[2] F değerleri esas alınmıştır.
* $p<0.5$ *** $p<0.001$ öd: önemli değil
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.
Büyük harfle gösterilen değerler artan bor düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler artan azot düzeyleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.40'da görüldüğü üzere artan B ve P dozlarına bağlı olarak toprakların alınabilir Cu içeriklerinin arttığı ve en düşük alınabilir Cu içeriklerinin 0 mg $kg^{-1}$'lık B ve 25 mg $kg^{-1}$ P uygulamasından elde edildiği belirlenmiştir.

Toprak örneklerinin alınabilir bakır analiz sonuçları, Lindsay ve Norvell'a (1978) göre sınıflandırıldığında, alınan toprak örneklerinin tamamının alınabilir bakır bakımından yeterli sınıfına girdiği görülmektedir.

# 5. SONUÇLAR

Bor toksisitesinin bulunduğu alanlarda toksisitenin bitki besleme yöntemleriyle engellenebilmesinin araştırıldığı çalışmada; domates bitkisinde toksik düzeylerde bor içeren topraklara artan azot ve fosforlu gübrelemelerin etkileri değerlendirilmeye çalışılmıştır.

Artan dozlarda B ve N uygulamalarıyla toprakların N, P, Zn, Mn ve B içerikleri artış göstermiş, özellikle B*N intreaksiyonunda 20 mg $kg^{-1}$ B ile 100 mg $kg^{-1}$ N uygulaması toprağın N ve P içeriğinde en etkili uygulama olarak ortaya çıkmıştır. Yaprak örneklerinde ise artan B ve N uygulamaları ile bitkilerin tamamında besin konsantrasyonlarında artış gözlemlenmiş, 20 mg $kg^{1}$ B ile 100 mg $kg^{-1}$ N uygulaması B*N interaksiyonunda diğerlerine göre en etkili uygulama olmuştur. Ayrıca 20 mg $kg^{-1}$ B ile 300 mg $kg^{-1}$ N uygulamaları en fazla besin elementi birikimine neden olan uygulamalar olmuşlardır. Artan düzeylerdeki B uygulamaları topraktaki bor içeriğini yükseltmiştir. Yaprakların makro besin elementlerinden N, P, Ca ve Mg içerikleri B ve N uygulamalarının interaksiyonu açısından istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Yaprakların K konsantrasyonları açısından gittikçe artan N ve B dozları istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Domates bitkisinin gelişiminde B ve N interaksiyonun yaprak mikro elementlerinden Fe, Zn, Mn ve Cu konsantrasyonu üzerine etkileri istatistiki olarak önemli bulunmuş, fakat B konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Artan dozlarda B ve P uygulamalarıyla toprakların P, Ca, Fe, Zn, Cu ve B içerikleri artış göstermiş ve özellikle B*P interaksiyonunda 20 mg $kg^{-1}$ B ile 100 mg $kg^{1}$ P uygulamasında P ve Ca içeriğinde öne çıkmıştır. Yaprak örneklerinde ise artan B ve P uygulamaları ile bitkilerin tamamında besin konsantrasyonlarında artış gözlemlenmiş, 20 mg $kg^{1}$ B ile 25-100 mg $kg^{-1}$ P uygulamaları B*P interaksiyonunda diğerlerine göre daha etkili olmuştur. Ayrıca 20 mg $kg^{-1}$ B ile 100 mg $kg^{-1}$ P uygulamaları en fazla besin elementi birikimine neden olan uygulamalar olmuşlardır. Yapılan bu çalışmada bor toksisitesinin olumsuz etkilerinin azaltılması amaçlanmış, stres koşullarında bitkilerin bünyelerinde daha fazla besin elementi biriktirdikleri görülmüştür.

Topraklarda artan B içeriklerinin bitkilerin gelişimi üzerine etkileri bakımından yapılan değerlendirmede; özellikle toksisite oluşturulan dozlarda yaprak kenarlarında toksisite belirtileri gözlemlenmiş olmakla birlikte büyüme oranının kontrolle kıyaslandığında önemli farklılıkların olmadığı gözlemlenmiştir. Artan N ve P uygulamaları toksisite etkilerinin baskılanmasına yardımcı olmuştur.

Bor elementi bakımından zengin olan Türkiye tarım topraklarında zaman zaman farklı lokasyonlarda bor toksisitesi sorunları oluşabilmektedir. Özellikle termal suların yoğun olduğu alanlarda kullanılan sulama sularında çözünmüş bor ciddi oranda yüksek olup, tarımda toksisiteye neden olabilmektedir. Topraklarda bor toksisitesi, üzerinde yetiştirilen bitkilere ciddi sorunlar oluşturarak gelişme ve verimde önemli zararlara neden olabilmektedir. Ayrıca iklimsel özellikler nedeniyle kuraklık faktörü de bu etkilenmeyi artırmaktadır. Gerekli tarımsal işlemlerin tam anlamıyla yapılması toksik düzeyde bor içeren alanlarda oluşabilecek problemlerin çözümünde yeterli kalmamaktadır. Bu nedenle ıslah yöntemlerine ihtiyaç söz konusudur. Yapılan bilimsel araştırmalar bazı bitki besleme uygulamaları ile bor toksisitesi problemlerinin

azaltılabileceğini göstermektedir. Toksik düzeylerde bor içeren alanlarda azot, fosfor, potasyum, çinko vb. gibi elementlerin artan düzeylerinin toksisitenin olumsuz etkilerini gidermede etkili olabileceği birçok literatür çalışmalarında ifade edilmektedir. Yapılan bu çalışmada da toksisite sorunlarının olumsuz etkilerinin azaltılması amaçlanmış, stres koşullarında bitkilerin bünyelerinde daha fazla besin elementi biriktirdikleri görülmüştür. Bu olumlu etkilerin tarımsal üretimde verimlilik ve sürdürülebilirlik açısından ciddi avantaj sağlayacağı ve ülke ekonomisine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

Adriano, D.C. 1986. Trace Elements in the Terrestrail Environment. Springer-Verlag, 73-79p.

Aggarwal, S.C. and Yadav, D.V. 1984. Effect of boron and nitrogen on yield and boron content of wheat. J. Indian Soc. Soil Science, 32, 197-200.

Ahmad, R., Arshad, M., Khalid, A. ve Zahir, Z.A. 2008. Effectiveness of organic-/bio-fertilizer supplemented with chemical fertilizers for improving soil water retention, aggregate stability, growth and nutrient uptake of maize (Zea mays L.). J. Sustain. Agri., 31(4): 57-77.

Aitken, R. L., Jeffrey, A.J. and Compton, B.L. 1987. Evaluation of selected extractants for boron in some Queensland soils. Soil Research, *25*(3), 263-273.

Akgül, H. ve Uçgun, K. 2008. M9 Anaçlı Granny Smith Elma çeşidinde farklı azot seviyelerinin verim, kalite ve bazı makro ve mikro besin elementlerinin alımına etkileri. 4. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi Bildiriler Kitabı, 1, 8-10.

Alıcı, Y. ve Öncel, I. 2008. Buğdayda bor toksisitesi ile fosfor arasındaki etkileşimin büyüme ve çözünür karbonhidratlar ile ilişkisinin incelenmesi. Fen Bilimleri Dergisi, 29(1).

Alkan, A. 1998. Farklı tahıl türleri ile buğday ve arpa çeşitlerinin B Toksisitesine dayanıklılığının araştırılması ve dayanıklılıkta rol alan faktörlerin belirlenmesi. Doktora tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Adana.

Alpaslan, M. and Gunes, 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., Taban, S., İnal, A., Kütük, A.C. ve Erdal, İ. 2011. Besin çözeltisinde yetiştirilen buğday (Triticum aestivum L.) bitkisinde bor-azot ilişkisi. Pamukkale University Journal of Engineering Sciences, 2(3), 215-219.

Alvarez-Tinaut, Mc. 1979. Physiological effects of boron-manganese interaction in tomato plants. III. Uptake and translocation of the microelements Mn, Cu and Zn. An. Edafol. Y. Agrobiol., 38, 1013-1029.

Anonim, 2014. www.boren.gov.tr/tr/bor/bor-rezervleri. Eti Maden Bor Sektörü Raporu. (son erişim tarihi 03.01.2017).

Anonim, 2017 a. www.dunya.com/dunya/dunya-nufusu-112-milyar-olacak-haberi-348543. (son erişim tarihi 16.12.2017).

Anonim, 2017 b. www.mgm.gov.Devlet Meteoroloji Kurumu (son erişim tarihi 30.06.2017).

Anonim, 2018 https://www.fidedeposu.com/tayfun-f1-domates-fidesi (son erişim tarihi 10.01.2018).

Anonymous, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, Agr. Handbook No: 60, USA.

Anonymous, 1982. Methods of soil analysis (Ed. A.L. Page). Number 9, Part 2, Madison, Wisconsin, USA, 1159 pp.

Asad, A., Blamey, F.P.C. and Edwards, D.G. 2002. Dry matter production and boron concentrations of vegetative and reproductive tissues of canola and sunflower plants grown in nutrient solution. Plant and Soil, 243(2), 243-252.

Atalay, E., Gezgin, S. ve Babaoğlu, M. 2003. Buğday (Triticum durum Desf.) ve arpa (hordeum vulgare l.) in vitro fidelerinin bor alımının ICP-AES ile tespiti. Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 17 (32), 47-52.

Aybak, K. ve Kaygısız, H. 2004. Domates Yetiştiriciliği. Hasad Yayınları, pp 3-8.

Aydın, A., Kant, C. ve Ataoğlu, N. 2005. Erzurum ve Rize yöresi toprak örneklerine uygulanan farklı dozlardaki bor ve fosforun mısır (Zea mays)'ın kuru madde miktarı ve mineral içeriğine etkisi. Journal of the Faculty of Agriculture, 36(2).

Ayyıldız, M. 1976. Sulama Suyu Kalitesi ve Sulamada Tuzluluk Problemleri. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, No:636, Ders Kitabı No: 199, Ankara.

Başalp, A., Öncel, I. ve Esra, K. 2011. Bor (B) toksisitesine toleranslı ve duyarlı buğday fidelerinde bazı fizyolojik ve biyokimyasal değişimlerin belirlenmesi. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 15(3).

Baysal, G.D. ve Erdal, İ. 2015. Topraktan bor gübrelemesinin Mondial Gala ve Braeburn elma çeşitlerinin bor ve diğer besin elementi konsantrasyonlarına etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 312-318.

Berger, K.C. 1949. Has complied tables of the boron content and requirements of various crops. Avdan, Argon. 1, 321.

Beştaş, Z. 2015. Topraktan ve yapraktan uygulanan bor kaynaklarının ayçiçeği bitkisinin gelişimi ve kimi besin elementlerinin alınımı üzerine etkisi. Yüksek Lisans tezi. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Bursa.

Black, C.A. 1957. Soil-Plant Relationships. John Wiley and Sons, Inc. New York.

Black, C.A. 1965. Methods of Soil Analysis. Part 2, Amer. Society of Agronomy Inc., 1372-1376, Publisher Madisson, Wisconsin, U.S.A.

Blevins, D.G. and Lukaszewski, K.M. 1998. Boron in plant structure and function. Annual Review of Plant Phsiology and Plant Molecular Biology, 49, 481-500.

Bolland, M.D.A., Jarvis, R. J., Coates, P. and Harris, D.J. 1993. Effect of phosphate fertilisers on the elemental composition of seed of wheat, lupin, and triticale. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 24(15-16), 1991-2014.

Bonilla, I., Bolaños, L. and Mateo, P. 1995. Interaction of boron and calcium in the cyanobacteria Anabaena and Synechococcus. Physiologia Plantarum, 94(1), 31-36.

Bouyoucos, G.J. 1955. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soils. Agronomy Journal, 4 (9): 434.

Boşgelmez, A., Boşgelmez, I., Savaşçı, S. ve Paslı, N. 2001. Ekoloji-II. Toprak Başkent Klişe Matbaacılık, 668-674, Ankara.

Bowen, J.E. Micro-Element Nutrition of Sugar. 1981. II. Interaction in Micro-Element Accumulation. Trop. Agric., 58, 215–220.

Bowen, J.E. and Gauch, H.G. 2002. Essentiality of Boron for Dryopteris dentata and Selaginella apoda. American Fern Journal, 55, 67-73.

Boyer, J.S. 1982. Plant productivity and environment. Science, 218(4571), 443-448.

Bozkurt, M.A., Türkmen, O. ve Yaşar, F. 2000. Azotlu ve potasyumlu gübrelemenin biberde verim ve besin elementi içeriklerine etkisi. III. Sebze Tarımı Sempozyumu, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sh: 28 – 32, Isparta.

Bozokalfa, M.K., Kavak, S., Eşiyok, D., Atnan, U. ve Yağmur, B. 2003. Savoy lahanasında (Brassica oleracea L. var. sabauda) fosfor uygulamalarının verim ve kalite özellikleri üzerine etkisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 40(1).

Brady, N.C. ve Weil, R.R. 1996. The Nature and Properties of Soil. Prentice- Hall, International Inc., London.

Brown, P.H. and Hu, H. 1996. Phloem mobility of boron is species dependent evidence for phloem mobility in sorbitol-rich species. Annals of Botany, 77, 497-505.

Brown, P.H., Bellaloui, N., Wimmer, M.A., Bassil, E.S., Ruiz, J., Hu, H., Pfeffer, H., Dannel, F. and Römheld, V. 2002. Boron in plant biology. Plant Biol., 4, 205-223.

Campbell, C.R. 2000. Reference Sufficiency Ranges Vegetables Crops. Tomato, Greenhouse.(http://www.ncagr.com/agromoni/saaesd/gtom.htm,Update 2000).

Cantürk, M. 2002. Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi (www.biltek.tubitak.gov.tr/merakettikleriniz). https://www.facebook.com/gıda.gercekleri.ve.saglık/244711008913784/

Cartwright, B., Tiller, K.G., Zarcinas, B.A. ve Spouncer, L.A. 1983. The chemical assessment of the boron status of soils. Aust. J. Soil Res., 21: 321-332.

Cartwright, B., Zarcinas, B.A. ve Spoucer, L.R. 1986. Boron toxicity in South Australian barley crops. Aust. J. Agric. Res., 37:351–359.

Cervilla, L.M., Blasco, B., Rios, J.J., Rosales, M.A., Rubio-Wilhelmi, M.M., Sanchez-Rodriguez, E., Romero, L. ve Ruiz, J.M. 2008. Response of nitrogen metabolism to boron toxicity in tomato plants. Plant Biol., 11, 671–677.

Chaplin, M.H. and Martin, L.W. 1980. The effect of nitrogen and boron fertilizer applications on leaf levels, yield and fruit size of the red raspberry. 1. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 11(6), 547-556.

Chapman, H.D., Pratt, P.F and Parker, F. 1961. Methods of Analysis for Soils, Plants and Waters. Univ. of California, Berkeley, Div. Of Agric. Sci., 137-138.

Chatzissavvidis, C. ve Therios, I. 2003. The effect of different B concentrations on the nutrient concentrations of one olive (Olea europaea L.) cultivar and two olive rootstocks. In: Stefanoudaki, E. (Ed.), Proceedings of the International Symposium on the Olive Tree and the Environment, Chania, Greece, 1–3 October 2003, pp. 214–220.

Chatzissavvidis, C.A., Therios, I.N. ve Molassiotis, A.N. 2005. Seasonal variation of nutritional status of olive plants as affected by boron concentration in nutrient solution. J. Plant Nutr., 28, 309–321.

Chatzissavvidis, C., Therios, I., Antonopoulou, C. ve Dimassi, K. 2008. Effects of high boron concentration and scion-rootstock combination on growth and nutritional status of olive plants. J. Plant Nutr., 31, 638–658.

Chatzissavvidis, C. ve Therios, I. 2010. Response of Four Olive (Olea europea L.) Cultivars to six b concentrations growth performance, nutrient status and gas exchange parameters. Scientia Horticulturae, 127(1):29-38

Chauhan, R.P.S. and Power, S.L. 1978. Tolerance of wheat and pea to boron in irrigation water. Plant and Soil, 50, 145-190.

Chhipa, B.R., Lal, P. ve Paliwal, R. 1993. Effect of presoaking treatments on wheat grown on soils with graded levels of boron. J. Indian Soci. Soil Sci., 41(3), 531-534.

Christiansen, J., Olsen, E.C. and Willardson, L.S. 1977. Irrigation Water Quality Evoluation, J. Irrıg. And Drain. Div, ASCE, 103 (IR2): 155-169.

Çağlar, K.Ö. 1949. Toprak bilgisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Yayınları, Sayı: 10.

Çakmak, İ., Yılmaz, A., Kalaycı, M., Ekiz, H. Torun, B., Erenoğlu, B. and Brawn, H.J. 1996. Zinc deficiency as critical problem in wheat production in Central Anatolia. Plant and Soil, 180: 167-1 72.

Çakmak, İ., Yılmaz, A., Kalaycı, M., Ekiz, H., Ülger, A.C. and Brown, H. J. 1996. Zinc deficiency and boron toxicity as critical nutritional problems in wheat production in Turkey. 5th Int. Wheat Conference, June 10-14, Ankara, Turkey, p. 279.

Çakmak, İ. 2002. Plant nutrition Research. Priorities to Meet Human Needs for Food in Sustainable Ways. Plant and Soil, 247: 3-24.

Çelik, A. 2007. Borlu sulama sularının biber bitkisinin (Capsicum annuum L.) verim ve kalitesine etkisi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Çetin, S.C., Karaca, A., Haktanır, K. ve Yıldız, H. 2006. Global Attention to Turkey Due to Desertification. Environ Monit Assess., 128:489–493.

Çıkılı, Y., Samet, H. and Dursun, S. 2013. Effects of potassium treatment on alleviation of boron toxicity in cucumber plant (Cucumis sativus L.). Soil- Water Journal, Vol 2, Number (2).

Çıkılı, Y., Samet, H. and Dursun, S. 2015. Mutual effects of boron and zinc on peanut (Arachis hypogaea l.) growth and mineral nutrition. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 46(5), 641-651.

Çıkılı, Y. and Samet, H. 2016. Response of Cape gooseberry (Physalis peruviana L.) plant at early growth stage to mutual effects of boron and potassium. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 33(2),184-193.

Çimrin, K.M., Bozkurt, M.A. ve Akıncı, İ.E. 2000. Azot ve fosforun biberin (Capsicum annuum L.) meyve ve yaprak besin elementi içeriğine etkisi. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt: 3, Sayı: 2, Sh: 174- 180, Kahramanmaraş.

Çomaklı, B. ve Taş, N. 1996. Bazı fiğ türlerinde fosforla gübrelemenin otun kimyasal kompozisyonuna etkileri. Türkiye 3. Çayır Mer'a ve Yem Bitkileri Kongresi, 17-19 Haziran 1996, Erzurum. 293-300.

Çolpan, E., Zengin, M. ve Özbahçe, A. 2013. The effects of potassium on the yield and fruit quality components of stick tomato. Horticulture Environment and Biotechnology, 54(1): 20-28.

Dangarwala, R.T. 2001. Interactions of boron with other nutrients In H.L.S. Tandon (ed) Management of nutrient interactions in agriculture fertilizer development and consultation organization, New Delhi. India, p 97-115.

Davies, F.T.Jr., Duray, S.A., Phavaphutanon, L. and Stahl, R.S. 1999. Influence of phosphorus on gasexchange and plant growth of two morphologically distinct types of capsicum annuum. Photosynthetica Prague, 36 (1 – 2): 99 – 106.

Dechnik, I. and Chmielewiska, B. 1989. F› l› pek, T., Mazur, J. Effect of differentiated nitrogen and potassium fertilizer application on the trace dement concent in soil end sugarbeet. 1. Boron. C 2. 1. Bor. Roczniki Nauk Rolniczych, 108(1), 149-153.

Demirkıran, A. ve Sağlam, T. 2011. Azotlu ve fosforlu gübrelerin Kahramanmaraş koşullarında yetişen kırmızıbiberin (Capsicum Annuum L.) azot ve fosfor alımı üzerine etkilerinin araştırılması. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 5. Bitki Besleme ve Gübre Kongresi Bildirileri Kitabı, s. 317. Bornova, İzmir.

Duman, İ. 2003. Bor madenleri ve stratejik bor ürünleri. Bilim ve Ütopya Dergisi, Sayı:114, s.18-21.

Dursun, A., Turan, M., Ekinci, M., Güneş, A., Ataoğlu, N., Esringü, A. ve Yıldırım, E. 2010. Effects of boron fertilizer on tomato, pepper, and cucumber yields and chemical composition. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 41(13), 1576-1593.

Dye, M.H., Buchanan, L., Dorofaeff, F.D. and Beecraft, F.G. 1983. Die back apricot trees following soil application of boron. New Zealand Journal of Experimental Agriculture, 11, 331-34.

Ediz, N. ve Özday, H. 2001. Bor mineralleri ve ekonomisi. D.P.Ü. F.B.E. Dergisi, Sayı 2, Kütahya.

Egorov, V.S. and Egorova, E.V. 1993. Residual effect of mineral fertilizers on vetch and oat yield on soddypodzolic soil with varying P content. Moskow University Soil Science Bulletin. 1993 48:2, 32-36. Transleted From Vestnik Moskovskogo Universiteta, Pochvovedenie, 48 (2): 38-42.

El-Gharabbly., G.A. and Bussler, W. 1986. Critical levels of boron in cotton plants. Egypt J. Bot., 26, 81-90.

El-Kholi, A.F. and Hamdy, A.A. 1977. Boron potassilim interrelationship in alfalfa plants. Egypt J. Soil Sri., 17:87-92.

Elmacı, O. L. 1989. Antalya Yöresinde (Kale) sebze yetiştirilen seralardaki toprakların ve bitkilerin besin maddesi durumunun tespiti. E.U.F.B.E.Toprak ABD Yüksek Lisans Tezi. Bornova, İzmir.

Esringü, A., Turan, M., Gunes, A., Ataoglu, N. and Uzun, O. 2011. Optimum economic boron fertilizer doses of wheat grown on calcareous soil. Journal of Plant Nutrition, 34(11), 1625-1641.

Esringü, A., Turan, M., Gunes, A., Eşitken, A. and Sambo, P. 2011. Boron application improves on yield and chemical composition of strawberry. Acta Agriculturae Scandinavica, Se Boron fertilizer application affected plant yield and chemical composition. Soil and Plant Science, 61(3), 245-252.

Evliya, H. 1964. Kültür bitkilerinin beslenmesi. Ankara. Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, Yayın no: 36, 292- 294, Ankara.

Eyüpoğlu, F., Kurucu, N. ve Talaz, S. 1995. Türkiye Topraklarının Bitkiye Yarayışlı Mikroelementler Bakımından Genel Durumu. Toprak Gübre Araştırma Ens. 620/A-002 Projesi Toplu Sonuç Raporu. Ankara.

FAO, 1976. Water Quality for Agriculture. Irag. and Drainage Paper 29, Rome, 81.

Fox, R.H. 1968. The effect of calcium and pH on boron uptake from high concentrations of boron by cotton and alfalfa. Soil Science, 106, 435-439.

Francois, L.E. 1991. Yield and quality responses of garlic and onion to excess boron. Hortscience, 26(5):547-549.

Fresenıus, W., Quentin, K.E. and Schneidler, W. 1988. Water Analysis a Practical Guide to Physico-Chemical, Chemical and Microbiological Water Examination and Quality Assurance. ISBN 3-540-17723-Springer-Verlay, Berlin Heidelberg, New York.

Gabal, M.R. 1979. Studies on the response of paprika varieties to nitrogen levels and forms under different environmental conditions. Thesis, Budapest.

Ganmore-Neumann, R. ve Davidov, S. 1993. Uptake and distribution of calcium in rose plantlets as affected by calcium and boron concentration in culture solution. Plant and Soil, 155(1), 151-154.

Gezgin, S., Dursun, N. Hamurcu, M., Harmankaya, M., Önder, M., Sade, B., Topal, A., Soylu, S., Akgün, N., Yorgancılar, M., Ceyhan, E., Çiftçi, N., Acar, B., Gültekin, İ., Işık, Y., Şeker, C. and Babaoğlu, M. 2002. Determination of B Contents of Soils in Central Anatolian Cultivated Landsand its Relations Between Soil and Water Characteristics. Boron in Plant and Animal Nutrition. Goldbach, HE, Brawn, PH, Rerkasem, B., Thellier, M., Wimmer, MA, Ben, RW, Eds, 391-400.

Gezgin, S., Gökmen, F., Dursun, N., Babaoğlu, M. ve Hakkı, E.E. 2005. Tarımda Borun Önemi. I. Ulusal Bor Çalıştayı Bildiriler Kitabı, 147-154, Ankara.

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.

Gezgin, S., Hamurcu, M., Dursun, N. ve Gökmen, F. 2007. Değişik bor dozları ve uygulama şekillerinin farklı lokasyonlarda yetiştirilen şeker pancarının yaprak bor içeriği verim ve kalite üzerine etkisi. Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(42): 25-35.

Golakia, B.A. and Patel, M.S. 1988. Effect of Ca/B ratio on yield attributes and yield of groundnut. J. Indian Soc. Soil Sci., 36, 287-290.

Goldberg, S., Shouse, P.J., Lesch, S.M., Grieve, C.M., Poss, J.A,. Forster, H.S. and Suarez, D. L. 2003. Effect of high boron application on boron content and growth of melons. Plant and Soil, 256:403-411.

Gomez, I., Pedreño, J.N., Moral, R., Iborra, M.R., Palacios, G. and Mataix, J. 1996. Salinity and nitrogen fertilization affecting the macronutrient content and yield of sweet pepper plants. Journal of Plant Nutrition, 19(2), 353-359.

Gökmen, F. 2005. Konya ovası topraklarında bitkiye yarayışlı bor miktarının belirlenmesinde kullanılacak en uygun metodun seçimi. Yüksek Lisans tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Konya.

Göncü, N. 1982. Dünya ve Türkiye'de Metal ve Mineral Kaynaklarının Potansiyeli, Ticareti, Beklenen Gelişmeler. 10. Bor Mineralleri, M. T. A. Enst. Yayınları, 187, Ankara.

Gupta, U.C., Sterlinga, J.D.E. and Nass, H.G. 1973. Influence of various rates of compost and nitrogen on the boron toxicity symptoms in barley and wheat. Canadian Journal of Plant Science, 53: 451–456.

Gupta, U.C. and Macleod, J.A. 1981. Plant and soil boron as influenced by soil pH and calcium sources on podzol soils. Soil Science, 131: 20.

Güneri, E., Çiçek, N. ve Eraslan, F. 2004. Biber bitkisinin gelişimi ve mineral madde kapsamına bor toksisitesi ve jips uygulamalarının etkisi Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Tarım-Sanayi-Çevre, 11-13 Ekim Tokat.

Güneş, A., Alpaslan, M., Özcan, H. ve Çıkılı, Y. 1998. The Effect of zinc on alleviation of boron toxicity in tomato plants (Lycopersicon esculentum L.). Turk. J. of Agriculture and Forestry, 24:505-509.

Güneş, A. 2000. Ekmeklik (T. aestivum) ve makarnalık (T.durum) buğday genotiplerinin bor alımı üzerine fosforun etkisi. Tarım Bilimleri Dergisi, 6(4), 44-48.

Güneş, A., Alpasalan, M., Özcan, H. ve Çıkılı, Y. 2000. Türkiye'de yaygın olarak yetiştirilen mısır (Zea mays L.) çeşitlerinin bor toksisitesine duyarlılıkları. Turkish Journal of Agricultural, 24, 277-282.

Güneş, A. and Alpaslan, M. 2000. Boron uptake and toxicity in maize genotypes in relation to boron and phosphorus supply. J.Plant Nutr., 23(4):541-550.

Güneş, A., Alpaslan, M., Çikili, Y. and Özcan, H. 2000. The effect of zinc on alleviation of boron toxicity in tomato plants (Lycopersicon esculentum L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 24(4), 505-510.

Hamurcu, M. ve Gezgin, S. 2001. Şeker pancarının (Beta vulgaris L.) verim ve kalitesi üzerine çinko ve bor uygulamasının etkisi. S.Ü. Ziraat Fak. Derg., 15(26): 116-128.

Hamurcu, M., Harmankaya, M., Soylu, S., Gökmen, F. ve Gezgin, S. 2006. 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, Konya.

Hegde, D. and Srinivas, H. 1990. Effect of irrigation and nitrogen fertilization on yield, nutrient uptake and water use of tomato. Gartenbauwissenschaft. 55:173-177.

Hellal, F.A., Taalab, A.S. and Safaa, A.M. 2009. Influence of nitrogen and boron nutrition on nutrient and sugar beet yield grown in calcareous soil. Ocean Journal of Applied Sciences, 2(1): 1-1.

Hu, H., Brown, P.H. and Labavitch, J.M. 1996. Species variability in boron requirement is correlated with cell wall pectin. J. of Experimental Botany, 47(2), 227-232.

Hu, B. and Brown, H.P. 1997. Absorption of boron by plant Roots. Plant and Soil, 193: 49- 58.

Huang, J. and Snapp, S.S. 2009. Potassium and boron nutrition enhance fruit quality in Midwest fresh market tomatoes. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 40:1937-1952.

Hussain, I., Liqa R., Munir A.H., Fuard M. ve Wim V.D.H., 2001. Framework for analyzing socioeconomic, health and environmental impacts of wastewater use in agriculture. IWMI working paper 26. International Water Management Institute. Colombo, Sri Lanka.

Ismail, A.M. 2003. Response of maize and sorghum to excess boron and salinity. Biologia Plantarum, 47(2):313-316.

İnal, A. ve Tarakçıoğlu, C. 2001. Effects of nitrogen forms on the growth, nitrate accumulation, membrane permeability, and nitrogen use efficiency of hydroponically grown bunch onion (Allium cepa L.) under boron deficiency and toxicity. J. Plant Nutr., 24, 1521–1534.

Jackson, M.C. 1967. Soil chemical analysis. Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi.

Jones, H.E. and Scarseth, G.D. 1944. The calcium- boron balance in plants as related to boron needs. Soil Sci., 57, (1), 15-24.

Jones, J. B., Wolf, B. and Mills, M.A. 1991. Plant Analysis Handbook. p: 201-213 Micro- Macro Publishing, Inc., USA.

Jones Jr, J. B. 2007. Tomato plant culture: in the field, greenhouse, and home garden. CRC press.

Jones, W.W., Embleton, T.W., Boswell, S.B., Steinacker, M.L., Lee B.W. and Barnhart, E. L. 1963. Nitrogen control program for oranges and high sulfate and/or high boron. Calif. Citrogr., 48(107): 128-130.

Kacar, B. and Fox, R.L. 1967. Boron status of some Turkish soils. University of Ankara, Yearbook of the Faculty of Agriculture, 1966, 9-11.

Kacar, B. 1984. Bitki Besleme. S 1-317. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayın No. 1490. Ankara.

Kacar, B. 1995. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: III. Toprak Analizleri. A. Ü. Ziraat Fakültesi Geliştirme Vakfı Yayınları, No: 3, Ankara.

Kacar, B. ve Katkat A.V. 1998. Bitki Besleme. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı, Vipaş Yayınları, Bursa.

Kacar, B. ve Katkat, A.V. 1999. Bitki Besleme. Vipaş Yayınları, 3, 417-441s, Bursa.

Kacar, B. ve İnal, A. 2008. Bitki Analizleri. Nobel Yayınları, Yayın no:1241 (63).

Kacar, B. 2009. Toprak Analizleri. Nobel Yayınları. Yayın no:968 (72).

Kacar, B. ve Katkat, A.V. 2010. Bitki Besleme. 5. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım.

Kamprath, E.J. and Foy, C.D. 1985. Lime-fertilizer-plant interactions in acid soils. Fertilizer technology and use, (fertilizertechn), 91-151. Madison, USA.

Kaplan, M., Köseoğlu, A.T., Aksoy, T., Pilanalı, N. ve Sarı, N. 1995. Batı Akdeniz bölgesinde serada yetiştirilen domates bitkisinin beslenme durumunun toprak ve yaprak analizleri ile belirlenmesi. TOAG-987/DPT-3. Antalya.

Kaptan, M.A. 2013. Pamukta (Gossypium hirsutum L.) Bor toksisitesi ve hümik madde uygulamasının etkileri. Doktora Tezi. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.

Kapur, S., Akça, E., Kapur, B. and Öztürk, A. 2006. Migration: An Inversible Impact of Land Degration in Turkey, 291-304. Desertification in the Mediterranean Region. A Security Issue Ed. W. G. Kepner, J. L. Rubio, D. A. Mouat, F. Pedrazzini Springer Publisher in Caog with Nato Public Diplomacy Division.

Karle B.G. and Babula A.V. 1985. Effect of B and S on yield attributes and quality of groundnut. Proc. TNAU - FACT Seminar on Sulphur. Coimbatore, 158-168.

Kastori, R. and Petrović, N. 1989. Effect of boron on nitrate reductase activity in young sunflower plants. Journal of Plant Nutrition, 12(5), 621-632.

Kaya, M.D., İpek, A. and Özdemir, A. 2003. Effects of different soil salinity levels on germination and seedling growth of safflower (Carthamus tinctorius L.). Turkish Journal of Agricultural Foresty, 27, 221-227.

Kaya, C., Tuna, A.L., Dikilitas, M., Ashraf, M., Koskeroglu, S. and Guneri, M. 2009. Supplementary phosphorus can alleviate boron toxicity in tomato. Scientia Horticulturae, 121(3), 284-288.

Keatinge, J.D.H. and Chapanian, N. 1991. The effect of improved management on the yield and nitrogen content of legume hay/barley crop rotations in West Asia-J. Agronomy and Crop Science, 167: 61-69.

Khan, N., Young, K.J. and Gartrell, J.N. 1999. Boron toxicity in barley. Division of Plant Research Agriculture, 85p.

Kızılgöz, İ. ve Özberk, İ. 2005. Sulanan koşullarda makarnalık ve ekmeklik buğdayın borla beslenme durumunun belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9-3, Isparta.

Kobayashi, M., Nakagawa, H., Asaka, T. and Matoh, T. 1999. Borate-rhamnogalacturonan II bonding reinforced by Ca2+ retains pectic polysaccharides in higher-plant cell walls. Plant Physiology, 119(1), 199-204.

Koohkan, H. and Maftoun, M. 2015. Effect of Nitrogen on the Alleviation of Boron Toxicity in Rice (Oryza Sativa L.). Journal of Plant Nutrition, 38(9), 1323-1335.

Kowalenko, C.G. 1981. The effect of nitrogen and boron soil applications on raspberry leaf N, B and Mn concentrations and on selected soil analyses. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 12(11), 1163-1179.

Lindsay, W.L. and Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for Zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Amer. Jour., 42 (3): 421-428. Madisson, Wisconsin, USA.

Lombin, C.L. and Bates, T.E. 1982. Comparative responses of peanuts, alfalfa, and soybeans to varying rates of boron and manganese on two calcareous Ontario soils. Can J. Soil Sci., 522:l-9.

Loomis, W.D. and Durst, R.W. 1992. Boron and cell walls. Curr. Top. In Plant Biochem. Physiol., 10: 149-178.

Lopez-Lefebre, L.R., Rivero, R.M., Garcia, P.C., Sanchez, E., Ruiz, J.M. and Romero, L. 2002. Boron effect on mineral nutrients of tobacco. Journal of Plant Nutrition, 25(3), 509-522.

Lou, Y., Liang, Y., Yang, Y. and Bell, R.W. 2003. Effect of fertilization on plant growth and nutrient uptake in oilseed rape under varying boron supply. Communications in Soil Sci. and Plant Analysis, 34: Nos 7-8, pp. 1059-1075.

Loue, A. 1968. Diagnostic petiolaire de prospection etudes sur la nutrition et al. fertilisation potassiques de la vigne. Societe Commerciale des Potasses d' Alsace Services Agronomiques, 31-41.

Ludbrook, W.V. 1942. Effects of Various concentrations of boron on the growth of pine seedlings. Journal of Australian Institute of Agricultural Science, 8, 112-114.

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd edn. Academic Press, pp. 379-396, San Diego.

Marschner, H. 2002. Mineral nutrition of Higher Plants. Plant, Cell and Environment, 11, 147-148.

Michael, G., Wilberg, E. and Kouhsiahai-Tork, K. 1969. Boron deficiency induced by high air humidity. Z. Pflanz. Bodenkunde, 122, 1-3.

Mohamed, A.K.S., Qayyum, M.F., Shahzad, A.N., Gul, M. and Wakeel, A. 2016. Interactive effect of boron and salinity on growth, physiological and biochemical attributes of wheat (Triticum aestivum). International Journal of Agriculture and Biology, 18(2), 238-244.

Moreno, C.S., Ancos, B., Plaza, L., Martinez, P.E. and Cano, M.P. 2008. Nutritional Characterization of Tomato Juices. In: Tomato and Tomato Products Nutritional, Medicinal and Therapeutic Properties. Predy, V.R. Watson, R.R. (eds), Science Publisher, 664, USA.

Mortvedt, J. J., Cox, F.R., Shuman, L.M. and Welch, R.M. 1991. Micronutrients in agriculture. Second ed. SSSA Book Ser. 4. SSSA, Madison, WI.

Mouhtaridou, G.N., Sotiropoulos, T.E., Dimassi, K.N. and Therios, I. N. 2004. Effects of boron on growth, and chlorophyll and mineral contents of shoots of the apple rootstock mm 106 cultured in vitro. Biologia Plant., 48, 617–619.

Mozafar, A. 1989. Boron effect on mineral nutrients of maize. Agronomy Journal, 81(2), 285-290.

Nable, R.O. 1988. Resistance to boron toxicity amongst several barley and wheat cultivars: a preliminary examination of the resistance mechanism. Plant and Soil, 112;45-57.

Nable, R.O., Paull, J.G. and Cartwright, B. 1990. Problems associated with the use of foliar analysis for diagnosing boron toxicity in barley. Plant and Soil, 138: 225-232.

Nable, O.N., Banuelous, S.G. and Paull, G.J. 1997. Boron toxicty. Plant and Soil, 198: 181-198.

Nadian, H., Najarzadegan, R., AlamiSaeid, K., Gharineh, M.H. and Siadat, A. 2010. Effects of boron and sulfur application on yield and yield components of brassica napus l. in a calcareous soil. World Applied Sciences Journal, 11 (1): 89-95.

Oertli, J. and Kohl, H.C. 1961. Some considerations about the tolerance of various plant species to excessive supplies of boron. Soil. Sci., 92, 243-247.

Oertli, J.J. and Roth, J.A. 1969. Boron nutrition of sugar beet, cotton, and soybean. Agronomy Journal, 61(2), 191-195.

Oertli, J.J. 1993. The Mobilty of boron in plants. Plant and Soil, 156, 301-304.

Olsen, S.R. and Sommers, E.L. 1982. Phosporus soluble in sodium bicarbonate, Methods of Soil Analysis. Part 2, Chemical and Microbiological Properties. Edit: A.L. Page, P.H. Miller, D.R. Keeney, 404-430.

Özen, D. 2006. Borun farklı duyarlılıktaki arpa çeşitlerinde bor içeriği ile bazı verim ve kalite özelliklerine etkisi. Doktora tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Özgül, S. 1974. Tuzluluk ve sodiklik. Uluslararası Sulama ve Drenaj Komisyonu Türk Milli Komitesi, Teknik Rehber, 04,02-02, Neşriyat Vol: 2, s. 18-34, Ankara.

Özkan, F., Özçelik, A., Arı, N., Polat, T., Arpacıoğlu, A. ve Köseoğlu, A.T. 1998. Antalya bölgesinde yetiştirilen karanfillerde görülen kaliks çatlamasına borun etkisi üzerine araştırmalar. I. Ulusal Süs Bitkileri Kongresi.

Özkan ve Eryüce. 2011. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 5. Bitki Besleme ve Gübre Kongresi Bildirileri Kitabı, s. 371. Bornova, İzmir.

Panciera, M.T. and Sparrow, S.D. 1995. Effects of nitrogen fertilizer on dry matter and nitrogen yields of herbaceous legumes in interior Alaska. Canadian Journal of Plant Science, 75(1), 129-134.

Pandev, S. 1993. Effect of Nitrogen Concentration of The Nutrient Solution on Total and Nitrate Nitrogen in Pepper (Capsicum annuum L.) Organs. Bulgarian Journal of Plant Physiology, 19 (1-4): 44 – 52.

Papadakis, I.E., Dimassi, K.N., Bosabalidis, A.M., Therios, I.N., Patakas, A. and Giannakoula, A. 2004 a. Effects of B excess on some physiological parameters of 'Navalina' orange plants grafted on two rootstocks. Enviromental and Experimental Botany, 51, 247-257.

Papadakis, I.E., Dimassi, K.N., Bosabalidis, A.M., Therios, I.N., Patakas, A. and Giannakoula, A. 2004 b. Boron toxicity in 'Clementine' mandarin plants grafted on two rootstocks. Plant Science, 166, p 539–547.

Pate, J.S. 1975. Exchange of solutes between phloem and xylem and circulation in the whole plant. In Transport in Plants I (pp. 451-473). Springer Berlin Heidelberg.

Patel, N.K. and Mehta, B.V. 1966. Effect of various calcium-boron and potassium-boron ratios on the growth and chemical composition of aromatic strains of Bidi tobacco (Nicotiana tabacum L.) J. Indian Soc. Soil Sci., 14, 241-251.

Patel, M.S. and Golakia, B.A. 1986. Effect of calcium carbonate and boron application on yield and nutrient uptake by groundnut. J. Indian Soc. Soil Sci., 34, 815-820.

Petridis, A., Gasparatos, D., Haidouti, C., Paschalidis, C. and Zamanidis, P. 2013. Effects of nitrogen and boron fertilization on lettuce mineral nutrition in a calcareous soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 44(1-4), 733-740.

Petro-Turza, M. 1987. Flavor of tomato and tomato products. Food Review International, 2 (3), 309-351.

Pire, R. and Colmenarez, O. 1996. Uptake and Efficiency of Recovery of Nitrogen by Bell Pepper Plants Subjected to Different Rates and Split Applications of The Element. Agronomia Tropical Maracay. 46: 4,353 – 369; 24 ref., Venezuela.

Pizer, N.H. 1967. Some advisory aspect soil potassium and magnesium. Tech. Bull No: 14-184.

Provin, T.L. and Pitt, J.L. 2002. Description of Water Analysis Parameters. Soil and Crop Science Department, The Texas A and M University. U.S.A.

Rajaie, M., Ejraie, A.K., Owliaie, H.R. and Tavakol, A.R. 2009. Effect of zinc and boron interaction on growth and mineral composition of lemon seedlings in a calcareous soil. International Journal of Plant Production, 3:1, 39-50.

Rashidi, M. and Gholami, M. 2011. Nitrogen and boron effects on yield and quality of cotton (Gossypium hirsutum L.). International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science, 1(4), 118-125.

Razmijoo, K. ve Henderlong, P.R. 1997. Effect of potassium, sulfur, boron and molybdenum fertilization on alfalfa production and herbage macronutrient contents. J. Plant Nutr., 20, 1681–1696.

Reid, R.J., Hayes J.E., Post, A., Stangoulis J.C.R. and Graham, R.D. 2004. A critical analysis of the causes of boron toxicity in plants. Plant Cell Environ., 27: 1405–1414.

Reid, R. 2007. Update on boron toxicity and tolerance in plants. Advances in plant and animal boron nutrition. Springer, Dordrecht, 83-90, Netherlands.

Reisenauer, H.M., Walsh, L.M. and Hoeft, R.G. 1973. Testing soil for sulphur, boron, molybdenum and clorine. In L.M. Walsh and J.D. Beaton Ed. Of Soil Testing and Plant Analysis, p:173. Soil Sci. Soc. Amer. Inc., Madison, Wisconsin.

Rerkasem, B., Lodkaew, S. and Jamjod, S. 1990. Assessment of grain set failure and diagnosis for boron deficiency in wheat. In 3. International Conference on Wheat for the Nontraditional Warm Areas, Foz do Iguacu, Brazil, 29 Jul-3 Aug., CIMMYT.

Reynolds, J.F., Stafford Smith, D.M., Lambin, E.F., Turner, B.L., Mortimore, M., Batterbury, S.P.J., Downing, T.E., Dowlatabadi, H., Fernandez, R.J., Herrick, J.E., Huber-Sannwald, E., Jiang, H., Leemans, R., Lynam, T., Maestre, F.T., Ayarza, M. and Walker, B. 2007. Global desertification: building a science for dryland development. Science, 316, 847–851.

Richards, L.A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils Us Salinity Lab. USA.

Rodriguez, M.G., Gomez-Ortega, M. and Alvarez-Tinaut, M.C. 1981. Boron, copper, iron, manganese and zinc contents in leaves of flowering sunflower plants (Helianthus annuus, L.), grown with different boron supplies. Plant and Soil, 62(3), 461-464.

Sakal, R. 1987. Boron and sulphur-nutrition of groundnut in calcareous soil. Annual Progress Report of the All India Co-ordinated Scheme of Micro and Secondary Nutrients and Pollutant Elements in Soils and Plants, (ICAR) pp. 37-40. Rajendra Agril. Univ., Pusa, Bihar.

Sakal, R. 1988. Effect of boron application on blackgramand chickpea production incalcareous soil. Fert. News, 33 (2): 27-30.

Sakal, R. 2001. Interactions of boron with other nutrients In H.L.S. Tandon (ed) Management of nutrient interactions in agriculture fertilizer development and consultation organization, New Delhi. India, p 68-77.

Salinas, M.R.A. Carda, M., Romeo, F.G., Fernandez, and M. Caro. 1985. Interactive effect of boron and nitrogen on pea plants. Agrochimica, 4: 489–499.

Samet, H., Çıkılı, Y. and Dursun, S. 2015. The role of potassium in alleviating boron toxicity and combined effects on nutrient contents in pepper (Capsicum annuum L.). Bulgarian Journal of Agricultural Science, 21(1): 64-70.

Santra, G.H., Das, D.K. and Mandal, B.K. 1989. Relationship of boron with iron, manganese, copper and zinc with respect to their availability in rice soil. Environment and Ecology. Kalyani, 7(4), 874-877.

Sarı D.S., Hamurcu M., Harmankaya, M., Gökmen, F. ve Gezgin, S. 2010. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 5. Bitki Besleme ve Gübre Kongresi Bildirileri Kitabı, s. 542. Bornova, İzmir.

Savaşlı, E., Brohi, R.A. ve Topbaş, T.M. 1995. Çeltik bitkisinin çinkolu ve fosforlu gübrelere cevabı ve fosfor çinko ilişkisinin verime etkisi. Ulusal Çinko Kongresi. s, 445-452.

Seferoğlu, S., Seferoğlu, G. ve Tekintaş, E. 2011. Azotlu ve potasyumlu gübrelerin antepfıstığı yapraklarının mikro besin maddesi içerikleri üzerine etkisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 5. Bitki Besleme ve Gübre Kongresi Bildirileri Kitabı, s. 152. Bornova, İzmir.

Shehzad, M.A., Maqsood, M., Wajid, S.A. and Anwar-ul-Haq, M. 2016. Dry matter partitioning and mineral constitution response of sunflower (helianthus annuus) to integrated nitrogen and boron nutrition in calcareous soils. International Journal of Agriculture and Biology, 18(2): 257-265.

Shelp, B.J., Shattuck, V.I. and Proctor, J.T.A. 1987. Boron nutrition and mobility, and its relation to the elemental composition of greenhouse grown root crops. II Radish. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 18(2): 203-219.

Shelp, B.J., Shattuck, V.I., McLellan, D. and Liu, L. 1992. Boron nutrition and composition of glucosinolates and soluble nitrogen compounds in two broccoli (Brassica oleracea var. Italica) cultivars. Can. Plant Sci., 72: 889-899.

Shukla, M.P. 1983. Sulphur, zinc and boron nutrition of Rai (Brassica juncea). J. Indian Soc. Soil Sci., 31, 517-520.

Sillanpaa, M. 1982. Micronutrients and The Nutrient Status of Soil. A Global Study. FAO Soils Bulletin No. 48. FAO, Rome, Italy.

Silanpaa, M. 1990. Micronutrient Assessment at the Country Level: An international study. FAO Soils Bulletin, Rome, Italy.

Singh, V. and Singh, S.P. 1983. Effect of applied boron on the chemical composition of lentil. Plants. J. Indian Soc. Soil Sci., 31, 169-170, India.

Singh, D.P. 1988. Effect of gypsum on boron tolerance in cowpea. New Botanist, 15, 145-148.

Singh, J.P., Dahiya, D.J. and Narwal, R.P. 1990. Boron uptake and toxicity in wheat in relation to zinc supply. Fertilizer Research, 24(2): 105-110.

Singh, B.P. and Singh, B. 1990. Response of French bean to phosphorus and boron in acid Alfisols in Meghalaya. J. Indian Soc. Soil Sci., 38, 769-771.

Sinha, P., Jain, R. and Chatterjee, C. 2000. Interactive effect of boron and zinc on growth and metabolism of mustard. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 31(1-2), 41-49.

Smilde, K.W. 1976. Minor elements in the nutrition of cereals. Semaine d'etude cereali culture, Gembloux: 303-312, France.

Smit, J.N. and Combrink, N.J.J. 2004. The effect of boron levels in nutrient solutions on fruit production and quality of greenhouse tomatoes. South African Journal of Plant and Soil, 21(3), 188-191.

Souza, E.C.A., Rosolem, C.A. and Coutinho, E.L.M. 1997. Sunflower response to boron as affected by liming. In Boron in Soils and Plants pp. 23-27. Springer, Dordrecht.

Soy, M. ve Güneş, A. 2003. Fosforun domates (Lycopersicon esculentum L.) bitkisinde bor toksisitesini önlemede etkisi. Tarım Bilimleri Dergisi, 9(3): 273-277.

Stangoulis, J.C.R. and Reid R.J. 2002. Boron toxicity in plants and animals. In: Goldback, H. E. G. (ed.) Boron in Plant and Animal Nutrition. Kluwer Academic, New York.

Şahin, S. 2012. Effects of boron fertilization on productivity of silage maize genotypes and NPK and B contents of the plant. Journal of Food, Agriculture and Environment, 10 (3,4), 501-505.

Şatana, A. 2011. Farklı zamanlarda uygulanan bor ve çinko dozlarının şeker pancarında verim ve kalite özelliklerine etkisinin araştırılması. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi 209 s, Tekirdağ.

Şaylı, B.S. 2000. İnsan Sağlığı ve Bor Mineralleri, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Öğretim Üyesi ve A.Ü.Tıp Fakültesi -Eti Holding Projeleri Yürütücüsü, Ankara, (www.bıgadıc.gov.tr).

Taban, S., Alparslan, M., Kütük, C., İnal, A. and Erdal, İ. 1995. Relationship between boron and calcium in wheat (Tritieum aestivum L). Soil Fertility and Fertilizer Management 9 th International Symposium of CIEC. P: 8590, 25-30 September 1995. Kuşadası.

Tanaka, M. and Fujiwara, T. 2008. Physiological roles and transport mechanisms of boron: Perspectives From Plants. Eur. J. Physiol., 456: 671–677.

Tandon, H.L.S. 1991. Secondary and Micro nutrients in Agriculture. FDCO, New Delhi, pp.122 India.

Tandon, H.L.S. 1995. Micro nutrients in Soils, Cropsand Fertilisers-a source book-cum directory. FDCO, New Delhi, pp.138, India.

Tariq, M. and Mott, C.J.B. 2006. Effect of boron supply on the uptake of micronutritients by radish (Raphanus sativus L.). Journal of Agricultural and Biological Science, 1(2):

Thun, R., Hermann, R. and Knıckman, E. 1955. Die untersuchung von boden neuman verlag. Radelbeul und Berlin, S: 48-48.

Toktok, G.Ö. 2006. Antalya karanfil seralarında bor beslenmesi durumunun ve bor beslenmesindeki bazı önemli faktörlerin etkilerinin araştırılması. Doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı. Antalya.

TUİK. 2016. http://www.tuik.gov.tr. Bitkisel Üretim İstatistikleri.

Turan, M., Ataoglu, N., Gunes, A., Oztas, T., Dursun, A., Ekinci, M. and Huang, Y.M. 2009. Yield and chemical composition of Brussels sprout (Brassica oleracea L. gemmifera) as affected by boron management. HortScience, 44(1), 176-182.

Turan, M.A., Taban, N. and Taban, S. 2009. Effect of calcium on the alleviation of boron toxicity and localization of boron and calcium in cell wall of wheat. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 37(2), 99.

Turan, M., Ketterings, Q.M, Gunes, A., Ataoglu, N. Esringu, A., Bilgili, A.V. and Huang, Y. M. 2010. Boron fertilization of Mediterranean Aridisols improves lucerne (Medicago sativa L.) yields and quality. Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science, 60:427-436.

Türkkan, Y. 2006. Buğdayda bor toksisitesi ile fosfor arasındaki etkileşimin büyüme ve çözünür karbonhidratlar ile ilişkisinin incelenmesi. Yüksek Lisans tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Uygan, D. ve Çetin, O. 2004. Bor'un tarımsal ve çevresel etkileri: Seydisuyu su toplama havzası. II. Uluslararası Bor Sempozyumu, 23-25 Eylül, Maden Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara.

Varenyiova, M. and Ducsay, L. 2014. Effect of increasing doses of boron on oil production of oilseed rape (Brassica napus L.). Mendel Net, 2014:110-114.

Walid, Q., Mohammed, M.J., Husam, N. and Remon, Q. 1999. Response of Bell Pepper Grown Inside Plastic Houses to Nitrogen Fertigation. Communication in Soil Science and Plant Analysis, 30: 17 – 18, 2499 –2509, 33 ref.

Wallace, A. and Bear, F.E. 1949. Influence of potassium and boron on nutrientelement balance in and growth of ranger alfalfa. Plant Phys., 24(4):664-680.

Warington, K. 1923. The Effects of boric acid and borax on the broad bean and certain other plants. Annals of Botany, 37, 457-466.

Welch, R.M. 2002. The ımpact of mineral nutrients in food crops on global human health. Plant and Soil, 247: 83–90.

Wiedenfeld, B., Brandenberger, L. and Makus, D. 1995. Pepper fertilization practices in the Lower Rio Grande Valley of Texas. Subtropical Plant Science, 47 (0): 59 – 64.

Willett, I.R. 1985. Nitrogen-induced boron deficiency in Lucerne. Plant and Soil, 86, 443-446.

Wolf, B. 1940. Factors influencing availability of boron in soil and its distribution in plants. Soil Science, 50(3), 209-218.

Yadav, O.P. and Manchanda, H.R. 1979. Boron tolerance studies in gram and wheat grown on a sierozem sandy soil. J. Indian Soc. Soil Sci., 27, 174-180.

Yamauchi, T., Hara, T. and Sonoda, Y. 1986. Distribution of calcium and boron in the pectin fraction of tomato leaf cell wall. Plant and Cell Physiology, 27(4), 729-732.

Yamanouchi, M. 1980. The effects of phosphorus, potassium, calcium, magnesium and iron on the absorption and translocation of boron in several crops grown at a high concentration of boron. Journal of the Science of Soil and Manure, Japan, 51(2), 126-130.

Yau, S.K. and Ryan, J. 2008. Boron toxicity tolerance in crops: a viable alternative to soil amelioration. Crop Science, 48:854–865.

Yılmaz, E. 2001. The chemistry of fresh tomato flavor. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 25: 149-155.

Zhang, Y., Hu, C., Tan, Q., Nie, Z., Zheng, C., Gui, H. and Zhao, X. 2015. Soil application of boron and zinc influence fruit yield and quality of satsuma mandarin in acidic soils. Agronomy Journal, 107(1), 1-8.

# ÖZGEÇMİŞ

**FATMA ASLI GÜNDEŞ**

**fatmagundes56@gmail.com**




## ÖĞRENİM BİLGİLERİ

| | |
|---|---|
| Yüksek Lisans<br>1984-1986 | Stevens Institute of Technology<br>Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, New Jersey, USA |
| Lisans<br>1982-1984 | Stevens Institute of Technology<br>Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, New Jersey, USA |

## MESLEKİ ve İDARİ GÖREVLER

| | |
|---|---|
| Şirket Müdürü<br>2000-2008 | Aztech Elektronik Ltd. Ankara. |
| Yönetici<br>1993-2000 | Gündeş Makine Sanayii A. Ş. Ankara. |
| Araştırma Görevlisi<br>1988-1992 | Schering Plough Pharmeceutical Company<br>New Jersey, USA. |
| Araştırma Görevlisi 1986-1988 | Ciba-Geigy Pharmeceutical Company New Jersey,USA. |

**ESERLER:** Stereocontrolled Synthesis of ß-Lactams, Yüksek Lisans tezi, Stevens Institute of Technology, New Jersey, USA.