

T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KÜKÜRT UYGULAMASININ PAMUKTA (*Gossypium hirsutum L.*) BOR
TOKSİSİTESİNE ETKİSİ**

Fırat KURT

DOKTORA TEZİ

**TARLA BİTKİLERİ
ANABİLİM DALI**

DIYARBAKIR

Şubat – 2015

T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KÜKÜRT UYGULAMASININ PAMUKTA (*Gossypium hirsutum L.*) BOR
TOKSİSİTESİNE ETKİSİ**

Fırat KURT

DOKTORA TEZİ

TARLA BİTKİLERİ
ANABİLİM DALI

DIYARBAKIR

Şubat – 2015

T.C. DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ
DİYARBAKIR

Fırat KURT tarafından yapılan “Kükürt Uygulamasının Pamukta (*Gossypium Hirsutum L.*) Bor Toksisitesine Etkisi” konulu bu çalışma, jürimiz tarafından Tarla Bitkileri Anabilim Dalında DOKTORA tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Doç. Dr.

Üye : Doç. Dr.

Üye : Doç. Dr.

Üye : Doç. Dr.

Üye : Doç. Dr.

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 27/02/2015

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

.../.../.....

Doç. Dr. Mehmet YILDIRIM

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Uzun, dönemeçli ve inişli-çıkışlı bir yolun sonunda geldiğim bu noktaya, ailemin sınırsız desteği olmasaydı eminim gelemezdim. Desteklerinden dolayı onlara ne kadar teşekkür etsem azdır.

Danışman hocam Doç. Dr. Mefhar G. TEMİZ'e bütün katkıları, yardımları ve özellikle son süreçte verdiği açık ve sınırsız desteği için teşekkür ederim.

Doç. Dr. Mehmet YILDIRIM hocama bütün yardımları ve desteği için teşekkür ederim.

Sevgili Dr. Ferhat ÖZTÜRK'e tezin düzeltilmesi aşamasında gösterdiği bütün destek ve yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Araştırmada kullanılan bor gübresini sağlayan Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü'ne teşekkür ederim.

DESTEK SAYFASI

Bu araştırma, **Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Proje Koordinatörlüğü** tarafından **13- ZF- 78** kodlu proje ile desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

	<u>SAYFA</u>
TEŞEKKÜR.....	I
DESTEK SAYFASI	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	V
ABSTRACT.....	VI
ÇİZELGE LİSTESİ	VII
ŞEKİL LİSTESİ	IX
KISALTMA VE SİMGELER	X
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
2.1. Toprakta Bor	5
2.1.1. Sıcaklık	5
2.1.2. Toprak Nemi	5
2.1.3. pH	6
2.1.4. Işık	6
2.1.5. Toprak Tekstürü	7
2.2. Bitkide Bor	7
2.3. Bor Noksanlığı ve Etkileri	9
2.4. Bor Toksisitesi ve Etkileri	13
2.5. Bor Alınımı ve Taşınımı	18
2.6. Pamukta Bor	19
2.7. Kükürt	21
2.8. Toprakta Kükürt	22
2.9. Bitkide Kükürt	25
2.10. Pamukta Kükürt	27
2.11. Bitki ve Toprakta Kükürt ve Bor İlişkisi Üzerine Yapılmış Çalışmalar	29
2.12. Önceki Çalışmalar	30
2.13. Bor ile İlgili Yapılmış Çalışmalar	31
2.14. Kükürt ile İlgili Yapılmış Çalışmalar	43
3. MATERYAL METOT	47
3.1. Materyal	47
3.1.1. Stonevielle 468 (ST 468)	47
3.1.2. Deneme Yerinin İklim Özellikleri	47
3.1.3. Deneme Yerinin Toprak Özellikleri	49
3.2. Metot	51
3.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması ve Toprak analizleri	52
3.2.1.1. Toprak Bünyesinin Belirlenmesi	52
3.2.1.2. Toprak Reaksiyonunun (Ph) Belirlenmesi	52
3.2.1.3. Kireç İçeriğinin Belirlenmesi	52
3.2.1.4. Eriyebilir Toplam Tuz İçeriğinin Belirlenmesi	52
3.2.1.5. Organik Madde İçeriğinin Belirlenmesi	53
3.2.1.6. Alınabilir Fosfor İçeriğinin Belirlenmesi	53
3.2.1.7. Değişebilir Kalsiyum, Potasyum, Magnezyum ve Sodyumun Belirlenmesi ...	53
3.2.1.8. Bitkiye Alınabilir Demir, Mangan, Çinko ve Bakır İçeriklerinin Belirlenmesi.	53
3.2.1.9. Bitkiye Yarayışlı Bor İçeriğinin Belirlenmesi	53
3.2.1.10. Bitkiye Yarayışlı Kükürt İçeriğinin Belirlenmesi	54
3.2.2. Bitki Örneklerinin Alınması ve Yaprak Analizleri	54
3.2.2.1. Toplam Azot Miktarının Belirlenmesi	54

3.2.2.2.	Diğer Makro Ve Mikro Elementlerin Belirlenmesi	54
3.2.3.	Hasat Sonrası Analizler	55
3.2.3.1.	Verim ve Lif Kalitesi ile İlgili Parametreler	55
3.2.4.	İstatiksel Analizler	55
4.	BULGULAR VE TARTIŞMA	57
4.1.	Verim ve Lif Kalitesi İle İlgili Parametrelerin Değerlendirilmesi	57
4.1.1.	Kütlü Verimi (kg da-1)	57
4.1.2.	Çırcır Randımanı (%)	63
4.1.3.	Lif İnceliği (micronaire)	67
4.1.4.	Lif Uzunluğu (mm)	72
4.1.5.	Ortalama Lif Uzunluk Uyumu İndeksi (%).....	77
4.1.6.	Lif Kopma Dayanıklılığı (g/tex)	81
4.1.7.	Lif Olgunluğu (%).....	85
4.1.8.	Lif Elastikiyeti (%).....	89
4.1.9.	Kısa Lif Oranı (%).....	93
4.2.	Yaprak Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	96
4.2.1.	Azot (%).....	96
4.2.2.	Fosfor (ppm)	101
4.2.3.	Potasyum (ppm)	105
4.2.4.	Kalsiyum (ppm)	110
4.2.5.	Kükürt (ppm)	114
4.2.6.	Magnezyum (ppm)	118
4.2.7.	Bor (ppm)	122
4.2.8.	Demir (ppm)	126
4.2.9.	Çinko (ppm)	130
4.2.10.	Molibden (ppm)	134
4.2.11.	Molibden (ppm)	138
4.2.12.	Bakır	142
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	149
6.	KAYNAKLAR	153
ÖZGEÇMİŞ		171

ÖZET

KÜKÜRT UYGULAMASININ PAMUKTA (*Gossypium hirsutum L.*) BOR

TOKSİSİTESİNE ETİSİ

DOKTORA TEZİ

Fırat KURT

DİCLE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

2015

Bu çalışma, kükürt gübrelemesinin bor toksisitesi üzerine olan etkisinin belirlenmesi amacıyla Dicle Üniversitesi Tarla Bitkileri deneme alanında 2013-2014 yılları arasında yürütülmüştür. Bölünmüş parseller deneme desenine göre dizayn edilen denemede, iki farklı kükürt dozuyla birlikte (0-100 kg/da) dört farklı bor dozunun (0, 2.5 ppm, 5 ppm ve 15 ppm) pamuk lif ve kalite özellikleriyle, yaprak bitki besin değerlerine olan etkileri incelenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, 5 ve 15 ppm bor dozları, pamuk üzerinde hem kükürt uygulanan hem de kükürt uygulanmayan parsellerde görülebilir toksik belirtiler oluşturmamıştır. Pamuk lif verimi ve kalite özellikleri açısından iki yıllık ortalamalara göre, kükürtsüz uygulamalar, kükürtlü uygulamalara tercih edilmelidir. B gübrelemesi yapılırken de 5 ppm B dozunun aşılmasına özen gösterilmesi, özellikle pamuk lif kalite özellikleri açısından önemlidir. Kükürt x bor uygulama interaksyonu açısından ise kesin bir yargıda bulunmak güçtür.

B ve S uygulamaları ve uygulama interaksyonlarının, yaprak makro ve mikro besin elementlerinin içeriği üzerine olan etkileri iki yıllık ortalamalara göre değerlendirilmiştir. N, P ve K, kükürt uygulamasından etkilenmemiştir. Kükürt uygulaması pamuk yapraklarının Ca, B, Mo ve Mn içeriklerinin azalmasına neden olmuştur; ancak, belirtilen mikro besin elementlerinin dışındaki mikro besin elementlerinin yapraktaki konsantrasyonları artmıştır. Bu nedenle Ca, B, Mo ve Mn içeriği yetersiz olan topraklarda yetiştirilen pamuğa, kükürt uygulaması yapılırken dikkatli davranmak gerekmektedir. B gübrelemesi ve kükürt x bor uygulama interaksyonu açısından ise genel bir yargıda bulunmak güçtür.

Anahtar Kelimeler: Pamuk, kükürt, bor toksisitesi, lif kalitesi özellikleri

ABSTRACT

THE EFFECT OF SULPHUR FERTILIZATION ON BORON TOXICITY IN COTTON (*Gossypium hirsutum L.*)

PhD THESIS

Fırat KURT

THE DEPARTMENT OF FIELD CROPS
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF DICLE

2015

This study was carried out determining the effect of sulphur fertilization on boron toxicity in cotton in the research field of the department of field crops at Dicle University between 2013-2014. In the trial, designed in randomized complete split block, the effect of two sulphur doses (0-100 kg/da) and four boron doses (0, 2.5 ppm, 5 ppm ve 15 ppm) on cotton yield, fiber properties and on nutrient concentrations of cotton leaves were examined.

According to the results, 5 and 15 ppm of boron treatments with sulphur and without sulphur didn't lead to any visible toxic symptoms in cotton. According to two-year averages, the treatments without sulphur should be preferred to the treatments with sulphur in terms of cotton yield and fiber qualities. While boron fertilization is made, 5 ppm boron dosage should not be exceeded in terms of cotton fiber qualities. As for sulphur and boron interactions, it is hard to make any decisive judgements.

The effect of the boron and sulphur treatments and their interactions on macro and micronutrients of cotton leaves were evaluated in terms of two-year averages. N, P and K weren't affected by the treatments with sulphur. The treatment with sulphur led to decrease of Ca, B, Mo and Mn concentrations of leaves, nonetheless, the concentrations of micronutrients other than these micronutrients were increased. For this reason, a special caution should be taken for cotton cultivation in soils having insufficient Ca, B, Mo and Mn. With regards to boron and boron interactions, it is hard to make any decisive judgements.

Key Words: Cotton, sulphur, boron toxicity, fiber quality properties

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge No		Sayfa
Çizelge 3.1	Deneme alanına ait iklim verileri (2013-2014)	48
Çizelge 3.2.	Deneme alanına ait toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri (0-30 cm)	49
Çizelge 3.3.	Yıllara göre pH değişim değerleri	50
Çizelge 4.1.	Kütlü verimine ilişkin varyans analiz tablosu	58
Çizelge 4.2.	Kükürt ve bor uygulamalarının kütlü pamuk verimine etkisi (kg da-1)	59
Çizelge 4.3.	Kükürt ve bor uygulamalarına göre kütlü pamuk sonuçlarının karşılaştırılması (kg da-1)	60
Çizelge 4.4.	Çırcır randımanına ilişkin varyans analiz tablosu	64
Çizelge 4.5.	Yıllara göre çırcır randımanına ilişkin saptanan ortalama değerler (%)	65
Çizelge 4.6.	Kükürt ve bor uygulamalarına göre çırcır randımanı sonuçlarının karşılaştırılması (%)	66
Çizelge 4.7.	Lif inceliğine ilişkin varyans analiz tablosu	69
Çizelge 4.8.	Yıllara göre lif inceliğine ilişkin saptanan ortalama değerler (mic)	70
Çizelge 4.9.	Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre lif inceliği değerlerinin karşılaştırılması (mic)	71
Çizelge 4.10.	Lif uzunluğu varyans analiz tablosu	74
Çizelge 4.11.	Yıllara göre lif uzunluğuna ilişkin saptanan ortalama değerler (mm)	75
Çizelge 4.12.	Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre lif uzunluğu değerlerinin karşılaştırılması (mm)	76
Çizelge 4.13.	Lif yeknesaklığına ilişkin varyans analiz tablosu	78
Çizelge 4.14.	Yıllara göre lif yeknesaklığına ilişkin saptanan ortalama değerler (%)	79
Çizelge 4.15.	Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre ortalama lif uzunluk uyumu indeksi değerlerinin karşılaştırılması (%)	80
Çizelge 4.16.	Lif kopma dayanıklılığına ilişkin varyans analiz tablosu	82
Çizelge 4.17.	Yıllara göre lif kopma dayanıklılığına ilişkin saptanan ortalama değerler (g/tex)	83
Çizelge 4.18.	Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre lif kopma dayanıklılığı değerlerinin karşılaştırılması (g/tex)	84
Çizelge 4.19.	Lif olgunluğuna ilişkin varyans analiz tablosu	86
Çizelge 4.20.	Yıllara göre lif olgunluğuna ilişkin saptanan ortalama değerler (%)	87
Çizelge 4.21.	Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre lif olgunluğu değerlerinin karşılaştırılması (%)	88
Çizelge 4.22.	Lif elastikiyetine ilişkin varyans analiz tablosu	90
Çizelge 4.23.	Uygulamalara göre lif elastikiyetine ilişkin saptanan ortalama değerler (%)	91
Çizelge 4.24.	Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre lif elastikiyeti değerlerinin karşılaştırılması (%)	92
Çizelge 4.25.	Kısa lif oranına ilişkin varyans analiz tablosu	94
Çizelge 4.26.	Kısa lif oranına ilişkin saptanan ortalama değerler (%)	95
Çizelge 4.27.	Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre kısa lif oranı değerlerinin karşılaştırılması	96
Çizelge 4.28.	Yaprak azot içeriğine ilişkin varyans analiz tablosu (%)	98
Çizelge 4.29.	Yıllara göre yaprak azot içeriğine ilişkin saptanan ortalama değerler (%)	99
Çizelge 4.30.	Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre yaprak azot içeriği değerlerinin karşılaştırılması (%)	100
Çizelge 4.31.	Yaprak fosfor içeriğine ilişkin varyans analiz tablosu (ppm)	102

Çizelge 4.32.	Yıllara göre yaprak fosfor ilişkin saptanan ortalama değerler (ppm)	103
Çizelge 4.33.	Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre yaprak fosfor içeriği değerlerinin karşılaştırılması (ppm)	104
Çizelge 4.34.	Yaprak potasyum içeriğine ilişkin varyans analiz tablosu (ppm)	106
Çizelge 4.35.	Yıllara göre yaprak potasyum içeriğine ilişkin saptanan ortalama değerler (ppm)	107
Çizelge 4.36.	Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre yaprak potasyum içeriği değerlerinin karşılaştırılması (ppm)	108
Çizelge 4.37.	Yaprak kalsiyum içeriğine ilişkin varyans analiz tablosu (ppm)	111
Çizelge 4.38.	Yıllara göre yaprak kalsiyum içeriğine ilişkin saptanan ortalama değerler (ppm)	112
Çizelge 4.39.	Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre yaprak kalsiyum değerlerinin karşılaştırılması (ppm)	113
Çizelge 4.40.	Yaprak kükürt içeriklerine ilişkin varyans analiz tablosu (ppm)	115
Çizelge 4.41.	Yıllara göre yaprak kükürt içeriğine ilişkin saptanan ortalama değerler (ppm)	116
Çizelge 4.42.	Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre yaprak kükürt değerlerinin karşılaştırılması (ppm)	117
Çizelge 4.43.	Yaprak magnezyum içeriğine ilişkin varyans analiz tablosu (ppm)	119
Çizelge 4.44.	Yıllara göre yaprak magnezyum içerisine ilişkin saptanan ortalama değerler (ppm)	120
Çizelge 4.45.	Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre yaprak magnezyum değerlerinin karşılaştırılması (ppm)	121
Çizelge 4.46.	Yaprak bor değerlerine ilişkin varyans analiz tablosu (ppm)	123
Çizelge 4.47.	Yıllara göre yaprak bor içeriğine ilişkin saptanan ortalama değerler (ppm)	124
Çizelge 4.48.	Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre yaprak bor değerlerinin karşılaştırılması (ppm)	125
Çizelge 4.49.	Yaprak demir içeriğine ilişkin varyans analiz tablosu (ppm)	127
Çizelge 4.50.	Yıllara göre yaprak demir içeriğine ilişkin saptanan ortalama değerler (ppm)	128
Çizelge 4.51.	Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre demir değerlerinin karşılaştırılması (ppm)	129
Çizelge 4.52.	Yaprak çinko içeriğine ilişkin varyans analiz tablosu (ppm)	131
Çizelge 4.53.	Yıllara göre yaprak çinko içeriğine ilişkin saptanan ortalama değerler (ppm)	132
Çizelge 4.54.	Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre yaprak çinko içeriği değerlerinin karşılaştırılması (ppm)	133
Çizelge 4.55.	Yaprak molibden içeriğine ilişkin varyans analiz tablosu (ppm)	135
Çizelge 4.56.	Yıllara göre yaprak molibden içeriğine ilişkin saptanan ortalama değerler (ppm)	136
Çizelge 4.57.	Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre molibden içeriği değerlerinin karşılaştırılması (ppm)	137
Çizelge 4.58.	Yaprak mangan içeriğine ilişkin varyans analiz tablosu	139
Çizelge 4.59.	Yıllara göre yaprak mangan içeriğine ilişkin saptanan ortalama değerler (ppm)	140
Çizelge 4.60.	Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre yaprak mangan değerlerinin karşılaştırılması (ppm)	141
Çizelge 4.61.	Yaprak bakır içeriğine ilişkin varyans analiz tablosu (ppm)	144
Çizelge 4.62.	Yıllara göre yaprak bakır içeriğine ilişkin saptanan ortalama değerler (ppm)	145
Çizelge 4.63.	Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre bakır içeriği değerlerinin karşılaştırılması (ppm)	146

ŞEKİL LİSTESİ

Sekil No

Sayfa

Şekil 2.1. Borat ester çapraz bağının oluşması 9

KISALTMA VE SİMGELER

AOT	Aktif oksijen türleri
APX	Askorbat pereoksidaz
ATP	Adenozin tri fosfat
B	Bor
Ca	Kalsiyum
CaSO ₄ ·2H ₂ O	Jips
CAT	Katalaz
CV	Coefficient of variation
dRG-II	Diol diester ramnogalakturonan II
DHAR	Dehidroaskorbat redüktaz
ETS	Elektron taşıma sistemi
FeS ₂	Pirit
GA	Giberellik asit
GR	Glutation redüktaz
GPX	Guyakol peroksidaz
EGF	En güvenilir fark
H ₂ S	Hidrojen sülfid
H ₂ O ₂	Hidrojen peroksit
HVI	High Volume Instrument
İAA	Indol asetik asit
K	Potasyum
KO	Kareler ortalaması
KT	Kareler toplamı
LKD	Lif kopma dayanıklılığı
LSD	Least significance difference
LOX	Lipoksigenaz
N	Azot
mRG-II	Monomerik ramnogalakturonan II
MDAR	Monodehidroaskorbat
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
Mo	Molibden
NaCl	Tuz
NADP	Nikotin amid adenin dinukleotit fosfat
O ²⁻	Süperoksit
P	Fosfor
RG-II	Ramnogalakturonan II

ROT	Reaktif oksijen türleri
ROA	Reaktif oksijen araçları
S	Kükürt
S ⁻²	Sülfit
SD	Serbestlik derecesi
S _n ²⁻	Polisülfit
SO ₃ ²⁻	Sülfit
S ₂ O ₃ ⁻²	Thiosülfat
SO ₄ ²⁻	Sülfat
SOD	Süper oksit dismutaz
UDPG	Üridin veya ürasil difosfat glikoz
VK	Varyasyon kaynağı
Y.Y.	Yüzyıl
Zn	Çinko

1. GİRİŞ

Tarımda toprak verimliliği ve bitki besleme, 20. yüzyıl (y.y.) boyunca ürün verimlerinin artırılmasında önemli bir rol oynamıştır. 21. y.y. ise tarım yapılan alanların önemi doğal kaynakların sınırlılığı, sürdürülebilir tarım sistemleri ve çevre kirliliğinden dolayı daha önemli bir hale gelmiştir. Bu bağlamda sınırlayıcı faktörlerin etkisi altında ürün verimliliğini arttırmak; kimyasal gübrelerin daha akılcı kullanılmasına, organik gübre kaynaklarının kullanımının artırılmasına, bitkiler için yararlı bitki besin elementlerinin geri dönüşümüne, bitkilerin genetik potansiyelinin daha iyi kullanılmasına ve bitki besin elementlerinin daha etkin kullanılmasına bağlıdır (Fageria ve ark. 2011). 2000 yıldan daha fazla bir sürede mineral gübrelerin bitki gelişimini arttırdığı insanoğlu tarafından bilinmektedir (Marschner 1986). Çok çeşitli çevresel faktörler bitki gelişimi ve büyümesini olumsuz bir şekilde etkilemekle birlikte ürün ve verim kayıplarına sebep olmaktadır. Kuraklık, tuzluluk, bitki besin elementlerindeki düzensizlikler, aşırı sıcak ve soğuk dünya genelinde ürün üretimini sınırlayan en önemli çevre faktörleri arasında bulunmaktadır. Dünya’da tarım yapılan toprakların sadece %10’unda herhangi bir çevresel stres faktörünün olumsuz etkisi bulunmadığı tahmin edilmektedir. Çevresel stres faktörleri, bitkilerin varlığını ve normal fonksiyonlarını engelleyen koşul veya kötü etkiler olarak tanımlanmaktadır (Mahajan ve Tuteja 2005). Çevresel bir stres faktörü olan bitki besin elementlerine bağlı olan düzensizlikler, iki farklı şekilde ortaya çıkmaktadır (Ashraf ve Foolad 2007). Temel bitki besin elementi bitkinin ihtiyaç duyduğu miktarda değilse, bitkide noksanlık belirtileri ortaya çıkarken; besin elementinin bitkinin ihtiyaç duyduğu miktarın üstünde bulunarak bitki gelişimini etkilemesi durumunda, toksisite (fazlalık) belirtileri ortaya çıkmaktadır. Bitkiler, 14 farklı bitki besin elementine ihtiyaç duymaktadırlar ve bu elementlerin her biri bitki dokularında farklı miktarlarda bulunmaktadır. Bitkiler, makro bitki besin elementleri olan Azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), kükürt (S) ve magnezyuma (Mg), mikro besin elementlerine göre daha fazla ihtiyaç duymaktadırlar (Stevens ve ark. 2002).

Makro elementlerden biri olan kükürt, bitki gelişimi için mutlak bir element olmakla birlikte; azotla birlikte birçok metabolik süreçlerde önemli rol oynamaktadır. Kükürt, aminoasit, protein ve hormonların yapıtaşlarını oluşturmaktadır (Crusciol ve

ark. 2012). Yağ bitkilerinin yağ kapsamını arttırıcı etkiye sahip olan kükürt aynı zamanda; ferrosin, biotin (H vitamini) ve tiamin pirofosfat (B vitamini) gibi çeşitli koenzimlerin ve prostetik grupların yapı maddesidir (Kacar 2012).

Bitkilerin mikro besin elementlerden biri olan bor gereksinimleri diğer bitki besin elementleri ile karşılaştırıldığında oldukça az miktardır (Kacar 2012). Bor eksikliğinin veya fazlalığının görüldüğü toprakların dünya genelinde yaygın olarak bulunması tarımsal ürün verimliliğini sınırlamaktadır. Bununla birlikte borun topraktaki eksiklik ve fazlalığı arasındaki sınır oldukça dardır (Reid ve ark. 2004) Bor eksikliği genellikle suda çözülebilir borun kendiliğinden toprak profilinin alt katmanlarına sızdığı ince bünyeli topraklarda görülürken (Blevins ve Lukaszewski 1998); bor toksisitesi kurak ve yarı kurak bölgelerde gözlenmektedir. (Nable ve ark. 1997) . Bitkilerin, yüksek bor konsantrasyonlarına karşı önemli genetik farklılık göstermesi, bitkileri bor toksisitesine karşı sahip oldukları mekanizmaların araştırılması çalışmalarına neden olmuştur (Kaya ve ark. 2009). Çevresel bir stres faktörü olarak ele alınan bor toksisitesi sonucu tarımsal ürünlerde önemli kalite ve verim kayıpları meydana gelmesine neden olan en önemli faktör, süperoksit, hidrojen peroksit ve hidroksil radikalleri gibi reaktif oksijen türlerinin (ROT) (Karabalve ark. 2003 Storz ve Imlay 1999; Hernandez ve ark. 1995, Gunes ve ark. 2006; Kaya ve ark. 2009 ve Hong-bo ve ark. 2008) veya diğer başka bir deyişle oksidatif stresin meydana gelmesidir (Storz ve Imlay 1999; Inze ve Van Montagu 1995). Literatürde kimi yayınlarda reaktif oksijen türleri , aktif oksijen türleri (AOT) olarakta kullanılmaktadır (Inze ve Van Montagu 1995 Hernandez ve ark. 1995, Bolwell 1999 Breusegem ve ark. 2001). AOT veya ROT tam olarak indirgenmediklerinde, aşırı derecede reaktif olabilirler ve DNA, proteinler ve yağlar gibi molekülleri okside edebilirler (Breusegem ve ark. 2001, Gunes ve ark. 2006) ve sonunda hücrenin ölümüne neden olabilirler (Gunes ve ark. 2006). ROT'nin zararlı etkilerinden kaçınmak için bitkiler, süper oksit dismutaz (SOD) katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX) ve glutation redüktaz (GR) gibi antioksidant molekül ve enzimlerden meydana gelen bir radikal süpürme sistemi geliştirmişlerdir (Karabal ve ark. 2003).

Dünyadaki en önemli endüstriyel bitkilerinden biri olan pamuk (Efe ve Yarpuz 2011); sadece bir lif bitkisi olmasının yanı sıra, bitkisel protein kaynağıdır (Sawan ve ark. 2006). Pamuk tarafından alınan bitki besin elementleri birçok faktöre göre

değişmekle birlikte sulu koşullar altında yetiştirilen pamuk, topraktan daha fazla besin elementi kaldırmaktadır. Azot ve potasyumdan sonra pamuk tarafından, topraktan en fazla kaldırılan bitki besin elementi, kalsiyumdur (Efe ve Yarpuz 2011). Bununla birlikte pamuğun yeterli gelişim sağlayabilmesi için; fosfor düzeyine yaklaşan miktarlarda kükürt verilmesi gerekmektedir. Pamuk, topraktan ortalama olarak 12-15 kg/ha kükürt kaldırmaktadır ve yeterli bir beslenme için pamuk yaprak sapı ve yapraklarında % 02 sülfat kükürtünün bulunması gerekmektedir (Jordan ve Ensminger 1958). Pamukta yetersiz kükürt simpodial dallanma azalmaya, hasat edilebilir koza sayısının azalmasına, her bir kozadaki lif lokus sayısının azalmasına neden olmaktadır. Yapraktaki kükürt içeriği, kükürt noksanlığında sonucu azalırken; diğer element konsantrasyonları yükselmektedir (Yin ve ark. 2012). Kükürt noksanlığı bulunan topraklarda toprak işlemez tarımda uygulanan 9.07 kg da⁻¹kükürt, lif inceliği ve lif verimini arttırmaktadır (Yin ve ark. 2011a).

Mikro element olarak pamuk diğer bitkilere göre daha fazla bora (B) ihtiyaç duymaktadır (Zhao ve Oosterhuis, 2002). Bununla birlikte bor gübrelemesine pamuk olumlu tepki vermesine rağmen (Görmüş 2005); deniz sedimentlerinden gelişen kurak ve yarı kurak bölgelerde ve yüksek B konsantrasyonuna sahip olan suyla sulamanın yapıldığı alanlarda B toksisitesi yaygın olarak görülmektedir (Nable ve ark. 1997).

Bor ve kükürt uygulamalarının çeşitli bitkilerde yapılan uygulamalarında çelişkili sonuçlar elde edilmiştir. Karthikeyan ve Shukla (2011) bor ve kükürt arasında bir interaksiyon veya antogonizm bulunmadığını bildirirken; Ganie ve ark. (2014) yüksek dozlarda uygulanan kükürtün, bor üzerinde antagonistik etki gösterdiğini bildirmiştir. Mathew ve George (2012) bor ve kükürt uygulaması sonucunda toprağın P, K, Mg, S, B, Fe, Mn ve Zn içeriğinin arttığını belirtirken; Haneklaus ve ark. (2005), kükürt gübrelemesinin topraktan B, Mo, Se ve As alınımını geriletmekte olduğunu saptamışlardır.

Kireçli topraklara kükürt uygulanması, toprak pH'nın azalmasına neden olarak; bor gibi mikro elementlerin daha fazla bitkiye yararlı hale geçmesine neden olmaktadır (Nadian ve ark. 2010). Pamukta kükürt ve borun etkileşiminin incelendiği sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada kükürtün, pamukta bor

1. GİRİŞ

toksisitesine etkisi, pamuk (*Gossypium hirsutum L.*) yaprağındaki bitki besin elementi miktarlarına etkisi ve pamuk lif ve kalite özelliklerine etkisi incelenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Toprakta Bor

Bor bitki gelişimi için gereksinim duyulan sekiz temel mikro elementten biridir. Toprakta bulunan toplam borun önemli bir kısmı toprak minerallerinin (turmalin gibi) kristal yapısında bulunmaktadır. (Keren 1996). Bor eksikliğine dünya genelinde 80'den fazla ülkede rastlanmaktadır. Bor eksikliği genellikle süzek kumlu topraklarda, yağışlı ve alkali pH'a sahip olan topraklarda görülmektedir (Shorrocks 1997). Bu topraklarda B genellikle borik asit olarak yağışla birlikte topraktan sızmaktadır. (Demiray ve Dereboylu 2013). Ayrıca kimi zaman geçici B eksikliği asit toprakların kireçlenmesi ile meydana gelebilmektedir. Yükselen toprak pH'ına bağlı olarak B toprak partiküllerinde adsorbe edilebilmektedir (Reisenauer ve ark. 1973). Borun toprak kolloidleri üzerinde adsorbe edilmesi üzerinde pH, toprak tekstürü, nemi, sıcaklığı (Goldberg 1997), değişebilir iyon içeriği, toprak çözeltisinin iyon gücü (Keren 1996) ve ışık (Moraghan ve Mascagni.1991) etkili olmaktadır.

2.1.1. Sıcaklık

Bor alınımının sıcaklıkla olan ilişkisi karmaşıktır. Transpirasyon oranına bağlı olarak hava sıcaklığı ve kök sıcaklığı tarafından B alınımı etkilenmektedir. Bununla birlikte B alınımı ve sıcaklık ilişkisi diğer elementlerden oldukça farklıdır (Moraghan ve Mascagni 1991). Bor alınımı, genellikle artan sıcaklıkla artmaktadır. Topraktaki B eksikliğinin sıcaklıkla olan ilişkisi, toprağın nem durumu ile birlikte düşünülmelidir. Toprakta adsorbe edilen B miktarı toprakta dominant durumda bulunan toprak minerallerinin türüne göre değişiklik göstermektedir. Genellikle kristal özellikteki minerallerde, amorf yapıli minerallere göre, sıcaklığa bağlı olarak daha az B adsorbe edilmektedir (Goldberg 1997).

2.1.2. Toprak Nemi

Yetersiz toprak nemi, yarayışlı B miktarını azalttığından bitkiler tarafından B alınımını azaltmaktadır. Borun toprak içerisindeki dağılımı azalan neme bağlı olarak azalmaktadır (Goldberg 1997). Nem miktarı, toprakta dağılıbilir toplam B içeriği üzerine etki etmemektedir. Topraktaki nem azalmasına bağlı olarak meydana gelen B

eksikliği kuraklık stresinin bir sonucudur. Diğer elementlere göre B eksikliğinin kuraklık etkisiyle görülmesi daha yüksektir ve bitki üzerindeki eksiklik belirtileri daha güçlüdür. Kuraklık stresine bağlı olarak toprakta organik olarak bağlı olan borun yarayırlılığının azalmasının da, B eksikliğine neden olduğu düşünülmektedir (Moraghan ve Mascagni 1991).

2.1.3. pH

Artan pH değerlerinde B toprak çözeltisinde daha az miktarda bulunmaktadır. Bu nedenle, kireç uygulaması bitkilerde B eksikliğinin ortaya çıkmasına neden olabilir. Toprakta çözünebilir B miktarı toprak pH'ı ile yakından ilgilidir. Toprak pH'ı asit yöne kaydıkça toprak çözeltisinde çözünebilir B artmaktadır. Toprak pH'ı 3-9 arasındayken B alınımı artar. 10-11.5 arasında ise azalmaktadır. (Goldberg 1997). Nötre yakın pH'larda B, birçok akışkanda $B(OH)_3$ (borik asit) olarak ve aynı zamanda az miktarda $B(OH)_4^-$ (borat) olarak bulunmaktadır (Bolaños ve ark. 2004). Bor nötr ve hafif asit pH değerlerde çözünmemiş bir şekilde yani borik asit olarak bulunmaktadır. Bitkiler boru bu haliyle absorbe etmektedirler. Ancak toprak alkalileştikçe borik asit, borat anyonunu oluşturmak üzere çözünür.(Herrera-Rodriguez ve ark. 2010; Römheld ve Marshner 1991).

Toprakta meydana gelen diğer B bileşiklerinin hidroliz katsayıları çok yüksek olduğundan, toprağın farklı pH değerlerinde bu bileşikler toprak içerisinde önemsiz olarak görülmektedirler (Harter 1991). Toprak killiyse, toprakta B tutulumu artan pH'a bağlı olarak artar. Bu artış pH'ın 8-10 arasında bulunduğu değerlerde maksimumdur (Goldberg 1997). Organik madde yüksek düzeyde B tutma kapasitesine sahiptir ancak, düşük pH düzeyleri borun organik madde tarafından tutulumunda herhangi bir gerilemeye neden olmamaktadır (Lehto ve ark. 2010).

2.1.4. Işık

Bor eksikliği yüksek ışık yoğunluğunda artmakta ve B toksisitesi azalmaktadır. Ancak, fotoperyot uzunluğunun artmasına eşlik eden yüksek ışık yoğunluğu, terlemeyi arttırdığından dolayı bazı bitki türlerinde B alınımı artmaktadır (Moraghan ve Mascagni 1991).

2.1.5. Toprak Tekstürü

Kaba bünyeli topraklarda B eksikliği; ince bünyeli topraklara göre çok daha fazla görülmektedir. Bu nedenle, B eksikliği genellikle kumlu topraklarda gözlenmektedir. Borun bitkiler tarafından alınımı yine kumlu topraklarda daha fazla gerçekleşmektedir. Toprağın kil içeriği arttığı zaman borun kil yüzeylerindeki adsorpsiyonu artmaktadır. Bu nedenle bitkiler için yararlı B miktarı azalmaktadır. Topraktaki kaolin, montmorillonit ve klorit gibi kil minerallerinin bulunması halinde topraktaki kil adsorpsiyonu önemli derecede artmaktadır. Bor adsorpsiyonu kil tipine göre gram başına kaolin<montmorillonit<illit şeklindedir (Goldberg 1997). Toprak tekstürü, tarla koşullarında hem yatay hem de dikey olarak önemli derecede değişiklik gösterdiğinden; tekstürün bilinmesi yüzey horizonun parametrelerini belirleyebilmek için tarla koşullarında B hareketinin belirlenmesini kolaylaştırır ve bu parametrelerin toprak profili ve yüzeyi boyunca tanımlanmasını imkanı hale getirir (Goldberg ve ark. 2005).

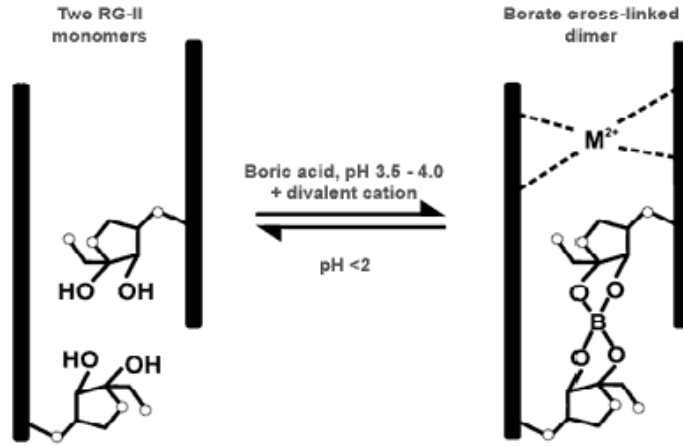
2.2. Bitkide Bor

Bitki içinde bor hücre organellerinde, apoplastta, hücre duvarında, sitozolda (sitoplazmada) ve vakuollerde bulunmaktadır. Bununla birlikte borun büyük bir kısmı hücre duvarlarına bağlı bulunmaktadır (Dannel ve ark 2002). B tekrar metabolik olaylarda kullanılmadığından hücre duvarının yapı ünitelerini oluşturmaktadır (Skok.1957). B, pektin kompleksleri ile birlikte hücre duvarının yapısını oluşturmakta ve bitkilerde bulunan pektin miktarı ile orantılı olarak bitkiler bora gereksinim duymaktadırlar (Tanaka 1967). Borun suda çözünemez formu ile protopektin (pektini meydana getiren bileşik ve maddeler) arasında önemli bir pozitif ilişki bulunmaktadır (Yamauchi 1971).

Bor, yüksek bitkilerde suda çözünebilir ve çözünemez formlarda bulunmaktadır (Matoh 1997). Suda çözünebilir ve çözünemeyen B miktarlarının bitkilerdeki oranı, bitki tür ve çeşitlerine göre farklılık göstermektedir (Hu ve ark. 1996). Bitkilerin hücre duvarlarında çözünemez formdaki B bileşiklerinin meydana gelmesi, borun bitki kökleri tarafından alınmasını ve bitki üst organlarına taşınma derecesini etkilemektedir (Brown ve Hu 1994 Shelp 1993). Suda çözünebilir bor, verilen bor miktarındaki artışa göre artış göstermektedir; ancak bu durum suda çözünemeyen B için geçerli değildir (Matoh

1997). Bununla birlikte hücre duvarlarındaki pektin, B ile birlikte çözünmez bileşikleri oluşturmaktadır ve böylece metabolik olaylar için kullanılması gerekli olan B miktarının bitkide azalmasına neden olmaktadır. Suda çözünebilir ve yüksüz olan borik asit $[B(OH)_3]$ bitkiler tarafından topraktan alınmaktadır (Herrera-Rodriguez ve ark. 2010). Borik asit çok zayıf bir asit olmakla beraber pH değeri 7.5 olan sitoplazmada bulunmaktadır. Burada bulunan borun sadece % 2'si borat $[B(OH)_4^-]$ şeklindedir. Apoplastın ise pH değeri sitoplazmadan daha düşük düzeydedir (5.5) bu nedenle % 99.95 bor, borik asit $[B(OH)_3]$ şeklinde bulunmaktadır. Gerek borik asit ve gerekse de borat biyolojik olarak aktif bileşikler olup hücre içersinde birçok moleküle tepkimeye girebilmektedir. Borik asit birçok mono, di ve polihidroksil bileşikler ile çeşitli bileşikler ve esterler oluşturmaktadır. Bor komplekslerinin stabilizasyonu üzerinde pH önemli bir etki yapmakla beraber (Brown ve ark. 2002); borik asit bitki hücresinde şeker ve fenolik maddelerle, cis pozisyonundaki diol gruplarıyla (-OH) etkileşir. Bu durum B hücre duvarındaki polisakkaritlere rastlantısal olarak bağlandığını gösterse de aslında hücre duvarındaki borun % 80'i sadece bir tip polisakkarit ile bağ yapmaktadır (Matoh ve Kobayashi 1998). Bu polisakkarit ramnogalakturonan II (RG-II) adlı düşük moleküler ağırlıklı pektik polisakkarittir (Ishii ve ark. 2001). RG-II pektik polimer uzun zincirinin bir parçası olmakla birlikte, bu iki polipeptik zincir, monomerik RG-II'ye (mRG-II) iki noktadan 2 mol borik asitle (Matoh 1997), borat diol diester olarak (dRG-II) çapraz bağ yapmaktadır (Şekil 2.1) (Ishii ve ark. 2001). RG-II bölgesi uzun zincirli pektik polisakkaritin sadece bir parçası olduğu için, dimer formasyonu sadece konsantrasyon ile değil; iki komşu zincirin aynı düzeye gelmesiyle mümkündür. RG-II'nin bileşeni kalsiyum (Ca^{+2})'dur ve kalsiyum, B-RG-II molekülünün stabilizasyonunu önemli ölçüde arttırmaktadır (Matoh 1997).

RG-II bileşiğinin oluşması hücre duvarı ve fonksiyonun sağlanması açısından önemli etki yapmakla birlikte; hücre duvarı porozitesi ve hücre duvarının gerilme dayanımı üzerine de önemli etkide bulunmaktadır (Cristobal ve ark. 2011). Fleischer ve ark. (1999) yetersiz B bulunan bir besi ortamında yetiştirilen kazayağı bitkilerinin hücre duvarlarında sadece monomerik RG-II'ye rastlamışlardır. Bu hücrelerin por boyutları büyümüştür. Ancak ortama borik asit verildiği zaman B, hücre duvarına bağlanarak çapraz bağlı dimer RG-II'yi meydana getirmiştir. Meydana gelen dRG-II moleküllerine bağlı olarak hücre duvarındaki por boyutları azalmıştır.



Şekil 2.1. Borat ester çapraz bağının oluşması

2.3. Bor Noksanlığı ve Etkileri

Bor noksanlığı "yarıbodur" "yeşildevrin" buğdaylarının 1960'lı yıllarda dünyada yayılmasına paralel olarak kendisini göstermiştir (Rerkasem ve Janjod 2004). Bor eksikliği sonucu bitkilerde çeşitli fizyolojik ve metabolik işlemler sekteye uğramaktadır. Bor, azot fiksasyonu ve asimilasyonu, sekonder metabolizma ve oksidatif stresi etkilemektedir (Cristobal ve ark. 2011). Vejetatif gelişme sırasında kavruk kökler ve sürgün uçlarında yanmalar bor eksikliği olan bitkilerde genel olarak gözlenmektedir. Apikal meristemlerdeki bu gelişme gerilikleri, hücre duvarlarında borun bir fonksiyonu sonucu olarak ortaya çıkmaktadır (Dell ve Huang 1997).

Bor çeşitli genlerin ekspresyonu sürecinde önemli rol oynamaktadır (Cristobal ve ark. 2011 Cristobal ve ark. 2008). Bor eksikliğinin belirtileri bitkinin aktif bir şekilde gelişen bölümlerinde görülmektedir. Bu nedenle bitki kök gelişimi, dal ve diğer vejetatif organların gelişimine göre bor eksikliğinden daha fazla etkilenmektedir (Han ve ark. 2009) Özellikle turuncgil türlerinin yetiştiriciliğinde son derece önemli olan bor, portakal türlerinde kök uzunluğunu, kök alanını, yan kök sayısını ve rizom (rootstock) oluşumunu olumsuz etkilemektedir. Kök uçlarında meydana gelen nekrozlar kök uzamasını engellemekteyken, kök hücrelerinde hücre bölünmesi ve hücre uzaması sırasında meydana gelen değişiklikler tam olarak açıklanamamıştır. Ancak, bor eksikliği sonucu hücre uzaması gerçekleşmemektedir ve bu durum borun hücre duvarı

yapısındaki yapısal fonksiyonun anlaşılması açısından önem taşımaktadır (Mei ve ark. 2011). Bununla birlikte yetersiz bor, portakal ağaçlarında genç yapraklarda şekil bozukluklarına, yaşlı yapraklarda damarlar arasında mantari yarılmaların görülmesine ve erken yaprak yaşlanmasına neden olmaktadır (Sheng ve ark. 2009).

Bor eksikliğinin bitki fotosentez kapasitesini azaltmakta olduğu önceki çalışmalarda gözlenmiştir (Han ve ark. 2008). Fotosentezin bor eksikliğinde gerilemesine bağlı olarak stoma geçirgenliği ve terleme oranı da gerilemektedir (Sheng ve ark. 2009). Fotosentez miktarındaki gerileme, Hill reaksiyon (ışık reaksiyon) aktivitesi ve hücreler arası düşük karbondioksit miktarından kaynaklanmaktadır. Ancak bitkilerde bor eksikliğine bağlı olarak nişasta ve heksoz miktarları gelişmede yaşanan gerilemeler yüzünden artmaktadır (Han ve ark. 2008) Bu durum, portakalda (*Citrus sinensis*) kloroplast fonksiyonu veya fotosentez enzimlerinin dolaylı olarak bastırılmasıyla açıklanmıştır (Han ve ark. 2009).

Bitkilerde abiyotik ve biyotik stres faktörlerinin etkileri fotosentezin önemli bir parçası olan fotosistem II safhasını etkilemektedir. Bu nedenle bor eksikliği sonucu ortaya çıkan karbondioksit özümlemesinin gerilemesinin etkisi de ilk önce fotosistem II üzerinde görülmektedir. Ayçiçeğinde yapılan çalışmada bor eksikliğine bağlı olarak ayçiçeği yapraklarında, fotosistem II elektron taşıma sisteminin etkinliğinin azaldığı ve şeker içeriğinin yükseldiği gözlenmiştir (Han ve ark. 2009). Fotosentetik üretim ve karbonhidratlar arasındaki dengesizliğin sonucu; ışık toplama sistemi tarafından daha az absorbe edilmiş fotonlar, karbondioksit özümlemesinde kullanılmaktadırlar ve böylece fotosistem elektron taşıma zinciri aşırı indirgenmektedir. Bu durum reaktif oksijen türleri (ROT) olan; oksijen (1O_2) süperoksit dianyon (O^{2-}) hidrojen peroksit (H_2O_2) ve hidrosil radikallerinin (OH) ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Hücre içerisinde ROT sonucu meydana gelen stresin etkisini hafifletmek için bitki tarafından bir kısım süpürücüler (askorbat ve indirgenmiş glutation gibi) salgılanmaktadır. Antioksidan olan bu süpürücülerle birlikte süper oksid dismutaz (SOD), askorbat peroksidaz (APX) glutation redüktaz (GR), monodehidroaskorbat (MDAR) ve dehidroaskorbat redüktaz (DHAR) gibi antioksidan enzimler stres etkisinin bastırılmasında görev almaktadırlar (Han ve ark. 2008).

Buğdayda bor eksikliğinin ilk belirtisi polen dökümü safhasında çiçeklerin normalden daha uzun bir süre açık kalmasıdır. Başaklar bu dönemde 3-4 m dışarıdan bakıldığı zaman saydam görünmektedirler. Polen dökümü sırasında başaklar incelendiğinde, polen gelişiminin zayıf olduğu görülebilmektedir. Ayrıca buğdayda görülen erkek kısırılığı; çavdar, arpa ve tritikalede de meydana gelmektedir (Rerkasem ve Janjod 2004).

Buğdayda bor eksikliği, tane oluşumunu etkilediği için tane verimi üzerinde sınırlayıcı bir etkiye sahiptir. Vejetatif gelişme döneminde borun en fazla bulunduğu organ olan kulakçıktaki bor içeriği ile tane verimi arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır. Bununla birlikte buğdayda herhangi bir bor eksikliği vejetatif organlarda, fertil kardeş sayısında, başakcık sayısında ve saman veriminde nadiren görülmesine (Rerkasem ve Janjod 2004) rağmen; tane oluşumu bor eksikliğine bağlı olarak sekteye uğrayabilmektedir (Lordkaew ve ark. 2011). Bor eksikliğine bağlı olarak meydana gelen "buğday kısırılığının" etkisi düşük sıcaklık stresine, düşük azot miktarına, sıcak kuru rüzgâr ve çiçeklenme döneminde su baskınına bağlı olarak yükselmektedir (Rerkasem ve Janjod 2004). Arpada ve çeltikte bor eksikliği, buğdayda olduğu gibi, tane verimini olumsuz etkilemekte ve erkek kısırılığına neden olmaktadır (Wongmo ve ark. 2004; Lordkaew ve ark. 2013) Bununla birlikte buğdaydan farklı olarak arpada, bor eksikliği vejetatif gelişimi de etkilemektedir (Wongmo ve ark. 2004).

Genellikle üreme organlarda görülen bor eksikliğinin belirtileri kanola, mısır ve ayçiçeği gibi bitkilerde vejetatif organlarda da belirgin bir şekilde gözlenebilmektedir. Bor eksikliği üzüm, elma ve ayçiçeğinde çiçek tomurcuklarının dökülmesine neden olmaktadır (Rerkasem ve Janjod 2004)

Tütün bitkisinde bor eksikliği poliamin düzeylerinin artmasına neden olmaktadır. Poliamin düzeylerinin artması, normalde hücre zarının yapısında birlikte bulunan poliamin – pektin molekülleri arasındaki bağların değişmesine neden olmaktadır. Bu durum hücre duvarı sentezini olumsuz etkilemektedir.(Cristobal ve ark. 2005).

Bor eksikliği çift çeneklilerde pektin metilasyonunu engelleyerek kök ucu hücre duvarlarında aleminyumun (Al) apoplastta daha fazla bağlanmasına neden olmaktadır.

Sonuç olarak kök uzaması Al miktarının yüksek olduğu topraklarda yetersiz B nedeniyle engellenmektedir (Corrales ve ark. 2008).

Bor eksikliğine bağlı olarak damarlı bitkilerin bütününde olmasa bile suyun topraktan alınması ve bitki bünyesinde suyun kullanılmasına bağlı olarak (bitki su ilişkilerinde) floem ve ksilem dokularında şekil bozuklukları meydana gelmektedir (Wimmer ve Eichert 2013). Örneğin elmada bor eksikliğinin en önemli belirtisi üreme organlarında gerilemeye bağlı olarak verimde düşmeler yaşanmasıdır. Bununla birlikte ağaçlarda şekil bozuklukları, bodurlaşmalar, mantarlaşmalar, kırılmalar, kahverengileşmeye hassasiyet ve kötü kırmızı renklenmeler görülebilir (Wojcik ve ark. 2008).

Borun bitki-su ilişkilerini düzenlemedeki en önemli etkisi borun bitki bünyesine alınma mekanizmaları ile ilgilidir. Borun bitkiye girişindeki mekanizma ise toprakta bulunan ya da bitkiye dışarıdan verilen bor miktarı ile ilişkilidir. Kolaylaştırılmış difüzyon yardımıyla borun hücre içerisine alınması sırasında, hücre zarındaki geçitleri meydana getiren ve integral hücre zarı proteinleri ailesinin bir üyesi olan "akuaporinler" yardımıyla sağlanmaktadır. Akuaporinler, suyun kök hücrelerine girmesinde rol oynadıkları gibi bitki boyunca floemdeki özsuynun hücreden hücreye taşınmasında da önemli görev yaparlar (Howard ve ark. 2008).

Bor ve potasyum (K) ile birlikte karbonhidrat mekanizması ve karbonhidratların taşınmasında önemli bir role sahiptirler. Potasyum içeriği yetersiz toprakların bor içerikleride genellikle yetersizdir (Howard ve ark. 2008).

Pamuk liflerinin gelişmesi ve büyümesi için çok düşük miktarda bor gereklidir. Küçük deforme olmuş kozalar, zayıf koza tutumu ve düşük lif verimi bor eksikliğinden kaynaklanmaktadır (Howard ve ark. 2008).

Yapraklarda akuaporinlerin stomaların içerisine ksilemden gelen suyun geçişine yardımcı olduğu düşünülmektedir. Borun yaklaşık %50'si akuaporinler yardımıyla hücre içerisine alınmaktadır. Bu durum, bitkilerin bor konsantrasyonlarına bağlı olarak bor kanallarının ekspresyonunu gerçekleştirdiğini göstermektedir. Hücre dışındaki bor

konsantrasyonlarına.bağlı olarak meydana getirilen akuaporinler bu nedenle bitki su içeriği üzerinde önemli etki yapmaktadır (Wimmer ve Eichert 2013).

2.4. Bor Toksisitesi ve Etkileri

Son yıllarda bor toksisitesine artan bir ilgi duyulmasının nedeni, bor içeriği çok yüksek olabilecek tuz içermeyen su talebinin artmasıyla ilgilidir.(Kaya ve ark. 2009). Bor bitki gelişimi için temel bir besin elementidir ve yüksek ürün ve verim elde etmek için yeterli miktarda bitkiye verilmelidir (Tanaka ve Fujiware 2008). Dünyanın birçok kurak bölgesinde yer alan kuru alanlarında bor toksisitesinin görülme nedeni, topraktan veya sulama suyundan kaynaklanmaktadır (Karabal ve ark. 2003). Bor toksisitesi ayrıca madencilik veya gübreleme yoluyla da meydana gelebilmektedir (Nable ve ark. 1997). Tuzlu topraklarda drenaj yeterli miktarda sağlanmadığı zaman da toprakta bulunan bor derişimi artmaktadır. Ayrıca kömür küllerinin artıklarının toprağa uygulanması da yine toprağın bor içeriğini yükseltmektedir. Bitkilerin bor gereksinimleri birbirlerinden farklılık göstermektedir ancak genellikle bor noksanlığı veya toksisitesi arasındaki sınır, genellikle diğer elementlere göre dardır. Topraktaki hem bor noksanlığı hem de bor toksisitesinin etkisi tek bir gelişme döneminde görülebilmektedir (Goldberg 1997). Bununla birlikte adsorbe edilen veya toprak çözeltisinde bulunan borun kimyasal durumu, bor toksisitesinin tarla şartlarında görülen belirtilerini etkilemektedir (Nable ve ark. 1997).

Yüksek bor konsantrasyonunun 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 toksisitesinin ortaya çıkması, hücre duvarı gelişiminin bozulması, adenozin tri fosfat (ATP), nikotin amid adenin dinukleotit fosfat (NADPH) veya NADPH'nın riboz moietlerine (fonksiyonel gruplarına) borun bağlanarak metabolik bozulmaya neden olmasıyla ilgilidir. Borun serbest riboz şekerine veya RNA'daki riboz şekerine bağlanması, hücre bölünmesi ve gelişimini bozabilmektedir (Reid ve ark. 2004).

Bor toksisitesinin zararlı etkilerinden kaçınmak için bitkiler etkili bir “süpürme sistemi” geliştirmişlerdir. Bu sistem, enzimatik olmayan antioksidanlar (karotenoil, askorbat, tokoferol) ve katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX), guayakol peroksidaz (GPX) ve lipoksigenaz (LOX) gibi enzimatik antioksidanlardan oluşmaktadır. APX aktivitesi, askorbatın elektron verici olarak kullanılması ile birlikte hidrojen peroksit H_2O_2 miktarının azalmasına neden olmaktadır. CAT, H_2O_2 miktarının hücre içerisinde azaltılmasında kullanılan diğer bir antioksidandır (Tepe ve Aydemir, 2011). Önemli bir antioksidan enzim olan süper oksit dismutaz (SOD), süperoksitin ($O_2^{\cdot-}$), H_2O_2 ve O_2 'ye parçalanmasını katalize eder. Meydana gelen H_2O_2 ise yine CAT veya peroksidaz (PODO) ile suya ve hidrojene parçalanarak detoksifike edilmektedir. Askorbat – glutatione döngüsünde ise H_2O_2 'nin süpürülmesi APX enziminin askorbatı elektron verici olarak kullanılmasıyla gerçekleştirilir (Güneş ve ark. 2006).

Daha önce ifade edildiği gibi aktif oksijen türlerinin (AOT), reaktif oksijen türleri (ROT) ve reaktif oksijen araçları (ROA) bir birlerinin yerine kullanılabilir (Carvalho, 2008). Bitki hücrelerinde kloroplastlar, mitokondri ve peroksizomlar AOT'nin hücre içerisinde üretildiği yerlerdir (Hernandez ve ark.1995). Bu organeller, elektron akışını veya yüksek derecede okside edici mekanizmaları sürdürdüğünden abiyotik stres sırasında yüksek miktarda AOT üretilmesine neden olmaktadır. AOT proteinler, yağlar, DNA ve RNA gibi hücre içi organellerin ve bileşiklerin zarar görmesine ve son olarak hücre ölümüne neden olabilir (Carvalho, 2008). AOT genellikle normal hücre metabolizmasının yan ürünleridir ancak stres koşulları sırasında elektron taşıma sisteminin (ETS) bozulmasıyla da meydana gelebilirler (Breusegem ve ark. 2001). Kloroplastlarda O_2 ve O_2 türevi olan H_2O_2 , fotosistem I tarafından üretilmektedir. Bununla birlikte tekil oksijen, genellikle ışık alan kloroplastlarda uyarılmış klorofil molekülünden moleküler O_2 'ye elektron aktarılması sırasında meydana gelmektedir. AOT'leri son derece reaktif olmakla birlikte koruyucu bir mekanizma bulunmaması halinde hücre yapı ve fonksiyonlarına ciddi zararlar verebilmektedirler (Hernandez ve ark.1995).

Borun floemde taşınması bitkiler arasında farklılık göstermektedir. Bununla birlikte birçok bitkide bor toksisitesinin görülebilir belirtileri yapraklarda yanma, yaşlı yaprak kenarlarında ve uçlarında meydana gelen klorotik ve nekrotik lekelerdir. Bu

durumun ortaya çıkma nedeni borun floemde hareketsiz olması ile ilgilidir. Bor floemde hareketsiz ise yaprak kenarlarında birikmektedir (Nable ve ark. 1997). Buna neden olan mekanizma, borun ksilemle taşınmasından kaynaklanmaktadır. B ksilemle taşındığında olgun (yaşlı) yapraklarda; özellikle de bu yaprakların kenarlarında birikmektedir (Tripler ve ark. 2007). Bu durumda tipik bor toksisitesi belirtileri ortaya çıkmaktadır. Tipik bor toksisitesinin görüldüğü bitkiler poliol oluşturmamaktadırlar. Tipik bor toksisitesinin belirtileri, en yaşlı yapraklarda yani bitkinin en alt yapraklarında görülmektedir. Bor içeriği konsantrasyonunun alt yapraklardan, üst yaprak, doku ve meyvelere doğru sürekli azalan bir biçimde değiştiği durumlarda bor kısmı hareketlidir ve yapraklardaki fazla bor derişiminden dolayı en yaşlı yaprakların uç ve kenarlarında yanma belirtileri görülmektedir (Brown ve ark. 1998).

Ancak poliol oluşturan bitki türlerinde bor toksisitesinin etkisi bu şekilde görülmemektedir. Elma ve armut gibi bitki türlerinde yapraklardaki bor miktarı normal düzeyde iken dallarda geriye doğru ölümler, yaprak koltukları ve tomurcuklarda akıntılar görülmektedir. Bor toksisitesinin bu “olağanüstü” belirtilerinin nedeni, borun floemde yüksek derecede hareketli olmasıyla ilgilidir (Brown ve ark. 1998). Bor floemde hareketli ise meyve, kambiyal doku veya gövdede depo edilmektedir (Nable ve ark. 1997). Bu bitki türlerinde bor-şeker-alkol komplekslerinin meydana gelmesi ve floemde taşınması sonucu toksisite belirtileri görülmektedir. Şeker-alkollerden olan sorbitol, bora kolay bir şekilde bağlanabilmektedir. Sorbitoller, fotosentezin ilk ürünleri olduğundan bitkide apikal dokulara yani aktif depolanma alanlarına taşınırlar. Bunun sonucunda bor, meristematik bölgelerde ve meyvelerde, yaşlı yapraklara göre daha fazla depolanmaktadır. Bu tür bitkilerde bor toksisitesi apikal ve meristematik dokularda ortaya çıkmaktayken, bor toksisitesinin tipik belirtileri olan yaprak uç ve kenarlarında yanma bu bitki gruplarında görülmemektedir (Brown ve ark. 1998).

Borun floemdeki hareketliliği ve bor toksisite belirtilerinin görülmesi arasındaki bu büyük farklılık, bor toksisitesinin tespit edilebilmesi açısından önem taşımaktadır. Yaşlı yapraklar, bor toksisitesinin tespitinde borun hareketli olmadığı bitki türleri için önem kazanırken; borun hareketli olduğu bitki türlerinde genç apikal yapraklar veya meyve dokuları önemlidir (Yau ve Ryan 2008).

Bor toksisitesi hücre zarı geçirgenliğini arttırmaktadır. Bu durum bor toksisitesinin hücre zarı bütünlüğü ve zar yapısı üzerinde etkinliği olduğunu göstermektedir (Karabal ve ark. 2003).

Yüksek bor konsantrasyonları, borik asitin hücre içerisine pasif olarak girmesine neden olur. Bu durumda hücre içerisinde yüksek pH'tan dolayı borik asit, kısmen borata çevrilir. Bor, sınırlardaki mevcut bir takım ligandlarla, kompleksler meydana getirebilir. Bor toksisitesinin en büyük belirtileri hücre duvarının bütünlüğü ile ilgili olmakla beraber; kalsiyum bağlarının oluşması, apoplast ve çözülebilir bor kompleksleri toksik bor konsantrasyonlarına karşı bir tolerans mekanizmasını temsil etmektedir (Bastias ve ark. 2010).

Bor toksisitesine dayanıklı bitkiler bor toksisitesinden kurtulabilmek için farklı stratejilere sahiptirler. Öncelikle bu bitkiler borun toksik etkisini azaltabilmek için boru, sitoplazmadan hücre duvarına pompalamaktadır. Ayrıca fazla miktardaki bor apoplastta biriktirmektedir. Son olarak borun kökten yapraklara taşınmasını sağlayan “çıkış taşıyıcılar” çok daha fazla miktarda eksprese edilmektedir. Bütün bunların sonucunda bor toksisitesine dayanıklı bitkilerin yapraklarında bor konsantrasyonlarının farklı bir dağılımı ortaya çıkmaktadır. Bu durum herhangi bir bitkinin bor toksisitesine dayanıklı olmasının en önemli belirtisidir (Reid ve Fitzpatrick 2009).

Bor, yüksek zar geçirgenliğine ve çözünürlüğe sahiptir ve bu nedenle apoplastta biriktiğinde bitki yaprakları yıkanır ve fazla miktardaki bor yapraklardan uzaklaşmaktadır. Bu durum, pratikte çok karşılaşılan ve bor toksisitesini azaltan “yağmur etkisini” açıklamaktadır. Yapılan denemelerde arazi koşullarında yağmur sonrası yaprakların bor içerikleri %50 azalmış ve dal gelişimi % 90 oranında artmıştır. Bu sonuç yağmurun bitki gelişimine bir etkisinin bulunmadığını vurgulayan çalışmayla zıt bir sonuçtur. Bununla birlikte yağmurdan sonra bitki köklerinin bor içeriklerinde bir değişim olmamasına rağmen fotosentez ürünlerinin sürgünlerden köke taşınmasından dolayı kök uzaması iki kat artmıştır (Reid ve Fitzpatrick 2009).

Bora dayanıklı bitkilerin köklerinde bulunan çıkış taşıyıcıları fazla miktardaki boru hücrenin dışına pompalamaktadırlar. Bu toksisitenin köklerde azalmasına ve

ksileme giren bor miktarının azalmasına neden olmaktadır. Böylece yapraklara daha az miktarda bor taşınmaktadır (Reid ve Fitzpatrick 2009).

Bora hassas olan bitkilerde borun hücre dışına çıkma kapasitesi çok düşük düzeyde bulunmaktadır. Bu nedenle hücre içerisinde bora toleranslı olan bitkilere göre çok daha fazla miktarda bor konsantrasyonuna sahiptirler (Reid ve Fitzpatrick 2009).

Bor toksisitesi ve Zn eksikliği arasında bir ilişki bulunmaktadır. Bor toksisitesi ve çinko eksikliği kurak ve yarı kurak bölgelerde görülmektedir. Bor toksisitesi, borun bitki yapraklarında birikmesi sonucu meydana gelmektedir ve bor toksisitesi belirtileri fotosentetik organların büyüme ve gelişmelerinin gerilemesinde önemli rol oynamaktadır (Rajaie ve ark. 2009). Artan toprak pH'na bağlı olarak bor gibi, çinkonun (Zn) da topraktaki yayılgılığı yüksek pH değerlerinde azalmaktadır. Ancak yüksek bor içeren sulama suyuyla yapılan sulamalarda borun yüksek konsantrasyonları ve yayılgılı çinkonun düşük düzeydeki konsantrasyonları tahıllarda aynı zamanda görülebilmektedir (Singh ve ark. 1990). Genel olarak bu iki bitki besin elementi doğada besin konsantrasyonu üzerine antagonistik bir etki yapmakta olmalarına rağmen; bitki gelişiminde sinerjik etki yapmaktadırlar. Bor toksisitesinin etkisi, çinko eksikliğinin görüldüğü limon fidanlarında, çinko uygulamasıyla birlikte hafifletilebilmektedir. Bor toksisitesinin engellenmesi için yapılan çinko uygulamalarının bitki dokularında, çinko dağılımını nasıl etkilediğı bilinmemektedir (Rajaie ve ark. 2009).

Navelina portakal çeşitlerinde besleyici çözelti içerisinde artan bor derişimi sünger parankima dokusunun azalmasından dolayı; yaprak kalınlıklarında azalmaya neden olmaktadır. Bununla birlikte kloroplastların büyüklükleri, tilakoid ve kloroplast hacimleri de bor toksisitesinde azalmaktadır (Papadakis ve ark. 2004)

Bor toksisitesi, soya fasulyesinde mangan (Mn) yayılgılığı üzerine de etkide bulunmaktadır. Bunun nedeni borun, Mn enzimlerinin aktivitesini değıştirmesi ile ilgili olduğu düşünölmektedir. Bor fosfoglukonat, dehidrogenaz ve aldoz gibi enzimlerin etkilerini substratlara veya enzim substrat komplekslerine bağlanarak engellemektedir (Blevins ve Lukaszewski 1994).

Toprak tuzluluğu ve bor toksisitesinin birleşik etkisi de, bor ve suyun alınımına etkide bulunmaktadır (Bastias ve ark. 2010). Topraktaki yüksek tuz konsantrasyonları topraktaki osmotik potansiyeli azaltmakta ve bu nedenle topraktaki tuz, bitkinin transpirasyon oranlarında düşmeye neden olmaktadır. Bununla birlikte iyon etkisi genellikle tuzlu koşullar altında gerçekleşmektedir (Tripler ve ark. 2007). Bu etki son derece karmaşık olmakla birlikte aşırı bor ve tuz (NaCl) bitki dokularında iyon konsantrasyonunu değiştirmekte ve protein içeriğinin farklılaşmasına neden olmaktadır. Bu metabolik bileşiklerin değişimi hücre zarı ve zar özelliklerinin değişmesine neden olmakta ve hücre içerisindeki kalsiyum (Ca) derişimini etkilemektedir. NaCl, B ve Ca arasındaki ilişkiler hücre duvarı stabilitesinin sağlanması açısından önemlidir (Bastias ve ark. 2010).

2.5. Bor Alınımı ve Taşınımı

Bor, topraktan kökler aracılığı disosiyeye olmamış borik asit şeklinde alınır. Borik asitin bu formunun hücre zarından geçebildiğine inanılmakta ve bu işlemin pasif absorpsiyonla gerçekleştiği düşünölmekteydi. Buna bağılı olarak bor absorpsiyonunun temel olarak ortamdaki bor miktarına ve transpirasyon miktarına bağılı olarak değişmekte olduğu ileri sürölmekteydi. Ancak aynı bor miktarına sahip ortamlarda yetiştirilen bitkilerin bor alım miktarları farklılık göstermesi (Hu and Brown 1996; Rosolem ve Bogiani 2011) ileri sürölen bu teorinin doğruluğu üzerine şüphe düşürmüştür. Ayrıca borik asitin hücre zarı lipid geçirgenliğı katsayısı olarak hesaplanan teorik değer; kabak ve yeşil bir alg türü olan *Chara corallina*'da çok daha düşük bulunmuştur (Takano ve ark. 2008) Yapılan çeşitli araştırmalardan sonra borun hücre içerisine girmesinin B taşıyıcıları aracılığıyla sağlandığı saptanmıştır. Bu taşıyıcı proteinler fonksiyonel olarak tanımlanmış ve başarılı bir şekilde klonlanabilmiştir. Ayrıca, bor eksikliğinin gözleendiğı ortamlarda Arabidopsis bitkisinde AtNIP5;1 (borun kök hücrelerinin içerisine alınmasını sağlayan bor kanalı proteini) ve AtNIP6;1 (gelişen genç dokuların içerisine borun dağılmasını sağlayan bor taşıyıcı proteini) gibi proteinleri kodlayan gen bölgesinin transkripsiyonu artmaktadır. Benzer şekilde pirinçte bor eksikliğinde AtNIP5;1'in homoloğu olan OsNIP3;1 adlı genin transkripsiyonu artmaktadır. Bu gen borik asitin hücre içerisine alınmasını sağlayan kanalları kontrol etmektedir. Sonuç olarak bor eksikliğı durumunda bitkiler hücre içerisindeki

homeostasis durumunu korumak için boru, taşıyıcılar kullanarak hücre içerisine almaktadırlar (Cristobal ve ark. 2011).

Bazı meyve türlerinde, sonbaharda yapraktan bor uygulandığı zaman borun yapraktaki konsantrasyonunun arttığı görülmüştür. Ancak geç sonbahar ve kışın, bor konsantrasyonu ağaç kabuğunda artış göstermiştir. Bu borun, *Pyrus*, *Malus*, and *Prunus* (elma ve kayısı) gibi türlerde mobil olduğunu göstermektedir. Bu bitki türlerinde karbon, polioller (birçok hidroksil grup içeren şeker alkoller) olarak taşınmaktadır. Dioller ve polioller (gliserol ve mannitol), borat ile birlikte halkalı diesterler oluşturabilirler. Nektarin şeftalisinin çiçeklerinde sorbitol-bor-sorbitol kompleksleri; mannitol-boron-mannitol kompleksleri ise kereviz floeminde izole edilebilmiştir. Bu sonuçlara göre borun floemdeki hareketliliği, şeker veya poliolleri taşıyabilen taşıyıcı moleküllere bağlı olduğu görülmektedir (Blevins ve Lukaszewski 1998).

Borun yapraklardaki taşınımının sınırlandırıldığı durumlarda bor, apoplastta hapsedilmektedir. Bu durumda bor, floemde immobil kabul edilir. Bor floemde immobil olduğu durumda ksilemele taşınır. Arabidiopsiste borun ksileme yüklenmesini sağlayan taşıyıcı proteinin transkripsiyonunu sağlayan gen bölgesi bulunmuş ve tanımlanmıştır. BOR1 adı verilen proteini sentezleyen ilgili gen transkripsiyonu bor noksanlığına bağlı değildir (Cristobal ve ark. 2011). Son yıllarda şekersiz alkol üreten bitkilerde borun borik asit olarak genç yapraklara taşındığına dair kanıtlar bulunmuştur. (Tanaka ve Fujivara 2008).

2.6. Pamukta Bor

Bor pamukta genellikle noksan bir bitki besin elementidir. Pamukta bor eksikliği çiçeklenme veya meyve tutumu safhalarında görülürse koza tutumunu olumsuz etkileyebilir (Bogiani ve ark. 2013) ve floemdeki sınırlı hareketliliğinden dolayı (Bogiani ve Rosolem 2012) verim kayıplarına neden olabilir. Pamukta koza tutumu için gerekli olan bor ihtiyacı bitkinin bütünü için gerekenden çok daha fazladır. (Bogiani ve ark. 2013). Pamuk gelişiminin ilk safhalarında bor eksikliği önemli ölçüde CO₂ alınımını ve fotosentez ürünlerinin yapraklardan meyvelere taşınmasını azaltır. Böylece biyomas üretimini azaltır ve meyve dökümünü artırır (Zhao ve Oosterhuis 2002). Bununla birlikte bor noksanlığı bitki boyu, yaprak alanı, koza tutum yerleri ve kuru

madde birikimini taraklanma ve meyve tutumunu önemli bir miktarda azaltır (Zhao ve Oosterius 2003).

Bor pamuğun yetiştirme süresi boyunca toprakta bulunması gereken bir besin elementidir (Bogiani ve ark. 2014). Yapraktan bor uygulaması pamuk tohum verimi, verim özellikleri ve tohum çimlenmesi üzerinde etkilidir. Pamuk veriminin artmasındaki en önemli sebep bitki başına koza sayısının ve birim metrekaredeki koza sayısının artmasıdır. Bununla birlikte pamuk tohum verimindeki artışlarla bor arasındaki ilişki henüz açıklanamamış değildir. (Dordas 2006).

Pamuk topraktan yapılan bor uygulamalarına; yapraktan yapılanlara göre daha iyi tepki vermektedir. Yapraktan yapılan uygulamalarının yetersiz olmasının nedeni borun floemde mobilitesinin düşük olması ile ilgilidir (Rosolem ve Costa 2000). Bor noksanlığının başlangıcı ve etkileri pamuk çeşitleri arasında farklılık göstermekle birlikte belirtilerin yoğunluğunun farklı olması pamuk gelişiminde önemli bir farklılık meydana getirmemektedir (Bogiani ve Rosolem 2012). Bor gübrelenmesinin optimize edilmesi ile birlikte pamuk tohumlarının besinsel değerleri de yükselmektedir. Bor noksanlığını gidermek için gerekli bor miktarı 1 kg ha⁻¹'dir. Bor eksikliğinin belirlenmesinde genç yapraklar daha iyi belirteçtirler (Ahmed ve ark. 2013).

Pamukta bor toksisitesinin belirtileri yaprak kenarlarında sararma ve yaprak damarları arasında nekrotik lekelerin oluşmasıdır. Toksik etki toprakta borun 5 mg kg⁻¹'den fazla olduğu değerlerde başlamaktadır (Ahmed ve ark. 2008). Toksik değerlere sahip olan topraklarda uygulanan ZnSO₄ pamukta aşırı borun olumsuz etkilerini gidermektedir (Rezaei ve Malakouti 2001).

Yüksek pH ve kireçli topraklarla, pamuğun toplam bor içeriği arasında kuvvetli bir negatif ilişki bulunmuştur. Bu durum muhtemelen toprak faktörleri tarafından borun yarayışlılığının etkilenmesinden kaynaklanmaktadır (Ahmad ve ark.2013).

Borsuz ortamda yetiştirilen pamukta gelişme bozuklukları, lif oluşumunun tamamen olmaması veya çok az meydana gelmesi gibi bir takım verim sorunlarının görülmesinin yanında; bor, pamukta üridin difosfat glikoz veya ürasil difosfat glikoz (UDPG) sentezinin düzenlenmesini sağlayarak çiçekteki yumurtaların gelişmesinde

önemli bir rol oynamaktadır (Birnbaum ve ark. 1977. Bu nedenle borsuz ortamda yetiştirilen pamukta, yumurtaların üzerinde sertleşmeler meydana gelmekte ve yumurtalar normal görünümü kaybetmektedirler (Birnbaum ve ark. 1974).

2.7. Kükürt

Kükürt atmosferde en fazla bulunan sekizinci ve dünya kabuğunda bulunan 14. elementtir (Klose ve ark. 2011) . Kalsiyum ve magnezyumun ardından ikincil makro element olarak, maksimum ürün ve verim eldesi için gerekli bir bitki besin elementidir. Gübreler ve atmosferden sağlanan yeterli kükürt miktarları nedeniyle önemi yeterince anlaşılammıştır (Schrer 2001).

Tarımsal alanlarda kükürt, sülfat formunda amonyum sülfat, potasyum sülfat, süper fosfat ve diğer gübrelerle karışık olarak toprağa verilmektedir. Kükürt toprağa uygulandığı zaman toprak kolloidlerinde adsorbe edilebildiği gibi; bitki örtüsü veya toprak canlıları tarafından indirgenebilmekte ve depolanabilmektedir. Zayıf çözülmüş sülfatlar olarak kükürt, hidrojen sülfid (H_2S) olarak atmosferde salınabilmekte veya toprak alt katmanlarına sızabilmektedir. Sülfat kükürtü, organik kükürtlü bileşiklerin mineralizasyonu sonucu topraklarda üretilmektedir. Organik kükürtlü bileşiklerin mineralizasyonu ve immobilizasyonu eş zamanlı olabilmektedir. Bu nedenle sülfat kükürtünün sızarak yitmesi veya toprak organik maddesi ile birleşmesi toprağın fizyokimyasal özelliklerine bağlı olarak gelişen çeşitli süreçlere bağlıdır (Kopaçek ve ark. 2014). Toprakta inorganik kükürt sülfat, sülfid ve pirit (FeS_2) şeklinde bulunabildiği gibi elementel kükürt olarakta bulunmaktadır. Organik kükürt ise ester sülfat ve karbon bağlı kükürt olarak toprakta bulunmaktadır (Shari ve ark. 1997)

Topraktaki kükürt kayıpları genellikle toprağa organik maddenin parçalanması, atmosferik çökme ve kükürt içerikli gübre uygulamaları ile genellikle geri kazandırıldığından kükürt noksanlığı ürün üretimini sınırlayıcı bir faktör değildir. Ancak yine de belirtilen faktörlerden sağlanan kükürt miktarının azalması ve daha fazla ürün eldesi için fazla miktarda kükürtün topraktan bitkiler tarafından alınması kükürt noksanlığına neden olabilmektedir (Jeschke ve Diedrick 2014). Metabolik açıdan kükürt içerikli ikincil bileşikler hastalık, zararlı ve patojenlerin önlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Quilchano ve ark. 2002).

Kükürt doğrudan ya da dolaylı olarak bitkilerin metabolik fonksiyonları üzerinde de etkilidir. Bununla birlikte birçok metabolik faaliyetin önemli bir birleşenidir. Kükürtün enzim ve metabolik süreçler üzerindeki etkisi ile ilgili oldukça fazla çalışma bulunmaktadır. (Lakkineni and Abrol 1994). Düşük sülfür konsantrasyonları bitkilerin klorofil içeriğini azaltmakta (Rao and Sahu 1991) ve bazı bitkilerde karbonhidrat ve azot metabolizmasını ciddi bir biçimde olumsuz olarak etkilemektedir (Ghosh ve ark. 1990). Böylece fotosentez dolaylı olarak etkilenmektedir. Üreaz, nitrogenaz, nitrat redüktaz ve ribonükleaz enzimleri gibi aktifleştirici enzimlerin sentezinde gerilemeler meydana gelmektedir (Qi 1989).

2.8. Toprakta Kükürt

Bitkiler için yararlı olan kükürt toprakta farklı formlarda bulunmaktadır (Reisenauer 1967; Shari ve ark. 1997) ve organik maddenin parçalanması sonucu ortaya çıkan çözülebilir sülfat (SO_4^{2-}) ve mineral yüzeylerde tutulan sülfat olarak genellikle iki formda bulunmaktadır (Reisenauer 1967). Topraktaki kükürt devamlı bir şekilde organik ve inorganik kükürt formları arasında döngüye uğramaktadır. Organik kükürt bileşikleri, bitkilerin yararlanabileceği formda değildir ve bu nedenle organik kükürt bileşikleri mikroorganizmal veya biyokimyasal mineralizasyon ile organik sülfata (SO_4^{2-}) çevrilir (Dick ve ark. 2008). Organik sülfürün mineralizasyonu ve suda çözülüp toprak kolloidleri üzerinde adsorbe edilen kükürt, bitkiler tarafından alınabilmektedir (Shari ve ark. 1997). Organik kükürtün topraktaki toplam kükürt içerisindeki oranı toprak tipine göre değişmekle birlikte genellikle % 95 oranında bulunmaktadır (Jeschke ve Diedrick 2014)

Organik maddenin parçalanması sırasında inorganik kükürt ortaya çıksa da meydana gelen bu miktar bitkilerin ihtiyacını karşılamak için yetersiz bulunmaktadır (Tabatabai 1994). Topraklarda bitkiler için gerekli olan organik kükürt, humus ve bitki artıklarının mineralizasyonuna bağlıdır. Mineralize olabilir kükürtün kaynakları sırasıyla taze bitki ve hayvan artıkları, mikrobiyal canlılar ve bunların metabolik artıkları ve humustur.

Yarayışlı kükürtün topraktaki değişen miktarlarının belirlenmesinde C/S oranı kullanılmaktadır. Bu oran mikrobiyal ve substat düzeyindeki C/S oranına bağlı olmakla

birlikte toprağın organik sülfat içeriğine bağlı olarakta değişmektedir. C/S oranı azaldıkça kükürtün mineralizasyonu ve dolayısıyla da toprağın kükürt içeriği artmaktadır (200/1 oranına sahip olan bir topraktaki kükürtlü bileşikler 400/1 oranına sahip olan bir topraktaki bileşiklere göre daha hızlı mineralize olur) (Schoenau ve Malhi 2008; Scherer 2001).

Genellikle ahır gübresi mineralizasyon sonucunda toprak için yeterli miktarda kükürt kaynağı oluştururlar. Ancak bazı sıvı ahır gübrelere anaerobik koşullara bağlı olarak daha az miktarda yararlı kükürt bulunmaktadır. Organik maddenin azalması topraktaki kükürt verimliliğini azaltmaktadır. Ancak besin elementi yitimini azaltacak yetiştirme tekniklerinin uygulanması, daha fazla organik maddenin toprakta birikiminin sağlanması ve toprak işlemsiz tarım yapılması bu durumu tersindirmektedir (Schoenau ve Malhi 2008).

Topraktaki taban suyu yüksekliği de kükürt yitmesi üzerine etki yapmaktadır. Kükürtün sızarak yitmesi sülfat oluşturan gübrelere, sülfat içeren gübrelere göre daha fazla meydana gelmektedir kükürt yitmesi görülen bölgelerde elementel kükürt veya piritin tercih edilmesi gerekmektedir (Scherer 2001).

İnorganik kükürt, sülfat (SO_4^{2-}) ve sülfid (S^{2-}), polisülfid (S_n^{2-} $n>1$) sülfid (SO_3^{2-}), thiosülfat ($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$) ve elementel kükürt gibi daha düşük oksidasyon bileşikleri halinde bulunabilmektedir. İyi havalandırılan ve drene olabilen topraklarda inorganik kükürtün büyük bir kısmı sülfat halinde meydana gelmektedir ve indirgenmiş kükürtlü bileşik miktarları $<1\%$ 'in altında bulunmaktadır. Oksijensiz koşullarda özellikle sürekli su altında kalan ve iyi derene olamayan topraklarda inorganik kükürtün asıl formu genellikle sülfid ve elementel kükürt şeklindedir (Tabatabai 1996). Toprakta bitkilerin alabileceği formda bulunan karbon kaynakları, inorganik sülfat miktarının azalmasına ve bitkilerin kükürt almasına olumsuz etki yapar. İnorganik kükürt, organik kükürte göre genel olarak nemli ve yarı nemli birçok tarımsal alanda çok daha az miktarda bulunmaktadır. Bununla birlikte asit veya indirgenmiş topraklarda düşük miktarlarda indirgenmiş kükürt bulunabilir (sülfat formunda) (Dick ve ark. 2008).

Bitkilerin herhangi bir toprak tipinde kükürte karşı gösterdikleri tepki, toprak tipinin kendisine ve ürünün sülfür ihtiyacına bağlı olarak değişmektedir. Örneğin,

yoncanın kükürt ihtiyacı yüksek miktarlardayken; mısır ve soya fasulyesinin kükürt ihtiyacı düşük miktarda bulunmaktadır (Dick ve ark. 2008).

Kükürt noksanlığı dünya genelindeki topraklarda yaygın olmakla birlikte kadmiyum noksanlığı ile birlikte kendisini göstermektedir (Bashir ve ark. 2013). Düşük organik madde içeriğine sahip ve kaba tekstürlü iyi drene olan topraklar kükürt noksanlığının en fazla görüldüğü topraklardır (Hoefl ve Fox 1986; Dick ve ark. 2008; Yin ve ark. 2011b). Ayrıca korumalı toprak işlemenin yapıldığı topraklar düşük toprak sıcaklığı nedeni ile kükürt noksanlığının görülebileceği topraklardır. Düşük toprak sıcaklığı, organik kükürtün sülfata mineralizasyonunu azaltmaktadır (Yin ve ark. 2011b).

Kurak bölgelerde sülfür içeren mineraller genellikle çözünebilir jips şeklinde ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) veya daha fazla çözünürlüğe sahip olan ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) şeklinde bulunmaktadır. Nemli bölgelerde bu mineraller topraktan yıkanarak yittiği için nadir olarak bulunmaktadır. Bu tür bölgelerde sülfat, toprak kolloidlerinin üzerinde, toprak çözeltisinde veya çözünemeyen mineral formlarda bulunmaktadır (Dick ve ark. 2008).

Toprakların sülfat adsorpsiyon kapasiteleri kil içeriğine bağlı olduğundan önemli farklılık göstermektedir. Bununla birlikte topraktaki alüminyum ve demir oksit miktarları da sülfat tutulumunu etkilemektedir. Asit toprak koşullarında sülfat adsorpsiyonu daha fazla meydana gelmektedir. Fosfat, sülfatla yerdeğiştirebilir veya sülfatın tutulumunu engelleyebilir. Kurak bölgelerde kalsiyum, magnezyum, potasyum ve sodyum içeren sülfatlar inorganik sülfat formlarında yaygın olarak bulunmaktadır. Topraklarda bulunan kükürt, su altında kalan bölgelerde bitkiye yararlı olmayan sülfür formlarına dönüşmektedir (Dick ve ark. 2008).

Değişebilir veya sabit yüklü toprak kolloidlerinin toprakta bulunan miktarları sülfat iyonunun adsorpsiyonu üzerinde önemli rol oynamaktadır. Toprak pH'ının düşük olan değişebilir yüke sahip topraklarda, yükün büyüklüğü ve işareti toprağın kimyasal özellikleri tarafından belirlenmekte ve sülfatın sorbe edilmesinde son derece önem kazanmaktadır. Toprak pH'ı düştüğü zaman, değişebilir yüklü toprak kolloidleri pozitif yük değerlerine ulaşmaya başlarlar ve bu düşme devam ettikçe net pozitif değer kazanırlar. Bu yük değeri sülfat iyonlarının adsorpsiyonunu sağlar. Bununla birlikte net

negatif değişebilir yüke sahip toprak kolloidleri de az miktarda sülfatın sorbe edilmesini sağlarlar (Fox ve Balir 1986).

2.9. Bitkide Kükürt

Genel olarak tarla bitkilerinin kükürt ihtiyaçları aynı düzeylerde bulunmaktadır (Tabataba.1984). Kükürt, baklagil bitkilerinin klorofil ve azot fiksasyon mekanizmasında (Kopáček ve ark. 2014), RNA, DNA ve hormonal faaliyetlerin sürdürülmesinde, aminoasitlerin, proteinlerin, sülfolipidlerin, flavonoidlerin, lipidlerin, glukozinatların, polisakkaritlerin, nükleosidlerin yapısında yer almakta ve diğer biyokimyasal süreçlerde yer alan madde ve bileşikleri oluşturmaktadır. Kükürtün bitki bünyesindeki rolü azota benzediğinden yeterli bir bitki gelişimi için N/S oranının belirli bir değerde bulunması gerekmektedir (12/1 veya 15/1) (Crusciol ve ark. 2012). Bu nedenle kükürtün bitki beslenmesinde etkili olabilmesi için; topraktaki kükürt miktarının en düşük düzeyde olması ve topraktaki azot miktarının yeterli olması gerekmektedir (Rending 1986).

Bununla birlikte kükürt noksanlığı bitki metabolizmasında değişikliklere neden olmaktadır. Kükürt, sistein ve methionin gibi aminoasitlerin yapısında, oligopeptit olan glutation (GSH) ve fitoşelatların yapısında, vitaminlerin ve vitamin kofaktörlerinin yapısında ve birçok metabolik ikincil yan ürünlerin yapısında bulunmaktadır. Protein yapılarının sürdürülmesi, iki sistein arasında meydana gelen oksidasyon sonucu disülfid bağlarının meydana gelmesine bağlıdır. Bu bağlanmada sisteinin thiol grupları arasında meydana gelmektedir. Thiol gruplarının elektron verme yatkınlığı ve özellikle GSH, S-transferaz enziminin aracılığı ile sülfhidril gruplarına bağlanarak zararlı maddelerinin detoksifike edilmesinde önemli rol oynamaktadırlar. Fitoşelatlar, GSH'ın polimerize olmuş versiyonu olup thiol grupları aracılığı ile şelatlayıcı ligand olarak ağır metallerin detoksifike edilmesinde önemli rol oynarlar. Kükürt içeren ikincil ürünler fotosentezin temeli olan Fe-S protein demetleri açısından da önem taşımaktadırlar. Bu ikincil moleküller özellikle temel hücre fonksiyonları için sinyal verici moleküller olarak görev yapmaktadırlar (Hardulak ve ark. 2011).

Kükürt genel olarak bitkilerin kökleri ile iki değerlikli anyon olarak topraktan alınır. Kükürtün topraktan alınması sırasında toprakta bulunan selenit (yani jips), sülfat

alınımı ile rekabete girmektedir. Bu durum toprakta bulunan N, P ve Cl konsantrasyonları için geçerli değildir. Sülfat bitkiye stomalar aracılığı ile girmektedir ve % 75-90 oranındaki sülfat yapraklarda depo edilmektedir (Schrer 2001). Sülfat alınımı gündüz devam etse de; sülfatın kolay çözümlü olması sülfat adsorpsiyonun gece boyunca gerçekleşmesini sağlamaktadır (Schrer 2001). Gaz halindeki kükürt bileşiklerini bitkiler SO_2 ve H_2S gibi bileşikler olarak alırlar. Tarımsal açıdan bu değer çok düşük bir miktardır. H_2S hemen sisteme bağlanırken; SO_2 , su içerisinde çözüldüğünde, peroksisomal sülfat oksidaz adlı enzim kullanılarak; SO_2 okside edilir ve sülfata dönüştürülür (Hoefgen ve Hesse 2008). Bitkiye stomalardan giriş yapan sülfat bitkide dağıtılır ve farklı kükürt fraksiyonları halinde bitkide depo edilir (Schrer 2001).

Bitkileri homeostasis durumunu sürdürebilmek için hücre içerisindeki sülfat içeriklerini yüksek tutmak zorundadırlar. Sülfat toprakta mikromolar seviyelerde bulunurken, hücre içerisinde milimolar seviyesinde bulunmak zorundadır (Hoefgen ve Hesse 2008). Diğer bir ifade ile sülfat alınımı hücre içerisindeki sülfat miktarına göre ayarlanmaktadır. Hücre içerisindeki sülfat konsantrasyonu miktarı arttıkça sülfat alınımı azalmaktadır (Duke ve Reisenauer 1986). Hücre içeriğine bağlı sülfat miktarına göre sülfat alınımı, sülfat taşıyıcıları ile gerçekleştirilmektedir. Sülfat taşıyıcıları, sülfatın çevreden hücre içerisine alınmasını ve hücre içerisindeki organellere taşınmasını kontrol etmektedir. Sülfat alınımı ve taşınması bitki içerisinde nitrat ve fosfat gibi bitki besin elementlerinin alınımı ve taşınımında kullanılan apoplastik ve simplastik rotaların kullanımı ile gerçekleşmektedir. Kök tüylerinde ve epidermisinde sülfat tutulumu için; kök merkezi silindrinde ve yapraklarda ise sülfatın organlar arası dağıtımını için taşıyıcılar bulunmaktadır. Kök zarında bulunan taşıyıcılara Grup 1 taşıyıcıları adı verilmekte ve bu taşıyıcılar sülfatı kök çevresinden veya doğrudan toprak kapillar sisteminden veya kök apoplastından simplasta yüklenmektedirler. Daha sonra sülfat, simplast kullanılarak kök hücrelerine veya taşıma sistemine nakledilmekte ve bu işlem Grup 2 adı verilen taşıyıcılar aracılığı ile yapılmaktadır (Hoefgen ve Hesse 2008). Sülfatın indirgenmesi bitki hücrelerinde kloroplastlarda meydana gelmektedir ve ışık yoğunluğuna bağlı olarak değişmektedir. Kök hücrelerinin plastitlerinde kükürt indirgenmesi ihmal edilebilir düzeyde bulunmaktadır (Schrer 2001). Fazla miktardaki sülfat, vakuollerde depolanmaktadır (Hoefgen ve Hesse 2008).

Bitkilerin kükürt gereksinimleri ve alımları bitki türlerine, tür içindeki çeşitlere ve gelişme dönemlerine göre değişiklik göstermektedir (Duke ve Reisenauer 1986). Bitkilerin kükürt içerikleri % 0.1 ile % 0.3 arasında değişmekle birlikte; %2'ye kadar kükürt içeriğine sahip bitkiler de tespit edilmiştir (Khurana ve ark. 2008). En fazla kükürt gereksinimine halofitler, turpgil familyasına (hardal ve lahana gibi) ait birçok bitki türleri, zambakgiller ihtiyaç duyarken; pamuk, baklagiller ve tütün orta düzeyde, mısır ve diğer tahıllar en düşük düzeyde ihtiyaç duymaktadırlar (Duke ve Reisenauer 1986). Bitkilerin kükürt içerikleri protein içerikleri ile de ilgilidir. Örneğin, kanola yüksek miktarda sistein ve metionin içerdiğinden, tahıllara göre kükürt gereksinimi fazladır (Barrett ve ark. 2014).

Kükürt noksanlığı belirtileri azot noksanlığı belirtileri ile karıştırılmaktadır (Duke ve Reisenauer 1986; Franzen ve Grant 2008). Kükürt floemde hareketsiz bir element olduğundan (Franzen ve Grant 2008) ve yaşlı yaprakların proteinlerinden yeni gelişen yapraklara doğru kolayca hareket etmediğinden (Davis 1969); kükürt noksanlığının belirtileri genellikle genç yapraklarda görülür (Franzen ve Grant 2008). Yeni gelişen yaprakların damarları arasında görülen kloroz yavaşça bütün bir yaprak bölgesini kaplamakta ve yaşlı yapraklara doğru bazı bitkilerde ilerlemektedir. Zamanla yapraklarda, gövdede ve yaprak sapında görülen kırmızılaşma ve morlaşma görülür (Duke ve Reisenauer 1986).

Genellikle bitkilerin birçoğu kükürt toksisitesi göstermezler ancak turunçgiller bu durumun dışındadır. Kükürt toksisitesinin 3 önemli nedeni vardır: Sülfat ile etkileşen katyonların fazlalığı, Ca beslenmesindeki düzensizlik ve kök zarı fonksiyonlarının bozulması. Baklagil bitkilerinde sülfat ile molibdat'ın rekabete girmesinden dolayı yetersiz molibden içeren topraklarda uygulanan kükürt gübrelemesi; verimde düşmelere neden olmaktadır (Duke ve Reisenauer 1986).

2.10. Pamukta Kükürt

Pamukta kükürt noksanlığı genellikle son yıllarda kükürt içermeyen gübrelerin kullanılması ve daha fazla verim elde etmek için daha fazla kükürtün topraktan kaldırılması, kükürt içeriği düşük olan daha az pestisit kullanılması ve kükürtün atmosferden toprağa daha düşük düzeylerde birikmesi nedeniyle daha fazla

görülmektedir (Yin ve ark. 2011b). Ayrıca pamuk tarımı yapılan bölgelerde yüksek sıcaklık ve nem, sülfatın topraklardan daha fazla sızarak yitmesine neden olmaktadır (Yin ve ark. 2012).

Toprak sıcaklığı düşük olduğunda, organik maddeden kükürt mineralizasyonu yeterli düzeyde gerçekleşmediğinden toprak işlemsiz tarımda pamuk yetiştiriciliğinde kükürt noksanlığı problemi görülebilmektedir (Yin ve ark. 2011b).

Kükürtün gübre olarak veya pestisit olarak uygulanması neticesinde pamukta lif verim ve kalite özelliklerinin iyileştirildiğine dair çeşitli araştırmalar bulunmaktadır (Ergle ve Eaton 1951; Davis ve ark. 1965; Nasseem ve Nasrallah 1981; Yin ve ark. 2011a; Yin ve ark. 2011b Yin ve ark. 2012 ve Görmüş; 2014). Kükürt genellikle ekimden önce uygulanmalıdır ancak taraklanma başlangıcına kadar yapılan uygulamalar da önemli bir fark görülmemektedir (Mullins 1998). Yin ve ark. (2011b), Dunn ve ark. (2008)'in, pamuk lif veriminin ince tekstürlü topraklarda önemli derecede arttığını ancak; tınlı milli topraklarda bu artışın meydana gelmediğini saptadıklarını bildirmişlerdir.

Pamuk tohumunda yüksek miktarda protein içerdiğinden yüksek miktarda kükürde ihtiyaç duymaktadır. Normal bir ürün eldesi için 20-45 kg ha⁻¹ kükürt gerekmektedir (Görmüş 2014). Genel olarak pamuğun kükürt ihtiyacı fosfor düzeyinde olabilmektedir (Makhdum 2001). Pamukta kükürt noksanlığında, protein azotu uça bulunan genç yapraklarda önemli bir şekilde azalmaktadır. Ancak gövdede yüksek kükürt oranlarında protein azotu eksi değerlerdeyken, düşük kükürt içeren uygulamalarda artı miktarlarda bulunmaktadır. Kükürt noksanlığı önemli bir şekilde yapraklardaki protein miktarını azaltsa da; proteinlerin içerisinde bulunan kükürt miktarı artış göstermektedir. Bu durumda protein kükürdü genellikle kloroplastlarda bulunmaktadır. Bununla birlikte kükürt noksanlığında proteoliziz yani protein parçalanması ve proteinin yapısında bulunan kükürdün tekrar kullanılması durumu bulunmaktadır (Ergle ve Eaton 1951).

Kükürt noksanlığı yapraklardaki şeker ve sükröz konsantrasyonlarının miktarını azaltmaktadır. Bu durum gövde üzerinde daha belirginleşmekte ve gövdedeki şeker miktarı analitik prosedürler kullanılarak yapılan ölçme işlemleri ile şeker miktarının

bitkide çok düşük olmasından dolayı tespit edilememektedir. Nişasta miktarı bütün dokularda hafif bir azalma göstermekte ancak; hemiselüloz miktarında hiçbir değişim olmamaktadır. Nitrat ve eriyebilen azot miktarı yüksek konsantrasyonlara ulaşmaktadır ve azalan şeker oranına paralel olarak bu konsantrasyonlar yükselmektedir (Ergle ve Eaton 1951).

Yapraklarda şekerlerin yetersiz bulunması karbonun yapraklardan gövdeye doğru öncelikle azotlu organik bileşikler şeklinde gönderildiğini ve bu şekerlerin aminoasit ve nişasta ile geçici bir şekilde dengeye halinde bulunduğunu göstermektedir (Ergle ve Eaton 1951).

Pamukta kükürt noksanlığı diğer bitkilerle karşılaştığında farklılıklar göstermektedir. Noksanlık durumunda P, Ca ve Mg miktarlarının birikimi artmaktadır. K ve Fe birikiminde hafif değişimler meydana gelmektedir (Ergle ve Eaton 1951).

2.11. Bitki ve Toprakta Kükürt ve Bor İlişkisi Üzerine Yapılmış Çalışmalar

Bor ve kükürt uygulamalarının beraber yapıldığı sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bor ve kükürt gübrelenmesinin beraber yapıldığı uygulamalarda, bu iki gübrenin bitkiler tarafından alınımında farklılıklar gözlenmektedir. Karthikeyan ve Shukla (2011) bor ve kükürtün ayçiçeği ve hardal üzerinde etkilerini tespit etmek için yaptıkları çalışmalarında; bor ve kükürtün farklı adsorpsiyon yerlerine sahip olduklarından ve doğada rekabet halinde bulunmadıklarından borun kükürt alınımını, kükürtünde bor alınımını etkilemediğini tespit etmişlerdir. Ancak Haneklaus ve ark. (2005), kükürt gübrelenmesinin topraktan B, Mo, Se ve As alınımını geriletmekte olduğunu göstermektedir. Ganie ve ark. (2014) Fransız fasulyesinde sadece yüksek dozlardaki S ile birlikte yapılan B uygulamasının antagonistik sonuç verdiğini belirtmiştir. Mathew ve George (2012), bor ve kükürt uygulaması sonucunda toprağın P, K, Mg, S, B, Fe, Mn ve Zn içeriğinin arttığını belirtmişlerdir. Bunun sonucunda susam veriminin farklı bor ve kükürt dozları ile pozitif bir ilişki gösterdiğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte bor ve kükürtün, toprağın organik madde içeriğini ve dehidrogenaz aktivitesini arttırdığını saptamışlardır.

Adsorbe edilen veya okside bağlı (Fe ve Al oksitler) organik bağlı bor alınımı hardal ve ayçiçeğinde artan bor düzeylerine bağlı olarak artmaktadır. Borun diğer formları da yaprak, gövde ve tohumda pozitif bir ilişkiye sahiptirler. Suda çözülebilen

kükürt, sülfat kükürtü ve ısı ile çözülebilen kükürt miktarı da; artan kükürt miktarlarına göre artış göstermiştir. Artan bor miktarlarına göre kükürt düzeyi azalma gösterirken bu azalma; sülfat kükürtü ve çözülebilen kükürt için geçerlidir. Bununla birlikte, ısı ile çözülebilen kükürt önemli bir değişiklik göstermemiştir (Karthikeyan ve Shukla; 2011). Karthikeyan ve Shukla (2008), aynı bitki türlerinde kükürt ve bor uygulamalarının kuru madde, tohum miktarı, protein ve yağ içeriğini önemli derecede sinerjik olarak arttırdığını saptamışlardır. Razmjoo ve Henderlong (1997), yoncada B ve S'ün beraber uygulanması durumunda, yoncanın Ca içeriğinin değiştiğini saptamışlardır.

El-Kader ve Mona (2013) yerfıstığında topraktan yapılan kükürte karşılık, yapraktan yapılan Zn ve B gübrelmesinin yer fıstığında kalite ve verimi arttırdığını tespit etmişlerdir. Ayrıca bu uygulama toprakta yarayışlı N, P, K ve S miktarlarını arttırmıştır.

Fransız fasulyesinde yapılan S ve B gübrelmesinin etkileri de benzer sonuçlar vermiştir. Her iki gübreleme gerek ayrı ayrı ve gerekse de birlikte topraktan N, P, K, S ve B alımını arttırmıştır. Ayrıca birlikte yapılan uygulamada belirtilen besin elementlerinin yapraktaki konsantrasyonları artmıştır. Meyve toplama ve hasat döneminde de bu elementlerin miktarları yüksek düzeyde bulunmuştur. 45 kg S ha⁻¹ ve 1 kg B ha⁻¹ en iyi uygulama olarak belirlenmiştir (Ganie ve ark. 2014).

Kaisher ve ark. (2010) maş fasulyesinde B ve S uygulaması (sırasıyla 30 ve 5 kg ha⁻¹) yapıldığında maş fasulyesinin protein içeriği, bitki boyu, bin dane ağırlığı ve dal sayısının arttığını tespit etmişlerdir. Devi ve ark. (2012), soya fasulyesinde yaptıkları çalışmada benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Bu sonuçlara göre meyve ağırlığı, dal sayısı, bitki başına meyve sayısı ve verimi artış göstermiştir. 30 kg S ha⁻¹ ve 1.5 kg B ha⁻¹ en iyi sonuçların elde edildiği uygulama miktarlarıdır.

2.12. Önceki Çalışmalar

Literatür özetleri pamuk veya pamuk bitkisi ile karşılaştırmalı olarak yapılan araştırma sonuçları esas alınarak hazırlanmış olup bor ile yapılan çalışmalar ve kükürt ile yapılan çalışmalar olmak üzere iki ana başlık altında düzenlenmiştir.

2.13. Bor ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

Anderson ve Boswell (1968), Mn (2.23 ve 4.46 kg ha⁻¹) ve borun (0.45 ve 0.89 kg ha⁻¹) pamuk üzerine olan etkilerini Georgia'nın 13 farklı toprak sınıfında denemişlerdir. Kontrol parsellerinde, belirtilen gübrelerin herhangi bir eksikliğin görülmediği bildirilmiştir; ancak, ilk yıl boyunca elde edilen ürün miktarı, lif kalitesi ve lif kalitesine bağlı olan özelliklerde artış gözlemlendiği belirtilmiştir. Ürün artışlarının pH ile pozitif korelasyon gösterdiği; çözünebilir B ve Mn içerikleri ile birlikte ürün artışının, negatif korelasyona sahip olduğu bildirilmiştir. Birkaç istisnanın dışında, uygulama yapılmamış parsellerdeki toprak ve yaprak örneklerinin Mn ve B içeriklerinin; eksik Mn ve B içeriğine sahip olan parsellerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak pamuk verimi ve hasadındaki erkenciliğin sağlanmasında yüksek B ve Mn içeriklerinin etkili olduğu tespit edilmiştir.

Elliott ve ark. (1974) fitohormon ve bor arasındaki ilişkilerin yumurtalık üzerindeki etkisini in vitro koşullarda, bor gübrelenmesi yapılmamış olan pamukta (*Gossypium hirsutum*) incelemiştir. Araştırmacılar bor eksikliğin, dışarıdan sağlanan İndol Asetik Asit (İAA)'e rağmen; lif gelişimini engellediğini tespit etmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar, gibberellik asit (GA) uygulandığında bor eksikliğin, lif gelişimini durdurduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, bor eksikliğin yumurtaların üzerinde kallus dokusunun oluşmasına neden olduğunu belirtmişlerdir. Yetiştirme ortamına, İAA ve GA birlikte eklendiğinde ise; bor eksikliğin, kallus dokusunun gelişmesine neden olduğunu görmüşler ve kallus üzerinde, fenolik maddelerden kaynaklandığını tahmin ettikleri kahverengi lekelerin meydana geldiğini saptamışlardır. Son olarak, lif gelişiminin, sadece yumurta üzerindeki küçük bir alanda meydana geldiği araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir.

Heitholt (1994), yeni pamuk çeşitlerinde topraktan ve yapraktan uygulanan B gübrelenmesinin; yaprak B konsantrasyonu, koza tutumu ve lif verimi üzerine olan etkilerini incelemiştir. 1991 yılında üç farklı pamuk genotipinin (DES 119 DES 24-3 ne normal yapraklı ve DES 24-8 ne banya yapraklı) 1992 yılında ise iki farklı pamuk genotipinin (Deltapine 20 ve Deltapine 5415) kumlu tınlı topraklarda yetiştirildiği ifade edilmiştir. Toprağın B içeriğinin 0.11 mg kg⁻¹ olarak tespit edildiği bildirilmiştir. 1991 yılında borun ekim öncesi, ilk çiçeklenme ve çiçeklenme sonu döneminde sırasıyla

toprağa ve yaprağa 0, 0.89 kg ha⁻¹ olarak uygulandığı belirtilmiştir. 1992 yılında ise 1.78 kg ha⁻¹ borun diğer dozlarla birlikte uygulandığı bildirilmiştir (%78 Na₂B₈O₁₃.4H₂O, %20 Na₂B₄O₇.5H₂O). Yapraktan uygulanan en düşük konsantrasyonlu B miktarının, yapraktaki B konsantrasyonunu 1991'de 25 mg kg⁻¹'dan, 70 mg kg⁻¹'a çıkardığı araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir. 1992 yılında ise yaprak B konsantrasyon değeri 54 mg kg⁻¹ ve 108 mg kg⁻¹ olarak elde edilmiştir. Toprakta uygulanan borun, ilk yıl yapılan uygulamada yaprak B konsantrasyonu üzerinde herhangi bir etki göstermediği belirlenmiştir. İkinci yıl yapılan uygulamada B konsantrasyonunun 54 mg kg⁻¹'dan 71 mg kg⁻¹'a ulaştığı saptanmıştır. Toprak B konsantrasyonunun sezon ortasında yüksek olduğu saptanmış ve bu durumun ekim öncesi B analizinin, sezon içerisinde toprağa verilecek B miktarının belirlenmesinde yeterli veri oluşturmadığı tespit edilmiştir. Gerek topraktan ve gerekse de yaprakta yapılan B uygulamalarının koza tutum yüzdesi, çiçekleme sayısı ve lif verimini her iki yılda da etkilemediği araştırmacılar tarafından belirlenmiştir. Yaprak B uygulamasının ilk yıl içerisinde koza dağılımını etkilemediği ancak; ikinci yıl monopodial dallarda koza yüzdesini arttırdığı görülmüştür. Her iki uygulamada da lif kalitesi özelliklerinde herhangi bir değişimin olmadığı; ancak, yaprakta uygulanan borun, Deltapine 20 çeşidinde 1992 yılında lif inceliğini arttırdığı araştırmacılar tarafından belirlenmiştir. Sonuç olarak toprakta kısmi düşük B konsantrasyonu varken; modern çeşitlere her zaman yaprak B uygulaması yapılmasının zorunlu olmadığı araştırmacılar tarafından yürütülen çalışmada tespit edilmiştir.

Bañuelos ve ark (1996), Kaliforniya Fresno'da kurdukları sera denemesinde kenaf ve pamuk gelişimlerini, iki farklı deneme kurarak incelemişlerdir. İlk denemede her iki bitki türünün 7.5 mg L⁻¹ borik asit veya 0.25 mg L⁻¹ B içeren suyla sulandığı belirtilmiştir. İkinci denemede ise araştırmacılar, her iki bitki türünün B alınımını ve B toleransını, farklı zamanlarda B ıslahı yapılmış topraklar kullanılarak incelemişlerdir. Bu toprakların toplam B içeriklerinin 45 mg kg⁻¹ olduğunu ve yarayışlı B miktarlarının 7 mg kg⁻¹ düzeyinde olduğunu belirlemişlerdir. Birinci denemede kuru madde miktarının her iki bitki türünde de önemli derecede azaldığını saptamışlardır. B içeren sulama suyu kullanılarak yapılan ilk denemede kuru madde kayıplarının kenaf için % 50 dolaylarında olduğunu belirtirlerken; pamukta bu oranın % 30 oranında olduğunu tespit etmişlerdir. B yaprak konsantrasyonlarının kenaf için 500-1400 mg kg⁻¹ arasında

değişmekte olduğunu tespit etmişlerdir. Pamukta bu miktarların 300-800 mg kg⁻¹ B arasında değişmekte olduğu görmüşlerdir. İkinci denemede B ıslahı yapılmış toprak kullanılarak yetiştirilen pamuktaki ve kenaftaki kuru madde kayıplarının sırasıyla % 17 ve % 27' olduğunu saptamışlardır. Yaprak B konsantrasyonlarının ise kenaf ve pamuk için sırasıyla 422 mg kg⁻¹ ve 222 mg kg⁻¹ B arasında olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar sonuç olarak borun saksı denemesinde her iki bitkideki kuru madde miktarını azaltmakta olduğunu saptamışlardır.

Guertal ve ark. (1998) pamuk ve soya fasulyesi üzerinde yeni geliştirilen B gübresinin yapraktan uygulanmasını incelemişlerdir. Ayrıca, bu uygulamanın pamuk ve soya fasulyesinin B alımlarını ve verimlerine olan etkilerini değerlendirmişlerdir. Serada yapılan çalışmada 6 haftalık pamuk ve soya fasulyesi bitkilerinin kullanıldığı belirtilmiştir. Çalışmanın ayrıca 4 farklı üniversitede yürütüldüğü bildirilmiştir. Deneme; araştırmacılar tarafından borik asit (% 17.5 B) 0.22 kg ha⁻¹, sodyum borat (Solubor®20.5 % B) 0.22 kg ha⁻¹, Smith&Ardussi Liquid B (% 10 B) 0.22 kg ha⁻¹, Smith&Ardussi Liquid B 0.11 kg ha⁻¹ ve kontrol uygulamalarına göre dizayn edilmiştir. Kontrol bitkilerine spreysel B uygulanmadığı ve her bir saksıda 4 bitkinin yetiştirildiği bildirilmiştir. Saksı topraklarının kumlu tınlı topraklardan oluştuğu, bitkilere 6 haftalık gelişimin sonunda spreysel B uygulandığı ve gelişimin en fazla olduğu 8. haftada bitkiler hasat edildikten sonra bitkilerin kurutulup ve öğütülerek analize hazırlandığı ifade edilmiştir. B alımının, bitki B konsantrasyonunun ve bitki kuru madde ağırlıklarının çalışmanın tekrarlandığı diğer eyaletlerde farklılık gösterdiği bildirilmiştir. Bu nedenle sonuçların çalışmanın yapıldığı her yerde tutarlılık göstermediği belirtilmiştir. Uygulamanın yapıldığı bütün bölgelerde B uygulaması sonucu bitkilerin B konsantrasyonlarında ve B alımında önemli artışların sağlandığı bildirilmiş olmasına rağmen; bu etkilerin B kaynakları bakımından tutarlılık göstermediği tespit edilmiştir. Alabama ve Georgia'da bulunan üniversitelerde yapraktan uygulanan bora göre topraktan uygulanan borun, bitkiler tarafından daha fazla alındığı ve bitkilerdeki konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu araştırmacılar tarafından saptanmıştır. Son olarak araştırmacılar, Virginia ve North Carolina'da yapılan B uygulamalarında pamuk ve soya fasulyesi tarafından alınan B miktarlarının önemli bir değişiklik göstermediğini bildirmişlerdir. B kaynaklarına göre, B alımları arasında önemli bir farklılığın görülmediği ayrıca araştırmacılar tarafından saptanmıştır.

Bednarz ve ark. (1999) farklı pamuk gübrelerinin yapraktaki P, K, Zn, Fe, Mn, B ve Ca içerikleri ve pamuk verimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bu uygulamalardan sadece iki tanesinin farklı düzeylerde araştırmanın konusu olan mikro besin elementlerini içerdiği bildirilmiştir (8-32-5 NPK ile Mn, Fe, Zn ve B 8-8-8 NPK ile Mn, Fe, Zn B). Uygulamaların taraklanma başlangıcından itibaren 0, 2, 4, 6, 8 hafta arayla yapıldığı belirtilmiştir. Her uygulamadan bir hafta sonra, her bir parselden alınan 10 bitkinin boğumlarından (6-9, 10-13 ve 14 ve üzeri) parçalandığı ifade edilmiştir. Yaprak bitki besin konsantrasyonlarını araştırmacılar nodların (boğumların) buldukları yerlere göre belirlemişlerdir. Her bir bitkideki birincil ve ikincil kozaların durumunun yine nodlara göre tespit edildiği ifade edilmiştir. Yaprakların Zn Fe, Mn ve B içerikleri uygulanan ticari yaprak gübrelerinden bir tanesinde artış göstermiştir. Ancak belirtilen besin elementlerinin hiçbir tanesinin toprakta eksikliği bulunmadığından; araştırmacılar uygulaması yapılan yaprak gübrelerinin miktarlarının, bitkilerin ihtiyacı olan konsantrasyon değerlerinin üzerinde olduğunu bulmuşlardır. Bu nedenle araştırmacılar pamuk gelişimi sırasında ek olarak yapılan yaprak gübrelemesi uygulamalarının pamuk verimi üzerinde herhangi bir etkisinin bulunmadığı sonucuna varmışlardır.

Rosolem ve Costa (2000) farklı bor uygulamalarının; borun pamuk gelişimi üzerindeki etkisini ve bitki organlarındaki dağılımını bulmaya çalışmışlardır. Birinci uygulamada besleme çözeltisine 30 günden sonra B uygulamasının yapılmadığı; ikinci uygulamada, deneme süresince $20 \mu\text{mol L}^{-1}$ B uygulandığı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Üçüncü uygulamada, 30. ve 45. günler arasında çözeltiliye B uygulanmadığı belirtilmiştir. Araştırmacılar, uygulama yapılmayan dönem boyunca, B genç yapraklara sprey olarak toplam 0.26 mg olarak uygulamışlardır. Dördüncü uygulamayı da 3. uygulama gibi düzenlemişlerdir ve bor eksikliğinin olduğu dönemde; sadece yaşlı yapraklara bor uygulamışlardır. Son olarak 30. ve 45. günler arasında çözeltiliye B uygulamadıkları gibi, yapraklarda herhangi bir uygulama yapmamışlardır. Deneme sonucunda bor eksikliğinin geçici süre olarak bile olsa, pamuk kuru maddesini ve dolayısıyla da pamuk verimini azaltmakta olduğu araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir. Bununla birlikte bitki boyu, meyve ve çiçek tutumunun gerilemekte olduğu bildirilmiştir. Bu olumsuzlukların yapraktan B uygulamalarıyla telafi edilemediği belirtilmiştir. Kuru madde miktarındaki azalmadan dolayı B eksikliği olan pamuk bitkilerinin yapraklarındaki konsantrasyon oranları, bor eksikliğinin gözlenmediği

bitkilere göre daha yüksek tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda, yaşlı yaprakların B içeriklerinin tespitinde kullanılması durumunda yanıltıcı sonuçlara varılabileceği ayrıca, borun floemde hareketliliği varsa bile bunun son derece düşük bir seviyede olduğu saptanmıştır.

Goldberg ve ark. (2002) Amerika Birleşik Devletleri Kaliforniya'da toprak B içeriği ile bitki B içeriği arasındaki ilişkinin kurulmasının mümkün olup olmadığını incelemişlerdir. Kaliforniya Vadisindeki 65 farklı bölgeden aldıkları toprak örneklerini, sıcak suda çözünebilir bor 1:1 toprak: distile su ve 1:2 toprak: distile su, amonyum asetat, kalsiyum klorid-mannitol ve DTPA-sorbitolekstrakte etme yöntemlerine göre analiz etmişlerdir. Toprakta bulunan B ile reaksiyona giren organik madde, alüminyum, kil ve kalsiyum karbonat içeriklerine bağlı olarak B ekstrakte değerlerinin önemli farklılıklar gösterdiğini saptamışlardır. 1:1 oranındaki toprak: distile su ekstrakte yönteminin, diğer yöntemlerle önemli derecede korelasyon göstermiş olduğunu tespit etmişlerdir. Bu yöntemlerin ayrıca araştırmanın yapıldığı alanlarda 6 farklı toprak derinliğine göre de değerlendirildiği bildirilmiştir. Araştırma alanlarında yonca, kavun ve pamuk tarımı genellikle yapıldığından, tarımı yapılan bu bitkilerden elde edilen 10 yaprağın ve bütün bitkinin (gövde ve dal) B konsantrasyonları da belirlenmiştir. Yoncada bitki örneklemezinin toprak örneklemezinin yapıldığı zamanda; pamuk ve kavunda ise örneklemezinin sırasıyla çiçeklenme ve ilk meyve tutumu başlangıcında alındığı bildirilmiştir. Doku analizleri için örneklemezinin ise ilk meyve tutumundan 6 hafta sonra yapıldığı vurgulanmıştır. 5 hafta sonra pamuktan bir kez daha yaprak örneği alınmıştır. Pamuk ve kavun için topraktan alınabilir B ve bitki B konsantrasyonları arasında önemli derecede korelasyon bulunduğu ifade edilmiştir. Ancak yonca için herhangi bir bulguya rastlanmadığı bildirilmiştir. Amonyum asetat, DTPA-sorbitol ve 1:1 su ekstraksiyonun korelasyon katsayıları arasında önemli bir fark bulunmadığı bildirilmiştir. Araştırmacılar, bitkideki B içeriklerinin tahmininde tek bir toprak B analizinin yeterli olamayacağı sonucuna varmışlardır.

Zhao ve Oosterhuis (2002), büyütme odası ve tarla denemeleri olarak yürütülen denemede; bor eksikliğinin pamuk gelişimi, yaprak fotosentezi, yapısal olmayan karbonhidratlar üzerine olan etkisini araştırmışlardır. Ayrıca, büyütme odasında yürütülen denemede araştırmacılar, bor eksikliğinin yaprak sapındaki yapısal olmayan karbonhidratlara ve yaprak dokularına olan etkilerini incelemişlerdir. Tarla

denemesinde ise, yapraktan ve topraktan uygulanan borun bitki gelişimi, karbon özümlemesi ve taşınımı üzerine etkisi lif verimi ile birlikte araştırmacılar tarafından ele alınmıştır. Büyütme odasında yürütülen çalışmada, bor eksikliğinin erken dönemde pamukta, karbondioksit alım oranını azalttığı ancak; yaprak saplarındaki yapısal olmayan karbonhidrat miktarlarının bor eksiliğinde arttığı saptanmıştır. Bununla birlikte yapraklardan kozalara doğru fotosentez ürünlerinin taşınmasının azalmış olduğu ve bu etkinin bir sonucu olarak koza dökümünün gözlemlendiği bildirilmiştir. Bitki organları arasında yaprak saplarında en yüksek bor konsantrasyonuna rastlandığı; büyütme odası koşullarında yaprak sapı bor içeriğinin bitkide toplam depolanan borun % 75'ten fazlasını oluşturmakta olduğu tespit edilmiştir. Tarla koşullarında toprakta yeterli miktarda bor bulunmasından dolayı; topraktan ya da yapraktan yapılan uygulamalara pamuğun, herhangi bir tepki göstermediği belirtilmiştir.

Zhao ve Oosterhuis (2003) pamukta erken vejetatif gelişim döneminde bor eksikliğinin yapraklardaki fotosentez oranı, kuru madde birikimi, fotosentetik asimilasyon parçalanması ve pamuğun diğer fizyolojik parametreleri üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Söz konusu çalışma sonucunda B eksikliğinin, yaprak net fotosentez oranını önemli derecede azalttığını tespit etmişlerdir. Bununla birlikte bitki boyu, yaprak alanı, koza tutum bölgeleri ve kuru madde birikiminin; taraklanma ve koza tutumu esnasında önemli derecede gerilediği araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Ayrıca, fotosentez gerilemesinin ve bitki gelişiminin sekteye uğramasının; koza dökülmesini ve bitki kuru madde parçalanmasını arttırdığı saptanmıştır. Bu etkilerin ışığında B eksikliğinin pamuk gelişimini geriletmediği sonucuna varmışlardır.

Görmüş (2005) farklı azot ve bor dozlarının pamuk verimi ve lif kalitesi üzerine olan etkilerini Çukurova koşullarında incelemiştir. Azot 0, 80 ve 160 kg ha⁻¹ uygulanırken; bor yapraktan 3 farklı dönemde 0, 0.56 ve 1.12 kg ha⁻¹ B olarak araştırmacı tarafından uygulanmıştır. Uygulama sonrası araştırmacı yapraklardaki B konsantrasyonu ile birlikte koza sayısının, koza ağırlığının, kütlü pamuk ve lif veriminin arttığını saptamıştır. 1.12 kg ha⁻¹ B ve 160 kg ha⁻¹ N uygulamalarında en fazla koza sayısının elde edildiği bildirilmiştir. Sonuç olarak araştırmacı, B uygulamasının pamuk verimini kontrol parseline göre % 15.5 arttırdığı belirlemiştir.

Dordas (2006), yapraktan uygulanan borun, kireçli topraklarda pamuk lif ve çırçır randımanı üzerine olan etkisini incelemiştir. Çiçeklenme döneminde uygulanan borun koza tutumunu, lif verimini ve kütlü pamuk verimini diğer lif bileşenleriyle birlikte arttırdığını saptamıştır. Bununla birlikte kütlü pamuk kalitesinin, kireçli topraklarda arttığını bildirmiştir. Borun 4 farklı dozda (0, 400, 800 ve 1200 mg l⁻¹) bor eksikliğini gözlenmediği parsellere uyguladığını belirten araştırmacı; yapraktan bor uygulamasının metrekare başına koza tutumunu, ortalama koza ağırlığını, lif ve kütlü pamuk verimini ortalama % 40 oranında arttırdığını belirtmiştir. Ancak uygulanan 3 farklı doz arasında istatistiksel olarak önemli bir farkın bulunmadığını tespit etmiştir. Araştırmacı, bitki başına koza veriminin % 29 oranında artış gösterdiğini; çimlenme hızının % 17 ve çimlenme oranının ise % 25 arttığını gözlemlemiştir. Elde edilen sonuçlara göre araştırmacı, yapraktan uygulanan borun, kütlü pamuk verimini ve verim bileşenlerini kireçli topraklarda arttırdığını saptamıştır.

Oliveira ve ark. (2006) Brezilya'da bor eksikliğini yaprak ve çiçek sapı gelişimini engellediğini ve pamuğun gelişimi üzerinde bor eksikliğini önemli bir ket vurucu etki yaptığını saptamışlardır. Pamuğun (*Gossypium hirsutum* cv. 'Delta Opal') 0, 1.5, 3.0, 4.5 and 6.0 B $\mu\text{mol L}^{-1}$ içeren solüsyonlarda çıkıştan sonra 22-36 gün (ÇSG) yetiştirildiği belirtilmiştir. Çıkış sonrasında 36. ve 51. günler arasında solüsyonlara herhangi bir B uygulaması yapılmadığı vurgulanmıştır. Genç yapraklardan elde edilen yaprak sapsarı ile çiçek tomurcuklarından elde edilen çiçek sapsarının örnekleme işlemi sonrasında optik mikroskop altında çapraz anatomi gözlemlerine tabi tutulduğu bildirilmiştir. Yaprak sapsarındaki vasküler demet sayısının B eksikliği gözlenen bitkilerde azaldığı ve ksilemlerin düzenli olmadığı araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir. Çiçek sapı vasküler silindirindeki floem elementlerinin, B eksikliği olan bitkilerde önemli bir farklılaşma göstermediği; ancak bu bölümdeki az sayıdaki ksilem elementlerinde düzensizlik görüldüğü bildirilmiştir. B eksikliği sonucu meydana gelen değişimlerin, B ve fotosintat taşınmasına zarar verdiğini saptayan araştırmacılar; dallardaki B birikiminin, bitki içerisinde küçük bir miktar B taşınımına yardımcı olduğunu tespit etmişlerdir. Sonuç olarak araştırmacılar pamuk bitkisindeki gelişim sorunlarının sadece B eksikliğinden değil; karbonhidrat taşınımının azalmasından meydana geldiği sonucuna varmışlardır.

Şimşek (2006) topraktan ve yaprakta yapılan bor gübrelemesinin pamuk lif kalitesi ve verim özelliklerine olan etkisini incelemiştir. Çalışmada araştırmacı toprağa ekimle birlikte 1.5, 3.0 ve 4.5 kg da⁻¹; yaprağa ise ekimden sırasıyla 45, 60 ve 90 gün sonra 200 ml da⁻¹ bor uygulaması yapmıştır. En yüksek toplam kuru maddeyi, en fazla yaprak alan indeksini, en yüksek generatif kuru madde ağırlığını ve en yüksek koza kuru madde ağırlığını ekimden 60 gün sonra yaprağa 200 ml da⁻¹ bor uygulamasından elde etmiştir. Hasatta yapılan gözlemlerde en yüksek koza sayısını, koza ağırlığını ve çırçır randımanını ekimden 60 gün sonra yaprağa yapılan uygulamada gözlemiştir. En yüksek kütlü pamuk veriminin ise ekimden 45 ve 60 gün sonra yaprağa uygulanan 200 ml da⁻¹ bor gübrelemesinden elde edildiği vurgulanmıştır.

Ahmed ve ark. (2008) serada yaptıkları bir çalışmada kuru şartlar altında toprak ve bitki dokularında bor toksisitesi için kritik düzeyleri belirlemeye çalışmışlardır. Araştırmacılar boru ekimden önce toprağa farklı dozlarda (0, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 5.0, 10.0, 15.0, 20.0 ve 25.0 mg kg⁻¹) uygulamışlardır. Toksik belirtilerin (yaprak kenarlarında ve damarların arasında sararmış ve ölü dokular) 5 mg kg⁻¹ B düzeydeki uygulamada görülmeye başladığını bildirmişlerdir. Bu dozun üzerindeki dozlarda toksisite belirtilerinin arttığını ayrıca; kuru madde oranında ve verimde önemli düşüşlerin görüldüğünü tespit etmişlerdir. Denemede en fazla kuru maddenin 2 mg kg⁻¹ bor uygulamasında görüldüğünü belirtmişlerdir. Araştırmacılar bor konsantrasyonunun sırasıyla yaprak, dal ve kökte en fazla tespit edildiğini ifade etmişlerdir. Yüksek düzeylerde bor uygulamalarının Ca, Mg, Mn, Zn ve Fe içeriklerinde azalmaya neden olduğunu; fosfor, azot ve bakır düzeylerinde ise önemli derecede artışa neden olduğunu saptamışlardır.

Alıcı ve Öncel (2008), yaptıkları saksı denemesinde bor toksisitesinin etkisini, bor toksisitesine dayanıklı ekmeklik buğday ve bor toksisitesine duyarlı makarnalık buğday fidelerinde incelemiştir. Araştırmacılar, bor toksisitesi ile fosfor ilişkisinin, büyüme ve çözünebilir karbonhidratlar arasında nasıl bir etkileşime neden olduğunu incelemiştir. Araştırmacılar 6 hafta boyunca farklı bor ve fosfor konsantrasyonlarında yetiştirilen bitkileri hasat etmişlerdir. Makarnalık buğdaylarda kuru madde miktarının azaldığını; ancak, ekmeklik buğdaylarda kuru madde miktarının arttığını tespit etmişlerdir. Belirli bor konsantrasyonlarında, her iki buğday çeşidinde glikoz ve früktoz miktarlarının arttığını; fosfor uygulamasının yapıldığı bütün

uygulamalarda ise belirtilen karbonhidrat miktarlarının azalma gösterdiğini belirlemişlerdir. Bu durumun bor toksisitesinin, fosfor uygulaması ile hafifletilebileceğine dair kanıtlar sunduğunu ileri sürmüşlerdir.

Fontes ve ark. (2008), farklı Brezilya pamuk çeşitlerine; 6 farklı (0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, ve 3.0 mg dm⁻³), B uygulamasının etkisini araştırmışlardır. Uygulama sonrası B konsantrasyonunun toprak ve yapraklarda arttığını saptamışlardır. Elde edilen sonuçlara göre çeşitler arasındaki B kullanma etkinliğinin sırasıyla 'BRS Aroeira' > 'CNPA 8H' = 'BRS Antares' > 'BRS Sucupira' > 'BRS Ipe' şeklinde bulunduğu belirtmişlerdir.

Harite (2008), farklı pamuk çeşitlerinin, farklı bor konsantrasyonlarına karşı olan reaksiyonlarını ölçtüğü çalışmada; dört farklı bor dozu (0.5, 7.5, 15, 22.5 mg L⁻¹) ve sekiz pamuk çeşidi (Barut 2005 Gossipolsüz Nazilli Gürel Bey Nazilli 143 Nazilli 342 Nazilli 39 Nazilli-503 STN 8A) kullanmıştır. Uygulamalardan zarar görmüş yaprak sayısının, artan bor miktarlarına göre artış gösterdiğini; kök, gövde ve yapraklardaki bor konsantrasyonlarının da buna paralel olarak artış gösterdiğini saptamıştır. Bununla birlikte bitkilerin yaş ve kuru ağırlıklarıya; yaprak sayılarının azaldığını tespit etmiştir. Araştırmacı, Gürel Bey ve Gossipolsüz Nazilli adlı çeşitlerin bor toksitesine dayanıklı; Nazilli 39 adlı çeşidin ise bor toksitesine hassas bir çeşit olduğunu belirlemiştir.

Ahmed ve ark. (2011) borun pamuğun kuru maddesi ve mineral içeriği üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. 2004-2005 yılları arasında pamuğa altı farklı bor uygulamasının (0.0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 ve 3.0 kg ha⁻¹) yapıldığı araştırmada 3.0 kg ha⁻¹ B uygulamasından 2005 yılında en fazla kuru madde elde edildiği bildirilmiştir. Farklı bor uygulamalarında azot, fosfor, potasyum, bakır, demir, çinko ve bor elementlerinin alınımının önemli miktarda artış gösterdiğini saptamışlardır. Bununla birlikte Mg, Ca ve Mn miktarlarının bitkinin farklı organlarında önemli derecede azaldığı belirlemişlerdir. Makro bitki besin elementlerine bağlı olarak meydana gelen asimilasyon ile biyolojik verimin arttığını ve daha iyi bir bitki gelişimi sağlandığını belirtmişlerdir.

Ali ve ark. (2011), yapraktan uygulanan çinko (Zn) ve borun kütlü pamuk verimi üzerine olan etkilerini Pakistan'da 2007 ve 2008 yıllarında incelemişlerdir. Araştırmacılar çalışmada çinko ve boru 0.00+0.00, 0.75+0.00, 0.00+1.00, 0.75+1.00, 1.50+0.00, 0.00+2.00 ve 1.50+2.00 kg ha⁻¹ dozlarında çinko sülfat ve borik asit olarak

uygulamışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre B ve Zn en iyi etkiyi $0.75+1.00 \text{ kg ha}^{-1}$ uygulamasında göstermiştir. Bu uygulama sonucunda kütlü pamuk veriminin $2183.68 \text{ kg ha}^{-1}$ olarak elde edildiğini saptamışlardır. Belirtilen B ve Zn dozlarıyla uyumlu en iyi NPK dozu $170-57-62 \text{ kg ha}^{-1}$ olarak araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir. Bu dozda uygulanan NPK gübresine karşılık; bitki başına 26.7 koza ortalaması ve 2.97 g koza ağırlığının elde edildiğini belirtmişlerdir. Ekonomik yönden fayda-maliyet oranını dikkate alan araştırmacılar; 1.50 kg ha^{-1} Zn ile en iyi sonucun elde edildiğini saptamışlardır. Araştırmacılar yapılan araştırma sonucunda koza sayısı, koza ağırlığı ve koza verimi arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişkinin olduğunu tespit etmişlerdir.

Rashidi ve Gholami (2011), B gübresinin farklı dozlarının pamuk verimi ve verim bileşenleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. İran'da yapılan çalışmada 500 g ha^{-1} ve 1000 g ha^{-1} B yaprak gübresi olarak uygulanmıştır. Araştırmacılar, yapılan B uygulamalarının koza sayısını, ağırlığını, kütlü pamuk verimini ve lif verimini arttırdığını tespit etmişlerdir. Bununla birlikte, yaprak B konsantrasyon oranının, B uygulamalarının dozlarına göre artış gösterdiğini saptamışlardır. En fazla kütlü pamuk veriminin 1000 g ha^{-1} B uygulamasından elde edildiğini ve bu uygulama sonucunda verimin % 25 oranında artış gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Bogiani ve Rosolem (2012) serada B absorpsiyonu ve mobilitesinin farklı bor içeriğine sahip olan besleme solüsyonlarında ($0.0, 2.5, 5, 10$ ve $20 \mu\text{mol L}^{-1}$) 3 farklı pamuk çeşidi (FMT 701, DP 604BG ve FMX 993) üzerine olan etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar ilk tarakların görülmesinden sonraki 4 hafta boyunca bitki gelişimini izlemişlerdir. B eksikliği belirtilerinin çeşitler arasında farklılık gösterdiğini; borun DP 604BG çeşidi tarafından başlangıçtaki alımının diğer çeşitlerden daha düşük olduğunu saptamışlardır. B eksikliği belirtilerinin görülmemesi için; çözeltilerde daha fazla miktarda B bulunması gerektiğini belirtmişlerdir. Bor eksikliği belirtilerinin yoğunluğuna ve görülme zamanlarına bağlı olmaksızın; çeşitler arasında önemli bir fark tespit edilemediğini gözlemlemişlerdir.

Odonze ve ark. (2012), farklı bor uygulamalarının kurak alanlarda “bağlı sırtlara (tiedridges)” uygulanmasının ardından meydana gelen pamuk verim artışlarını ve bağlı sırt yönteminin toprak nemini azaltılması üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre araştırmacılar, bağlı sırt yönteminin kullanıldığı parsellerde

NPK ve B uygulamasıyla birlikte pamuk lif veriminde 2007 ve 2008 yılında önemli artışlar sağlandığını bildirmişlerdir (415.70 kg ha⁻¹ ve 312.47 kg ha⁻¹). Bu artışların sırt yönteminin kullanılmadığı parsellerde aynı iki yıla göre daha düşük olarak bulunduğunu belirtmişlerdir (245.20 kg ha⁻¹ ve 255.16 kg ha⁻¹).

Bogiani ve ark. (2013), bor eksikliğinde karbonhidrat üretim ve taşınmasının farklı pamuk çeşitlerindeki etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar 3 farklı pamuk çeşidinde, 5 farklı (0.0, 2.5, 5.0, 10.0 ve 20.0 µmol L⁻¹) konsantrasyonda yapılan denemede taraklanma başlangıcı ve onu takip eden 4 hafta boyunca pamuk örneklerini almışlardır. Yaprak alanının, çiçekli dal sayılarının ve çiçeklenmenin bor eksikliğine bağlı olarak azaldığını belirtmişlerdir. Bununla birlikte, bor eksikliğinin içsel karbondioksit oranının artmasına neden olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, terleme oranı ve stoma geçirgenliğinin fotosentez miktarını düşürdüğünü saptamışlardır. Fotosentezdeki azalmayla birlikte; yapısal olmayan karbonhidratların kozalara gönderilemediğini bildiren araştırmacılar; çeşitler arasında bor eksikliğine karşı verilen tepkilerin; çeşitlerin farklı genetik yapılarına rağmen, farklılık göstermediğini gözlemlemişlerdir.

Ahmed ve ark. (2013a) yapılan iki yıllık tarla denemesinde 6 (0.0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 ve 3.0 kg ha⁻¹) farklı bor uygulamasının kireçli topraklarda (0.47 mg kg⁻¹) pamuk verimi, bitki dokusu B konsantrasyonu ve tohum yağ içeriği üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Borun ürün gelişimini arttırdığını, koza dökümünü azalttığını ve böylece pamuk tohumundaki yağ miktarını % 14.7'ye ulaştırdığını gözlemlemişlerdir. Lif kalitesinin uygulamalardan etkilenmediğini; maksimum tohum verimi için gerekli B miktarının ise 1.1 kg ha⁻¹, olduğunu saptamışlardır. Yaprak B ihtiyacının, bitki ve yaprak yaşına bağlı olarak farklılık göstermekte olduğunu vurgulayan araştırmacılar; 30 günlük bitkilerde B eksikliğinin kritik düzeyinin olgun yapraklarda 45.0 mg kg⁻¹ ve genç yapraklarda 38.0 mg kg⁻¹ olduğunu belirtmişlerdir. 60 günlük kritik konsantrasyon düzeyinin ise yaşlı yapraklarda 55.0 mg kg⁻¹ ve genç yapraklarda 43.0 mg kg⁻¹, olduğunu bulmuşlardır. Bitki yaşındaki ilerlemeye bağlı olarak hem genç hem de yaşlı yapraklardaki bor konsantrasyon düzeylerinin gerileme gösterdiğini saptamışlardır. 43.0 mg kg⁻¹ yaşlı yapraklardaki B konsantrasyon düzeyinin; genç yapraklarda 35.0 mg kg⁻¹, olduğunu tespit etmişlerdir. Genç yapraklardaki kritik konsantrasyon aralığının (35–43 mg kg⁻¹) yaşlı yapraklardan (43–55 mg kg⁻¹) daha dar olduğunu belirleyen

araştırmacılar; genç yaprakların B eksikliğinin tespiti için daha bir belirteç olduğu sonucuna varmışlardır.

Ahmed ve ark. (2013b) Pakistan Pencap'ta farklı toprak serilerine sahip 4 farklı toprakta bulunan yarayışlı bor ve bor gübresinin toprak özellikleriyle, pamuk ve buğdaydaki toplam bor miktarı üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Elde edilen 80 toprak örneğinin 65'inde bor miktarının düşük seviyede bulunduğunu belirten araştırmacılar; pamuk ve buğday ekili alanlardan elde edilen 80 bitki örneğinin yapraklarındaki bor konsantrasyonlarının kritik değerlerin altında bulunduğunu tespit etmişlerdir. Topraktaki yarayışlı bor konsantrasyonları ile bitkilerden elde edilen toplam bor konsantrasyonları arasında hem pamuk hem de buğday için doğrusal pozitif bir ilişki bulunduğunu saptamışlardır (buğdayda $R^2 = 0.509$, $P < 0.001$ ve pamukta $R^2 = 0.525$, $P < 0.001$). Buğday tane verimi ile buğday yapraklarındaki toplam bor ve yarayışlı bor arasında da güçlü bir doğrusal ilişki bulunduğunu bildirmişlerdir ($R^2 = 0.42$ ve 0.76). Borun, buğday tane verimini arttırdığını; ayrıca, kendisinden sonra ekimi yapılan pamuk için, toprak üzerinde bırakılan bitki artıkları yoluyla kütlü pamuk veriminin artmasına önemli katkıda bulunduğu sonucuna varmışlardır.

Yaseen ve ark. (2013) Pakistan Pencap'ta yapraktan uygulanan gübre miktarlarının pamukta ürün artışı üzerine olan etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar Pakistan topraklarının % 90'nında mikro besin elementi miktarlarının (özellikle çinko (Zn), bor (B) ve demir (Fe)) düşük miktarda bulunduğunu ve topraktaki bitki besin elementi dengesizliklerinin özellikle pamuktan elde edilen verim üzerinde önemli bir negatif etki yaratmakta olduğunu saptamışlardır. Kireçli topraklarda yapraktan uygulanan mikro elementlerle (Zn, B, Mn, Cu ve Fe) birlikte çiftçilere önerilen miktarlarda uygulanan N, P ve K'nın, kütlü pamuk verimini kontrol parsellerine göre önemli bir ölçüde arttırdığı (% 20-30) araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir.

Bogiani ve ark. (2014) farklı pamuk çeşitlerinde borun alınımını ve taşınımını incelemişlerdir. Pamuk floeminde hareketsiz olarak kabul edilmesine rağmen; bazı pamuk çeşitlerinde borun, tekrar mobilize edilebilmek olduğunu belirten araştırmacılar kurdukları iki farklı denemede, ilk önce pamuk çeşitlerini B bakımından zengin olan veya doğal olarak bol miktarda bitki besin elementi bulunan çözeltilerde 4 hafta boyunca yetiştirmişlerdir. Daha sonra bu çeşitleri, yeterli miktardan yetersiz miktara

kadar farklı bitki besin elementi içeren çözeltilere almışlardır. İkinci denemede çeşitlerin yapraklarına zengin borik asit uygulanmış ve daha sonra bor mobilizasyonu izlemişlerdir. Kökten bor uygulaması yapılmış ancak bor eksikliği gözlenen bitkilerde borun, yaşlı yapraklardan genç yapraklara doğru tekrar mobilize edildiğini saptamışlardır. Ancak mobilize edilen bor miktarının gelişimi tekrar sağlamak için yeterli düzeyde olmadığını belirtmişlerdir. Bor eksikliği belirtilerinin bu bitkilerde ilerleyen zamanlarda tekrar gözlendiğini; bor uygulanan yapraklarda ise borun, 24 saat içerisinde alınarak mobilize edildiğini tespit etmişlerdir. Bor mobilizasyonunun uygulama yapılan bölgelerde daha yüksek miktarda olduğunu bulgulayan araştırmacılar; yapraktan yapılan uygulamalarla geçici olarak bor eksikliğini giderilebildiği sonucuna varmışlardır. Ancak tam bir bitki gelişiminin sağlanması için bitkinin yaşam döngüsünde borun sürekli olarak verilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Borun pamuk floeminde mobilize edilebildiğini ancak bu oranın çok yetersiz miktarda olduğunu belirtmişlerdir.

2.14. Kükürt ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

Eargle ve Eaton (1951) pamukta yetersiz kükürt uygulamasının meydana getirdiği fizyolojik ve morfolojik etkileri tespit etmişlerdir. Kükürt noksanlığı belirtilerinin genellikle azot noksanlığı belirtilerine benzemekle birlikte, pamukta kükürt noksanlığının domates, soya, ayçiçeği ve hardalla karşılaştırdığında farklılıklar gösterdiğini ifade etmişlerdir. Noksanlık durumunda P, Ca ve Mg miktarlarının birikiminin arttığı araştırmacılar tarafından saptanmıştır. K ve Fe birikiminde hafif değişimlerin meydana geldiği; ayrıca proteoliziz yani protein parçalanması ve proteinin yapısında bulunan kükürdün tekrar kullanılması durumunun gözlemlendiği araştırmada belirtilmiştir.

Davis ve ark. (1965), kükürt dioksit kullanılarak yapılan defoliant işleminin, pamuk lif kalitesi, lif uzunluğu ve çırçır oranı üzerine olan etkisini ölçtükleri araştırmalarında; yapılan uygulamanın, belirtilen özellikler üzerinde herhangi bir olumsuz etki yaratmadığını tespit etmişlerdir. Bununla birlikte ham lif uzunluğunun ve derecesinin, uygulamayı takiben yapılan ilk hasatta önemli derecede artış gösterdiği araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir. Ancak bu artışın, ikinci ve üçüncü hasatta gözlenemediği belirtilmiştir.

Nasseem ve Nasrallah (1981) kükürt uygulamasının üre, amonyum sülfat ve amonyum nitrat gübrelerinin pamuk üzerindeki etkinliğini alkali topraklarda incelemiştir. Kükürt uygulaması yapılmayan parsellerde amonyum sülfatın ve nitratın, üre uygulamasına göre daha fazla verim verdiği bildirilmiştir. Kükürtlü uygulamalarda ise her üç azot kaynağında verimin arttığı araştırmacılar tarafından saptanmıştır. Bununla birlikte kükürt uygulamasının istatistiksel olarak her üç gübrenin etkinliğini arttırdığını tespit etmişlerdir.

Mahler (1989), 20 pamuk çeşidini 60 gün boyunca farklı S dozlarına (0, 30 ve 60 kg da⁻¹) maruz bırakılmış saksılar içerisinde yetiştirmiştir. Araştırmada toplam kükürt konsantrasyonu, kükürt alınımı, toplam gövde ağırlığı ve N/S oranı gibi parametreleri değerlendiren araştırmacı; artan kükürt dozları ve kükürt alımına paralel olarak pamuk gövde ağırlığının arttığını saptamıştır. Araştırmacı, kuru madde ağırlığına göre minimum S konsantrasyonunu 1.8 g kg⁻¹ ve N/S oranını 13 g kg⁻¹ olarak bulmuştur.

Mullins (1998) Alabama-Amerika'da pamuğa uygulanan kükürtün, kükürt kaynağı, uygulama dozu ve zamanına karşı tepkisini incelemiştir. Kükürtün, ekim öncesi elementel, amonyum sülfat, demir sülfat, potasyum sülfat, thiosulfat olarak 0, 4.53, 9.07 ve 18.14 kg da⁻¹ olarak 1993-1995 yılları arasında uygulandığı bildirilmiştir. Sonuç olarak S uygulaması yapılmış parsellerden ortalama olarak % 21 daha fazla verim alındığı bildirilmiştir. Ancak kükürt kaynağına göre lif kaliteleri arasındaki farklılıkların tutarsız olduğu araştırmacı tarafından vurgulanmıştır.

Makhdum ve ark. (2001) kükürt kaynağı olarak jipsin (0, 50, 100 ve 200 kg ha⁻¹) Pencap'ta pamuk lif kalitesi ve verimi üzerine olan etkilerini incelemiştir. Uygulama sonuçlarına göre 50 kg ha⁻¹ jips uygulanmasının kütlü pamuk verimini arttırdığı bildirilmiştir (% 12). Ancak lif kalitesi açısından uygulamalar arasında önemli bir varyasyon tespit edilmediği belirtilmiştir.

Bukarlı (2007) Diyarbakır koşullarında kükürt kaynağı ve kükürt uygulama dozlarının pamuk lif kalitesi, kütlü verimi ve bitki büyüme özellikleri üzerine olan etkisini incelemiştir. Elementel kükürtün araştırmada 0, 15 ve 30 kg da⁻¹ olarak uygulandığı bildirilmiştir. Ayrıca farklı bir kükürt kaynağı olarak jipsin (0, 5 ve 10 kg da⁻¹) farklı dozlarda uygulandığı belirtilmiştir. Ekimden 50, 70 ve 96 gün sonra çeşitli

vejetatif ve generatif büyüme özellikleri istatistiki olarak değerlendirildiğinde; generatif ve vejetatif büyüme özellikleri açısından uygulamalar arasında önemli fark saptanamadığı ifade edilmiştir. Kütlü pamuk verimi ile lif verimi değerlendirildiğinde gerek jips ve gerekse de kükürt uygulamasının istatistiki açıdan önemli sonuç yarattığı bildirilmiş; bununla beraber; jips uygulamasının, kükürt uygulamasına göre daha iyi sonuç verdiği ifade edilmiştir. Lif elastikiyeti ve lif uzunluğu açısından yapılan değerlendirmede ise her iki uygulamanın lif elastikiyetini ve lif uzunluğunu arttırdığı bulunmuştur. Ayrıca, yine jips uygulamasında elde edilen sonucun kükürt uygulamasında elde edilen sonuçtan daha iyi olduğu araştırmacı tarafından tespit edilmiştir.

Yin ve ark. (2011a) farklı kükürt uygulamalarına karşın pamuk lif ve veriminde meydana gelen değişiklikleri incelemişlerdir. Dört farklı kükürt dozu (0, 4.53, 9.07, 13.60 kg) uygulanarak yapılan çalışmayı, 3 yıl boyunca toprak işlemez tarım yapılan alanda sürdürmüşlerdir. 9.07 kg olarak yapılan uygulamada pamuk veriminin % 8 kadar artış gösterdiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca lif inceliğinin her üç uygulamada da % 4-5 oranında artış gösterdiğini saptamışlardır. Ancak, lif kalitesi özellikleri olan lif uzunluğu, lif kopma dayanıklılığı ve lif yeknesaklığının istatistiksel olarak önemli olmadığı saptanmıştır.

Yin ve ark. (2011b) işlemez tarım yapılan ve kükürt ile çinko noksanlığı görülen topraklarda; pamuğa uygulanan kükürt ve çinkonun verim ve kalite özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Tarla denemesi olarak dört yıl boyunca sürdürülen çalışmada iki farklı çinko dozunun (0 ve 0.29 kg ha⁻¹) yapraktan; 4 farklı kükürt dozunun ise (0, 11, 22 ve 34 kg ha⁻¹) topraktan ekim öncesi uygulandığı bildirilmiştir. Yaprakların kükürt konsantrasyonlarının kükürt uygulamasına bağlı olarak artış gösterdiği belirtilmiştir. 22 ve 34 kg S ha⁻¹ uygulamalarında lif veriminin % 8-9 artış gösterirken, lif inceliğinin % 4-5 artış gösterdiği araştırmacı tarafından saptanmıştır. Yapraktan çinko uygulamalarında verim ve kalite artışı görülmediği ifade edilmiştir. Bununla birlikte araştırmacılar kurdukları saksı denemesinde S gübrelemesinin verim ve kalite özelliklerine olan etkisi incelemişlerdir. Çalışmada düşük kükürt içeren uygulamada yaprakların S konsantrasyonunun azaldığını; diğer besin elementlerinin konsantrasyonlarının ise artış gösterdiğini saptamışlardır. Kütlü pamuk veriminin bitki

başına kükürt noksanlığı sebebiyle dört yıllık denemenin üç yılı boyunca azalma gösterdiği bildirilmiştir.

Yin ve ark. (2012), üç yıl boyunca sürüdürülen saksı denemesinde iki farklı dozda (1 ve 20 ppm) uygulanan kükürtün, yaprak kükürt ve mikro element konsantrasyonları ile koza ve bitki başına kütlü pamuk ağırlıkları üzerine olan etkilerini incelemiştir. Düşük kükürt uygulaması yapılan uygulamalarda, kükürt noksanlığı belirtilerinin görüldüğü ve yapraktaki kükürt konsantrasyon oranlarının azaldığı saptanmıştır. Ancak diğer mikro besin elementlerinin konsantrasyonlarının arttığı bildirilmiştir. Kükürt noksanlığının koza başına ve bitki başına kütlü pamuk verimini azalttığı belirtilmiştir. Bu uygulamada ayrıca koza sayılarının ilk koza bağlamanın görüldüğü alanlarda daha fazla sayıda olduğu tespit edilmiştir. Üç yıllık deneme süresince kükürt noksanlığının her bir koza yerinin küçülmesine neden olduğu bildirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre pamukta verim özelliklerinin kükürt noksanlığında önemli bir şekilde gerilediği tespit edilmiştir.

Görmüş (2014) farklı elementel kükürt dozlarının ve jipsin (0 , 15, 30 ve 45 kg ha⁻¹) pamuk verimi ve kalitesi üzerine olan etkilerini incelediği çalışmada; pamuk verimi üzerinde en iyi etkiyi 30 kg ha⁻¹ dozunda elde etmiştir. Bu uygulama dozunda koza ağırlığının yanı sıra; bitkideki hasat edilebilir koza sayısı açısından, daha fazla kütlü pamuk veriminin elde edildiği ifade edilmiştir. İlk üç dozun uygulanmasında yüksek lif yeknesaklığının sağlanmış olduğu; 30 ve 15 kg S ha⁻¹ uygulamalarının lif inceliğinde % 4 ile % 2 artışa yol açtığı bildirilmiştir. Araştırmacı sonuç olarak yarı kurak koşullar altında optimum verim sağlanmasında 30 kg ha⁻¹ jips uygulamasının yeterli uygulama dozu olduğunu saptamıştır.

3. MATERYAL METOT

Araştırma Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Deneme alanında 2013 ve 2014 yıllarında iki yıl süre ile yürütülmüştür. Yüzölçümü 15.354 km² olan Diyarbakır, 37° 30' ve 38° 43" kuzey enlemleri ile 40° 37' ve 41° 20" Doğu boylamları arasındadır.

3.1. Materyal

Araştırma, bölünmüş parseller deneme düzeninde 4 tekerrürlü olarak toplam 32 parselde yürütülmüştür. Ana parseller S ve S'süz parseller iken her iki parselde 0, 2.5 ppm, 5 ppm ve 15 ppm olmak üzere dört farklı B dozu uygulanmıştır. Kükürt kaynağı olarak toz elementel kükürt; bor kaynağı olarak ticari adıyla Etidot 67 olarak bilinen Disodyum Oktaborat Tetrahidrat (% 20.9 B) (Na₂B₈O₁₃.4H₂O) kullanılmıştır. Denemede Stoneville 468 adlı pamuk çeşidi, bitki materyali olarak kullanılmıştır.

Elementel kükürt ekimden önce toz şeklinde 100 kg S da⁻¹ olarak parsellere uygulanmıştır. Bor uygulaması yine ekimden önce su ile karıştırılarak parsellere pülverize edilmiştir.

3.1.1. Stonevielle 468 (ST 468)

Bakım ve iklimsel faktörlere bağlı olarak meydana gelebilecek olumsuz koşullara rağmen, verim potansiyeli son derece yüksek olan orta erkenci bir çeşittir. Orta büyüklükte bir kozaya sahip olup çırçır randımanı % 42-% 43 arasında değişmektedir. Makine ve el ile hasada uygun olan çeşidin 100 gr. tohum ağırlığı, 10.6 gr.'dır. Kozalarının % 70-75'i çenetli, yaprakları çok tüylüdür. Yapraklarındaki tüylülük emicilere karşı dayanıklılık sağlamaktadır. Lif kalite parametreleri açısından tekstil sanayinin aradığı özelliklere sahip olan çeşidin başlıca lif kalite parametreleri şöyledir: Lif kopma dayanıklılığı 34.7 gr., lif inceliği 4.2 micronaire ve lif uzunluğu 30 mm.

3.1.2. Deneme Yerinin İklim Özellikleri

Diyarbakır karasal iklime sahip olmakla birlikte, Güneydoğu Anadolu step iklimi içerisinde yer almaktadır. Yağışların önemli bir bölümü sırasıyla kış, ilkbahar ve sonbahar dönemleri içerisinde düşmekte olup yıllık yağış ortalaması 490 mm'dir.

Çizelge 3.1. Deneme alanına ait iklim verileri (2013-2014)

Aylar	Yıllar	Min. Sıcaklık (°C)	Max. Sıcaklık (°C)	Ortalama Sıcaklık (°C)	Toplam Yağış (mm)	Nisbi Nem %
Mayıs	2013	6.9	33.3	19.0	98.0	61.7
	2014	5.5	36.8	19.7	48.8	53.7
	Uzun Yıllar Ortalaması	9.3	36.8	19.2	8.6	56.2
Haziran	2013	12.3	40.6	26.7	2.8	27.6
	2014	11.8	39.0	26.5	21.4	29.6
	Uzun Yıllar Ortalaması	16.1	42.0	26.1	2.3	31.2
Temmuz	2013	17.9	41.8	31.2	0.0	19.4
	2014	18.7	42.0	31.5	0.6	22.4
	Uzun Yıllar Ortalaması	21.0	44.7	30.8	0.1	22.9
Ağustos	2013	18.2	40.4	30.4	0.0	19.0
	2014	16.8	42.1	31.1	0.0	21.5
	Uzun Yıllar Ortalaması	22.4	44.3	30.1	0.0	20.1
Eylül	2013	11.3	38.7	24.5	0.0	25.0
	2014	10.5	39.8	24.8	27.4	35.5
	Uzun Yıllar Ortalaması	14.6	40.1	24.9	1.8	30.1
Ekim	2013	3.3	31.5	17.0	0.0	28.1
	2014	4.7	30.0	17.5	34.2	60.9
	Uzun Yıllar Ortalaması	8.0	35.6	17.8	7.7	46.1

Kaynak: Diyarbakır Meteoroloji Bölge Müdürlüğü, Aylık Hava Raporları

Araştırmanın yapıldığı 2013 ve 2014 yılına ait iklim verileri Diyarbakır Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden elde edilmiş olup Çizelge 3.1'de sunulmuştur. Denemenin yürütüldüğü 2013 yılında maksimum sıcaklık 41.8-31.5 °C arasındayken; 2014 yılında 42.1 -30°C arasında değişmiştir. Sıcaklık ortalaması açısından 2014 yılı özellikle pamuk ekiminin yapıldığı ay itibariyle, 2013 yılına göre daha 0.7 °C daha sıcak geçmiştir. Çiçeklenmenin meydana geldiği Temmuz ayı sıcaklık ortalamaları açısından da yıllar arasında önemli bir fark bulunmamakla birlikte 2014 yılı, 2013 yılına göre 0.3 °C daha sıcak geçmiştir. Bu dönemde 2014 yılında nisbi nem, 2013 yılına göre % 3 daha yüksek bir seviyede bulunmaktadır. Minimum sıcaklık değerleri bitki gelişimine zarar verecek seviyelere inmemiştir. 2013 yılında 100.8 mm; 2014 yılında ise 132.4 mm yağış meydana gelmiştir. 2013 yılında meydana gelen yağışın önemli bir kısmı Mayıs ayında kaydedilmiştir. 2014 yılında yağışlar Mayıs, Haziran ve Eylül ayında gözlenmiştir. Özellikle bu yıl içerisinde meydana gelen yağış bir önceki yılın yaklaşık yarısı kadardır.

3.1.3. Deneme Yerinin Toprak Özellikleri

Deneme alanına ait toprak örnekleri arazi üzerinden 0-30 cm derinlikte rastgele farklı noktalardan alındıktan sonra; örneklerin fiziksel ve kimyasal özellikleri tespit edilmiştir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Deneme alanına ait toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri (0-30 cm)

Test Parametresi	Test Düzeyi	Test Derecesi
Tekstür	--	Killi
pH (Saturasyon)	7.68	Hafif Alkali
EC mS/cm(Saturasyon)	0.66	Tuzsuz
% Kireç	11.70	Orta Kireçli
% Organik Madde	0.97	Çok Az
Fosfor (mg/kg)-(olsen)	5.18	Az
K (mg kg ⁻¹) - (NH ₄ -OAc ekst.)	723.67	Yeterli
Ca (mg kg ⁻¹) - (NH ₄ -OAc ekst.)	18517.67	Yüksek
Mg (mg kg ⁻¹) - (NH ₄ -OAc ekst.)	1173.67	Yüksek
Na (mg kg ⁻¹) - (NH ₄ -OAc ekst.)	423	Yeterli
Fe (mg kg ⁻¹) - (DTPA ekst.)	1.21	Eksik
Mn (mg kg ⁻¹) - (DTPA ekst.)	2.74	Orta
Zn (mg kg ⁻¹) - (DTPA ekst.)	0.78	Orta
Cu (mg kg ⁻¹) - (DTPA ekst.)	1.30	Yüksek
SO ₄ -S (mg kg ⁻¹)	4.89	Orta
Bor (mg kg ⁻¹)	0.58	Eksik

3. MATERYAL VE METOT

Çizelge 3.3. Yıllara göre pH değişim değerleri.

Uygulama	2013			2014		
	pH1	pH2	pH3	pH1	pH2	pH3
Kükürt	7.4	7.55	7.73	7.71	7.57	7.75
Kükürt	7.53	7.53	7.73	7.51	7.48	7.65
Kükürt	7.77	7.57	7.77	7.61	7.52	7.87
Kükürt	7.74	7.52	7.63	7.63	7.42	7.75
Kükürt+2.5 ppm	7.43	7.59	7.75	7.64	7.44	7.65
Kükürt+2.5 ppm	7.59	7.53	7.81	7.75	7.52	7.82
Kükürt+2.5 ppm	7.74	7.51	7.82	7.68	7.52	7.84
Kükürt+2.5 ppm	7.69	7.53	7.86	7.71	7.56	7.75
Kükürt+5 ppm	7.37	7.61	7.65	7.77	7.52	7.68
Kükürt+5 ppm	7.57	7.54	7.78	7.69	7.55	7.83
Kükürt+5 ppm	7.68	7.53	8.11	7.64	7.54	7.94
Kükürt+5 ppm	7.68	7.52	7.8	7.65	7.68	7.87
Kükürt+ 15 ppm	7.6	7.51	7.73	7.62	7.53	7.86
Kükürt+15 ppm	7.6	7.63	7.76	7.68	7.42	7.79
Kükürt+15 ppm	7.73	7.57	7.87	7.64	7.45	7.87
Kükürt+15 ppm	7.73	7.58	7.69	7.61	7.42	7.89
Kontrol	7.58	7.65	7.85	7.6	7.8	8
Kontrol	7.7	7.8	7.93	7.74	7.94	7.98
Kontrol	7.75	7.72	8.1	7.66	7.86	7.94
Kontrol	7.65	7.69	7.93	7.68	7.68	7.87
2.5 ppm	7.62	7.75	8	7.79	7.86	8.03
2.5 ppm	7.71	7.7	7.8	7.77	7.81	8.1
2.5 ppm	7.63	7.74	8.09	7.65	7.74	8
2.5 ppm	7.73	7.79	8.05	7.56	7.71	7.92
5 ppm	7.63	7.75	7.99	7.67	7.85	7.99
5 ppm	7.62	7.74	8.05	7.65	7.84	8.1
5 ppm	7.83	7.78	8.06	7.69	7.75	7.86
5 ppm	7.64	7.62	7.97	7.63	7.52	7.77
15 ppm	7.6	7.7	8.07	7.61	7.67	8.05
15 ppm	7.75	7.79	8.04	7.65	7.84	8
15 ppm	7.77	7.73	8.03	7.64	7.75	8.03
15 ppm	7.62	7.65	7.91	7.62	7.7	8.04

Deneme alanı toprakları düz ya da düze yakın eğimlerde, derin veya orta derin, ABC profili zonal topraklardır. Toprak tekstürü killidir ve yüksek miktarda Ca, Mg ve Cu ve yeterli miktarda K içermektedir. Zn ve Mo miktarı orta seviyededir. P, Fe ve organik madde bakımından yetersiz olan toprakların Na içeriği orta düzeydedir ve tuzsuzdur. Hafif alkali pH'a sahip olan deneme alanı toprakları S ve B açısından da yetersizdir.

Çizelge 3.3'te 2013 ve 2014 yılları arasında elde edilen pH değerleri verilmiştir. pH belirlenmesi için ilk toprak örnekleme ekimden bir ay sonra parsellerden rastgele bir şekilde yapılmıştır. 2. ve 3. örnekleme yine 20'şer günlük ara ile yapılmıştır.

3.2. Metot

Ekim yapılacak alan, Kasım ayı içerisinde pulluk ile sürüldükten sonra; Nisan ayı içerisinde kültüvatör ve tapan çekilerek tohum yatağı hazırlanmıştır. Yabancı ot mücadelesi için deneme alanı, holder kullanılarak (300 cc da^{-1}) Glyphosate etken maddeli ekim öncesi yabancı ot ilacı ile kimyasal mücadele yapılmıştır. Taban gübresi olarak 35 kg da^{-1} 20-20-0 kompoze gübre uygulanmıştır. 2013 yılında 9 Mayıs, 2014 yılında 7 Mayıs tarihlerinde bölünmüş parseller deneme deseni uyarınca 4 tekerrürlü olarak deneme parselleri oluşturulmuştur. Ekim öncesi S ve B uygulamaları yapılmıştır. Ekimden sonra diğer kültürel işlemlerle birlikte sulama işlemi gerçekleştirilmiş ve sulama, iklim şartlarına ve bitkilerin durumuna bağlı olarak 8-10 gün aralıklarla tekrar edilmiştir. Sulama yöntemi olarak karık sulama yöntemi kullanılmış ve uygulamalar arasında sulama ile herhangi bir doz karışımının meydana gelmemesi için bloklar arasına pulluk ile kanal çekilmiştir. Pamuk çıkışı takiben dar yapraklı yabancı otlara karşı, 150 ml da^{-1} 20lt su ile S-Metolachor etken maddesine sahip yabancı ot ilacı atılmıştır. Çıkışı takiben bitkiler yaklaşık 15 cm boya ulaştığında; üst gübre olarak (%33) amonyum nitrat kg da^{-1} olacak şekilde uygulanmıştır. Denemede sıra arası 70 cm ve sıra üzeri 20 cm olacak şekilde seyreltme işlemi yapılmıştır. Denemede normal yetiştirme şartları altında, iki kez el ile 3 kez traktör ile çapalama yapılmıştır. Hasat, kenar tesir sıraları atılarak 8 m'lik iki sırada yapılmıştır. Toprakta meydana gelen pH değişikliklerini incelemek amacıyla ilk çapa, taraklanma ve çiçeklenme başlangıcı döneminde toprak örnekleri alınarak pH ölçümleri yapılmıştır. Erken çiçeklenme döneminde üst olgun yapraklardan yaprak örnekleri alınmış ve makro ve mikro element

analizi için hazırlanmıştır. Ekim ayı içerisinde hasat sonrası kütlü pamuk hasat ağırlıkları alınmıştır. Daha sonra 1000 gr.'lık numuneler hazırlanarak çırçırılama işlemi gerçekleştirilmiş ve çırçır edilmiş pamukların çırçır randımanları hesaplanmıştır. Çırçırlanmış örneklerden elde edilen lif numuneleri, lif kalite analizlerinde kullanılmıştır.

3.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması ve Toprak analizleri

Ekimden önce toprak örnekleri 0-30 cm derinliğindeki üst toprak tabakasından alınmış ve içerisinde 1 kg'lık bir numune hazırlanmıştır. Numune toprak kurutulduktan sonra 2 mm'lik elekten geçirilmiştir. Daha sonra aşağıda belirtilen yöntemlere toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir.

3.2.1.1. Toprak Bünyesinin Belirlenmesi

Toprak örneklerinin kum, silt ve kil fraksiyonları hidrometre yöntemiyle saptanmıştır (Bouyoucus 1951). Hidrometre okumaları sonucunda elde edilen veriler bünye analiz üçgeni kullanılarak değerlendirilmiş ve sonuçlar % olarak ifade edilmiştir (Black 1957).

3.2.1.2. Toprak Reaksiyonunun (Ph) Belirlenmesi

Toprak örneklerinin pH'ları 1/2.5 oranında karıştırılan ve çalkalayıcıda yarım saat çalkalandıktan sonra dengeye gelmesi beklenen toprak – saf su (10 g toprak örneği– 25 ml saf su) karışımı, pH-metre (Wtw Inolab Ph 720) ile ölçülmüştür (Jackson 1958). Sonuçlar Kellog (1952)'a göre sınıflandırılmıştır.

3.2.1.3. Kireç İçeriğinin Belirlenmesi

Toprak örneklerinin kireç içerikleri Scheibler Kalsimetresi ile belirlenmiştir ve sonuçlar % olarak ifade edilmiştir (Çağlar 1958). Sınıflandırma Aerobe ve Falke'ye göre yapılmıştır (Evliya 1960).

3.2.1.4. Eriyebilir Toplam Tuz İçeriğinin Belirlenmesi

Elektriksel iletkenlik belirlenirken 100 gr hava kurusu toprak saturasyon kabında saf su ile sature hale gelinceye kadar doyurulup; doygunluk anı kaydedilmiştir. Daha sonra ekstratın iletkenliği Wtw Inolab Ec 720 cihazı ile mmhos cm-1 olarak ölçülmüş

ve sonuçlar çözünür tuza (%) çevrilmiştir (Rhoades 1982). Sınıflandırma Soil Survey Staff'a (Anonim 1951) göre yapılmıştır.

3.2.1.5. Organik Madde İçeriğinin Belirlenmesi

Toprak örneklerinin organik madde içerikleri modifiye edilmiş Walkley-Black metoduna göre belirlenmiş ve sonuçlar % olarak hesaplanmıştır (Black 1965). Sınıflandırma Thun ve ark. (1955)'e göre yapılmıştır.

3.2.1.6. Alınabilir Fosfor İçeriğinin Belirlenmesi

Toprak örnekleri Olsen metoduna göre pH'sı 8.5'e ayarlı 0.5 M (NaHCO₃) sodyum bikarbonat çözeltisi ile ekstrakte edilmiş ve süzükte kimyasal ve indikatörler kullanılarak mavi renk elde edilmiştir. Mavi renkli süzükteki P, ICP-OES cihazında (Varian 4.1.0) okunmuştur. Sonuçlar mg kg⁻¹ olarak verilmiştir (Olsen ve Sommers 1982).

3.2.1.7. Değişebilir Kalsiyum, Potasyum, Magnezyum ve Sodyumun Belirlenmesi

Toprak örnekleri pH'sı 7.0'ye ayarlı 1.0 N amonyum asetat (NH₄OAc) çözeltisi ile ekstrakte edilmiş ve elde edilen süzükteki Ca, Mg, K ve Na değerleri ICP-OES cihazında (Varian 4.1.0) okunmuştur (Kacar ve Katkat, 2009). Toprakların K içerikleri Pizer'e (1967), Ca ve Mg içerikleri ise Loue'ya (1968) göre sınıflandırılmıştır.

3.2.1.8. Bitkiye Alınabilir Demir, Manganez, Çinko ve Bakır İçeriklerinin Belirlenmesi

Analize hazır hale getirilecek toprak örnekleri dietilentriaminpentaasetikasit (DTPA) çözeltisi ile ekstrakte edilmiş ve elde edilen süzüklerde Fe, Mn, Zn ve Cu içerikleri ICP-OES (Varian 4.1.0), okunmuştur. Sonuçlar mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Sınıflandırma Lindsay ve Norvell'e (1978) göre yapılmıştır.

3.2.1.9. Bitkiye Yararışlı Bor İçeriğinin Belirlenmesi

Toprakların bitkiye yararışlı B miktarı Berger ve Truog (1939) tarafından geliştirilen ve daha sonra Dible ve ark. (1954) yılında revize edilen sıcak su yöntemine

göre yapılmış ve süzükteki B içeriği ICP-OES (Varian 4.1.0)'te okunmuştur. Sonuçlar mg kg-1 olarak ifade edilmiştir.

3.2.1.10. Bitkiye Yararışlı Kükürt İçeriğinin Belirlenmesi

Toprakların bitkiye yararışlı S miktarları Fox ve ark. (1964) tarafından geliştirilen yöntemle göre yapılmış ve süzükteki S içeriği ICP-OES (Varian 4.1.0)'te okunmuştur. Sonuçlar mg kg-1 olarak ifade edilmiştir.

3.2.2. Bitki Örneklerinin Alınması ve Yaprak Analizleri

Pamuk yaprakları erken çiçeklenme döneminde her bir parselden parseli temsil edecek şekilde rastgele alınmıştır (Mitchell ve Baker 2000). Ortalama olarak her parselden 120 yaprak örnekleme yapılmıştır. Yapraklar bitkinin en üst kısmındaki olgun yapraklar arasından seçilmiştir ve yaprak sapları kesildikten sonra bir defa musluk suyundan ve iki defa saf sudan geçirilmiştir. Daha sonra etüvde 65 °C'de bir gün süre ile kurutulmuştur (Kacar ve İnal 2008). Kurutulmuş yaprak öğütüldükten sonra; aşağıda belirtilen yöntemlere göre yapraktaki bitki besin elementinin analizi yapılmıştır.

3.2.2.1. Toplam Azot Miktarının Belirlenmesi

Yapraklardaki toplam azot miktarının belirlenmesi Dumas (1826)' a göre yapılmıştır. Oksijen altında matriksin tamamen yakılmasına yönelik olan bu yöntemde meydana gelen gazlar bakır ile indirgenir ve daha sonra kurutulur. Bu arada karbondioksit hapsedilir. Açığa çıkan azot ise bir dedektör yardımıyla hesaplanır. Genellikle 2-3 mg'lık kurutulmuş yaprak örnekleri tartılarak yakma işlemi yapılmıştır.

3.2.2.2. Diğer Makro Ve Mikro Elementlerin Belirlenmesi

Yaprakta bulunan P, K, Ca, S, Mg, Mo, Mn, Fe, Cu, Zn ve B elementlerinin belirlenmesi Halvin ve Soltanpour (1980)' e göre yapılmıştır. 0.5-1 g arasında tartılan örneklere 10 ml nitrik asit eklenmiş daha sonra mikro dalga işlemine tabi tutulmuştur. Mikrodalgadan alınan örneklerin 50 ml'ye saf su ile tamamlandıktan sonra ICP-OES (Varian 4.1.0)'te analiz edilmiştir.

3.2.3. Hasat Sonrası Analizler

3.2.3.1. Verim ve Lif Kalitesi ile İlgili Parametreler

Verim ve lif kalitesi ile ilgili analizler kütlü verimi kg da^{-1} , çırçır randımanı (%), lif uzunluğu (mm), lif inceliği (micronaire), ortalama lif uzunluk uyumu indeksi (%), lif kopma dayanıklılığı (g/tex), lif elastikiyeti (%), lif olgunluğu (%) ve kısa lif oranı (%) analizlerinden oluşmaktadır.

3.2.3.1.1. Kütlü Pamuk Verimi

Her parselin yanındaki birer sıra ve her parselin iki ucundaki 1 m'lik kısmın içine düşen ortadaki iki sıradan kütlü pamuk hasadı yapılmıştır. Bütün bitkilerden toplanan kütlü pamuk tartılmış ve dekara kütlü pamuk verimi hesaplanmıştır.

3.2.3.1.2. Çırçır Randımanı

Kozalardan alınan kütlü pamuk, laboratuvar tipi rollergin çırçır makinasından geçirilerek lif ve çiğit (tohum) olmak üzere ikiye ayrılarak tartılmıştır ve daha sonra aşağıdaki formül uyarınca çırçır randımanları hesaplanmıştır.

$$\text{Çırçır Randımanı (\%)} : \frac{\text{Pamuk (lif)}}{\text{Pamuk (lif)+Çiğit}} \times 100$$

3.2.3.1.3. Diğer Lif Analizleri:

Lif uzunluğu (mm), lif inceliği (micronaire), ortalama lif uzunluğu indeksi (%), lif kopma dayanıklılığı (g/tex), lif elastikiyeti (%), lif olgunluğu (%) ve kısa lif oranı (%) analizleri HVI (High Volume Instrument) aletiyle saptanmıştır.

3.2.4. İstatiksel Analizler

Araştırma sonucu elde edilen veriler, JUMP istatistik programında varyans analizine tabi tutulmuştur. Analiz sonuçları % 5 ve % 1 önem düzeylerine göre değerlendirilmiştir. Bununla birlikte araştırmada incelenen özelliklerle ilgili olarak uygulamaların önemli bulunması durumunda; uygulamalara bağlı olarak elde edilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey testine göre karşılaştırılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Verim ve Lif Kalitesi İle İlgili Parametrelerin Değerlendirilmesi

Bu bölümde kütlü verimi, çırçır randımanı, lif inceliği, lif olgunluğu, lif uzunluğu, ortalama lif uzunluğu indeksi, kısa lif oranı, lif kopma dayanıklılığı ve lif elastikiyeti parametreleri değerlendirilmiştir.

4.1.1. Kütlü Verimi (kg da^{-1})

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, kütlü verimi değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları, Çizelge 4.1'de verilmiştir. Kütlü verimi varyans analizi sonuçlarına göre, 2013 yılında kükürt ve bor uygulamalarıyla birlikte kükürt x bor interaksyonu istatistiksel olarak $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

2014 yılında ise sadece kükürt uygulaması istatistiksel olarak $P \leq 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

İki yıllık ortalamalar açısından ise kükürt uygulaması $P \leq 0.01$ düzeyinde; kükürt x bor interaksyonu ise istatistiksel olarak $P \leq 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Kütlü verimine ilişkin varyans analiz tablosu

V.K.	S.D.	2013			2014			İki Yıl Ortalaması		
		K. T.	K. O.	F değeri	K. T.	K. O.	F değeri	K. T.	K. O.	F değeri
Tekerrür	3	537.34	179.11	0.12	17189.73	5729.91	4.66	10054.94	3351.65	2.64
Kükürt	1	5025.03	5025.03	3.48**	7366.81	7366.81	5.99*	12280.20	12280.20	9.68**
Hata I	3	4331.34	1443.78		3686.78	1228.93		3804.34	1268.11	
Bor	3	8446.09	2815.36	3.05**	1467.24	489.08	0.21	3417.32	1139.11	0.55
Kükürt *Bor	3	7234.59	2411.53	2.62**	2934.57	978.19	0.43	9685.25	3228.42	1.56*
Hata II	9	8297.53	921.95		20520.22	2280.02		18587.35	2065.26	
Genel	22	33871.94	12796.77		53165.35	18072.94		57829.39	23332.74	
		2013 CV(S): 9.99 CV(B): 7.99			2014 CV(S): 8.98 CV(B): 12.24			İki Yıl Ort. CV(S): 9.24 CV(B): 11.80		

* : $P \leq 0.05$, **: $p \leq 0.01$

Çizelge 4.2. Kükürt ve bor uygulamalarının kütlü pamuk verimine etkisi (kg da⁻¹)

Uygulamalar	2013	2014	İki Yıllık Ortalama
Bor			
B1 (0 ppm)	385.50ab	391.89	388.70
B2 (2.5 ppm)	400.75a	390.20	395.47
B3 (5 ppm)	379.00b	379.95	379.48
B4 (15 ppm)	355.63c	398.89	377.26
EGF	19.45	-	-
Kükürt			
S1 (100 kg da ⁻¹)	367.69b	375.06b	371.37b
S2 (0 kg da ⁻¹)	392.75a	405.41a	399.08a
EGF	13.75	28.96	16.70
Genel Ortalama	380.22	390.23	385.23

Çizelge 4.2’de kükürt ve bor uygulamalarının kütlü verimi üzerine olan etkileri incelendiğinde; 2013 yılında bor uygulamaları önemli bulunmuş olup bor uygulamalarından elde edilen değerler 355.63-400.75 kg da⁻¹ arasında değişim göstermiştir. En yüksek kütlü verimi B2 uygulamasından (400.75 kg da⁻¹), en düşük bor verimi ise B4 (355.63 kg da⁻¹) uygulamasından elde edilmiştir. 2014 yılında ise bor uygulamalarının kütlü verimi üzerine etkisi önemli bulunmamış olup bununla birlikte bor uygulamalarına bağlı olarak kütlü verimi 379.95-398.89 kg da⁻¹ arasında değişim göstermiştir. İki yıllık ortalamalar incelendiğinde ise bor uygulamalarının kütlü verimi üzerine olan etkisi yine önemli bulunmamış ve kütlü verim 377.26-395.47 kg da⁻¹ arasında değişim göstermiştir.

Kükürt uygulamasının kütlü tohum verimi üzerine etkisi 2013, 2014 yılı ve iki yıllık ortalamaya göre önemli görülmüş olup 2013 yılında kükürt uygulaması yapılmayan bloklardan elde edilen kütlü verimi (392.75 kg da⁻¹), kükürt uygulaması yapılan bloklara göre daha yüksek bulunmuştur (367.69 kg da⁻¹). 2014 yılında ise kükürt uygulanmayan bloklardan elde edilen kütlü verimi 405.41 kg da⁻¹ iken kükürt uygulaması yapılmış bloklardan elde edilen kütlü veriminde gerileme görülmüştür (399.08 kg da⁻¹). İki yıllık ortalamalarda, kükürt uygulaması yapılmayan bloklar, kükürt uygulaması yapılan bloklara göre daha fazla kütlü veriminin elde edilmesine neden olmuştur (sırasıyla 399.08 ve 371.37 kg da⁻¹).

Çizelge 4.3. Kükürt ve bor uygulamalarına göre kütlü pamuk sonuçlarının karşılaştırılması (kg da⁻¹)

Yıl		Ortalamalar				Ortalama
		B1 (0 ppm)	B2 (2.5 ppm)	B3 (5 ppm)	B4 (15 ppm)	
2013	S1 (100 kg da ⁻¹)	387.50bc	380.25cde	345.75f	357.25def	367.69
	S2 (0 kg da ⁻¹)	383.50cd	421.25a	412.25ab	354.00ef	392.75
2014	S1 (100 kg da ⁻¹)	386.60ab	370.25ab	351.43b	391.96ab	375.06
	S2 (0 kg da ⁻¹)	397.18ab	410.14a	408.48ab	405.82ab	405.41
İki Yıllık Ortalama	S1 (100 kg da ⁻¹)	387.05abc	375.25cd	348.59d	374.61cd	371.37
	S2 (0 kg da ⁻¹)	390.34abc	415.70a	410.37ab	379.91bcd	399.08

2013 EGF: 1.47 İki Yıllık Ort. EGF: 23.61

Çizelge 4.3'te kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre kütlü pamuk değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir. Kütlü verimi açısından 2013 ve iki yıllık ortalamaların kükürt x bor interaksiyonları önemli bulunmuştur (Çizelge 4.1). 2013 yılında S2xB2 uygulama interaksiyonundan en fazla kütlü verimi (421.25 kg da⁻¹) elde edilirken; en az kütlü verimi S1xB3 uygulama interaksiyonundan elde edilmiştir (345.75 kg da⁻¹). 2014 yılında uygulama interaksiyonları arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır (Çizelge 4.1). İki yıllık ortalamalar incelendiğinde ise en fazla kütlü verimi yine S2xB2 (415.70 kg da⁻¹) uygulama interaksiyonundan elde edilirken; en düşük kütlü verimi S1xB3 (348.59 kg da⁻¹) uygulama interaksiyonundan elde edilmiştir.

Literatürde kükürt uygulamasının, kütlü verimi üzerine etkisi açısından Mullins (1998), kükürt eksikliği gözlenen kıyı alanlarında 22.4 kg ha⁻¹ S uygulamasının pamuk verimini % 21 arttırdığını bildirmiştir. Görmüş (2014) pamukta S uygulamasının ürün artışı sağlamanın toprakta S'ün yetersiz olmasına bağlı olduğunu bildirmiş ve 30 kg ha⁻¹ S uygulamasının simpodial dallanma ve koza ağırlığını arttırdığını ve böylece kütlü pamuk verimini arttırdığını bildirmiştir. Bununla birlikte denemede kullanılan diğer bir S kaynağı olan jips uygulamasındaki ürün artışını jipsteeki kükürte bağlamıştır. Jips uygulamasındaki en iyi verim yine 30 kg ha⁻¹ düzeyinden elde edilmiştir. Makhdom ve ark. (2001) kumlu-milli ve tınlı toprakta en iyi kükürt kütlü verimi için 50 kg ha⁻¹ olduğunu bildirmişlerdir. Mamatha (2007), 50 kg ha⁻¹ S uygulamasından en fazla kütlü verimini elde ettiğini bildirmiştir. Tazeh ve ark. (2012), buğdayda 1000 kg ha⁻¹ S

uygulamasıyla en fazla bitki besin elementi alımı ve en iyi gelişimin sağladığını bildirmişlerdir. Islam ve ark. (2013), nohutta 30 kg ha⁻¹ S uygulamasından en iyi verim elde edildiği belirtmişlerdir. Nadian ve ark. (2013) kanolada 800 kg ha⁻¹ S ile birlikte 2.5 kg ha⁻¹ B uygulamasından en iyi tane verimini elde ettiklerini bildirmişlerdir. Yin ve ark. (2011a), 22.4 ve 33.6 kg ha⁻¹ S uygulamasının; kükürt uygulanmayan parsellere göre lif verimini %7-8 arttırdığını bildirmiştir. Yin ve ark. (2011b) işlemsiz tarım alanlarında 22 ve 34 kg ha⁻¹ S uygulamasının % 8 ve % 8.7 oranında lif verimini arttırdığını saptamışlardır. S uygulamasının kütlü verim artışı üzerindeki etkisi, Mullins (1998) tarafından; kaba bünyeli topraklarda S uygulamasının daha etkili olduğu savı ile açıklanmıştır.

Bor toksisitesi açısından bulgularımız, 5 mg kg⁻¹ topraktan bor uygulamasının pamukta (Ahmed ve ark. 2008) ve buğdayda (Turan ve ark. 2009) toksisite belirtilerinin görülmeye başladığını bildiren, her iki yazarın bulgularıyla çelişmektedir. Bor toksisitesinin hem kükürlü hem de kükürtsüz parsellerde görülmemesi nedeni, deneme alanının, toprak yapısının farklı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile açıklanabilir. Toprağın, fiziksel ve kimyasal özellikleri açısından kil oranı, toprak sıcaklığı, yüksek kalsiyum içeriği ve pH en önemli faktörlerdir. (Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3). Nitekim Goldberg (1997), topraktaki bor yararıyla ilgili olarak toprak çözeltisi, pH, tekstür, toprak nemi ve toprak sıcaklığına bağlı olduğunu belirtmiştir. Ayrıca Goldberg ve ark. (2005) toprak çözeltisinde bulunan borun, organik madde, oksit mineraller ve karbonatlar üzerinde adsorbe edildiğini ve adsorbe edilen borun, bitki tarafından alınmadığını ve toksisiteye de neden olmadığını; bu nedenle fazla miktarda kil içeren topraklarda borun fitotoksik etkisinin hafiflediğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte borun, toprak organik maddesi ve toprak minerallerinde adsorpsiyonunda pH'ta önemli bir rol oynamaktadır (Goldberg ve Forster 1991). Borun bitki tarafından alınabilmesi için toprak pH'nın hafif asit veya nötr düzeylerde olması gerekmektedir (Herrera-Rodriguez ve ark. 2010; Römheld ve Marshner 1991, Hu ve Brown 1996). Bu pH değerlerinde bor, büyük oranda B(OH)₃ (borik asit) ve az miktarda B(OH)₄⁻ (borat) olarak bulunmaktadır (Bolaños ve ark. 2004). Borun, Al ve Fe oksitleri veya kil mineralleri olan kaolin, montmorillonit ve illit üzerinde tutulması; düşük pH'larda başlamakta ve pH 7-8 arasında pik yapmaktadır (Goldberg ve Forster 1991). Bu durumda borik asit, borat anyonunu oluşturmak üzere çözünmektedir (Herrera-Rodriguez ve ark. 2010; Römheld

ve Marshner 1991) Ancak, pH 8-10 arasında adsorpsiyon tersinmektedir (Goldberg ve Forster 1991). Kireçli topraklar, bor adsorpsiyonunda önemli bir potansiyele sahiptirler. Toprak çözeltisinin iyon gücünün yüksek olmasının yanı sıra, kalsiyum gibi +2 değerlikli iyonların toprakta bulunması bor adsorpsiyonunu arttırmaktadır (Majidi ve ark. 2010). Özellikle kil yüzeylerinin Ca^{+2} ile doygun hale gelmesi, diğer iki değerlikli bir iyon olan Na^{+2} ye göre daha fazla bor adsorpsiyonun meydana gelmesine neden olmaktadır (Harter 1991). Serbest $CaCO_3$ (kalsit) organik madde ve mineral oksitlerde olduğu gibi düşük pH değerlerinde boru adsorbe etmeye başlamaktadır. Bu süreç diğer faktörlerde olduğu gibi belirli bir pH'tan sonra tersinmektedir (pH 9.5). Sonuç olarak toprakta bulunan karbonatlı bileşikler de bor konsantrasyonlarının fitotoksik etkisini önleyici bir role sahiptirler (Goldberg ve Forster, 1991). Goldberg ve ark. (1996), toprak içerisinde bulunan PO_4^- , SO_4^{-2} ve MoO_4^{-2} gibi anyonların bor adsorpsiyonuna herhangi bir etkisi olmadığını bildirmişlerdir. Bu durum, araştırmada uygulanan kükürtün, toprak içerisinde bor adsorpsiyonuna herhangi bir etkisi bulunmadığını göstermektedir.

Yıllara göre pH değişim değerlerinin belirtildiği, Çizelge 3.3'de görüldüğü gibi kükürt uygulanan parsellerde ekimden sonra alınan örneklerde pH düşüşü meydana gelmiş ve daha sonra tekrar pH yükselmiştir. Ancak kükürtsüz parsellerde pH sürekli bir şekilde yükselmektedir. Meydana gelen pH yükselmeleri sıcaklığa bağlı olarak bor toksisitesinin görülmemesine neden olabilmektedir. Schaff ve Skogley (1982), uygulanan gübreleme programlarına karşılık; farklı verim elde edilmesini, sıcaklık ve toprak nemine bağlı olarak, spesifik bitki besin elementlerinin yayılım katsayılarındaki farklılığa bağlamaktadırlar. Bitki besin elementlerinin sıcaklık ve toprak nemine bağlı olarak yayılım katsayılarının değişmesi, bu bitki besin elementlerinin yarayışlılığını etkilemektedir. Sıcaklık yükseldikçe kalsitten, kalsiyum iyonunun toprak çözeltisine geçişi azalmaktadır. Goldberg ve ark. (1993), artan sıcaklıkla birlikte B adsorpsiyonun artmasının; sıcak ve kuru bölgelerde B noksanlığı veya yarayışlı B miktarının azalmasından kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir.

4.1.2. Çırçır Randımanı (%)

Çalışmada kullanılan Stonevielle çeşidinin çırçır randımanı normal bitki besleme koşullarında % 42-% 43 arasında değişmektedir. Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, çırçır randımanı değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları, Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çırçır randımanı (%) varyans analizi sonuçlarına göre, gerek 2013, gerek 2014 ve gerekse de iki yıllık ortalamalar, kükürt ve bor uygulamalarıyla birlikte kükürt x bor uygulama interaksyonları açısından $P \leq 0.01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.4. Çirçır randımanına ilişkin varyans analiz tablosu

V.K.	S.D.	2013			2014			İki Yıl Ortalaması		
		K. T.	K.O.	F değeri	K. T.	K.O.	F değeri	K. T.	K.O.	F değeri
Tekerrür	3	5.52	1.84	0.67	3.42	1.14	0.97	4.30	1.43	0.58
Kükürt	1	212.70	212.70	77.12**	168.82	168.82	143.11**	380.25	380.25	154.19**
Hata I	3	8.27	2.76		3.54	1.18		7.40	2.47	
Bor	3	254.45	84.82	53.95**	220.66	73.55	72.42**	466.88	155.63	86.34**
Kükürt *Bor	3	240.07	80.02	50.90**	184.40	61.47	60.52**	414.24	138.08	76.60**
Hata II	9	14.15	1.57		9.14	1.02		16.22	1.80	
Genel	22	735.16	383.70		589.98	307.17		1289.29	679.66	
		2013 CV(S): 4.08 CV(B): 3.08			2014 CV(S): 2.64 CV(B): 2.45			İki Yıl Ort. CV(S): 3.84 CV(B): 3.28		

* : $P \leq 0.05$, **: $p \leq 0.01$

Çizelge 4.5. Yıllara göre çırçır randımına ilişkin saptanan ortalama değerler (%)

Uygulamalar	2013	2014	İki Yıllık Ortalama
Bor			
B1 (0 ppm)	43.72a	43.94a	43.83a
B2 (2.5 ppm)	43.13a	43.75a	43.44a
B3 (5 ppm)	39.00b	38.63b	38.81b
B4 (15 ppm)	36.97c	38.56b	37.77c
EGF	1.04	1.54	0.88
Kükürt			
S1 (100 kg da ⁻¹)	38.13b	38.92b	38.52b
S2 (0 kg da ⁻¹)	43.28a	43.52a	43.40a
EGF	0.74	1.09	0.62
Genel Ortalama	40.71	41.22	40.96

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, çırçır randımanı değerlerine ilişkin saptanan ortalama sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir. Çizelge 4.3'te bor uygulamalarının çırçır randımanı üzerine olan etkileri incelendiğinde; bor uygulamalarının çırçır randımanı üzerine olan etkisi 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamalarda önemli bulunmuştur. 2013 yılında bor uygulamalarına bağlı olarak çırçır randımanı % 36.97-43.72 arasında değişim göstermiş ve en yüksek çırçır randımanı B1 düzeyinde (% 43.72) elde edilmiştir. 2014 yılında en yüksek çırçır randımanı yine B1 uygulamasından % 43.94 olarak elde edilmiştir. Bu yıla ait en düşük çırçır randımanı B4 (% 38.56) düzeyinde elde edilmiş olup B3 (% 38.63) düzeyinde elde edilen çırçır randımanı değerinden önemli bir farklılık göstermemiştir. İki yıllık ortalamalar açısından çırçır randımanı sonuçları değerlendirildiğinde, çırçır randımının uygulanan bor düzeylerine bağlı olarak azaldığı saptanmıştır. En yüksek çırçır randımanı % 43.83 ile B1 uygulamasından elde edilirken; en düşük çırçır randımanı % 37.77 ile B4 düzeyinde görülmüştür.

Kükürt uygulamaları 2013 yılında önemli bulunmuş olup kükürt uygulaması yapılmayan bloklardan elde edilen çırçır randımanı (% 43.28), kükürt uygulaması yapılan bloklara göre (% 33.13) daha yüksek bulunmuştur. 2014 yılında ise yine kükürt uygulaması yapılmayan bloklardaki çırçır randımanı (% 43.52); kükürt uygulaması yapılan bloklara göre (% 38.92), daha fazla çırçır randımanı elde edilmesine neden olmuştur. İki yıllık ortalamalar incelendiğinde, kükürt uygulamasının çırçır

randımanı üzerine etkisi yine önemli bulunmuştur. Kükürt uygulanmayan bloklardan elde edilen çırçır randımanı (% 43.40), kükürt uygulanan bloklardan (% 38.52) daha yüksek olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.6. Kükürt ve bor uygulamalarına göre çırçır randımanı sonuçlarının karşılaştırılması (%)

Yıl		Ortalamalar				Ortalama
		B1 (0 ppm)	B2 (2.5 ppm)	B3 (5 ppm)	B4 (15 ppm)	
2013	S1 (100 kg da ⁻¹)	44.56a	42.50c	33.88d	31.56e	38.13
	S2 (0 kg da ⁻¹)	42.88bc	43.75abc	44.13ab	42.38c	43.28
2014	S1 (100 kg da ⁻¹)	43.75a	44.13a	33.81b	34.00b	38.92
	S2 (0 kg da ⁻¹)	44.13a	43.38a	43.44a	43.13a	43.52
İki Yıllık Ortalama	S1 (100 kg da ⁻¹)	44.16a	43.31ab	33.84c	32.78c	38.52
	S2 (0 kg da ⁻¹)	43.50ab	43.56ab	43.78ab	42.75b	43.40

2013 EGF: 0.32 2014 EGF: 2.17 İki Yıllık Ort. EGF: 1.24

Çizelge 4.6’da kükürt ve bor uygulamalarına göre çırçır randımanı sonuçlarının karşılaştırılması verilmiştir. Kükürt x bor uygulama interaksyonları açısından 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamalar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.4). Çizelge 4.6’da görüldüğü gibi 2013 yılında S1xB1 uygulama interaksyonunda (% 45.56) en fazla çırçır randımanı elde edilirken; en düşük çırçır randımanı S1xB4 (% 31.56) uygulamalarından elde edilmiştir. 2014 yılında en yüksek çırçır randımanı S1xB1 uygulama interaksyonunda % 43.75 olarak elde edilmiştir. Bununla birlikte S1xB4 uygulama interaksyonunda (% 33.81) en düşük çırçır randımanı elde edilmiştir. İki yıllık ortalamalar incelendiğinde S1xB1 uygulama interaksyonunda en yüksek çırçır randımanı %44.16 olarak elde edilmiştir. S1xB4 interaksyonu ise en düşük çırçır randımanın elde edildiği uygulama interaksyonu olarak tespit edilmiştir (% 32.78).

Davis (1965) kükürtdioksit kullanarak yaptığı çalışmasında, fümigasyon ile uygulanan kükürtün çırçır randımanı üzerine etkisi olmadığını saptamıştır. Bu sonuca paralel olarak, Yin ve ark. (2011b), Makhdum ve ark. (2001) ve Bukarlı (2007) da, kükürt uygulamasının (elementel veya jips olarak) genel olarak lif kalite parametreleri

üzerine etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir. Ancak belirtilen yazarların araştırmalarındaki uygulama dozları, bu çalışmada uygulanana göre çok düşüktür. Makhdum ve ark. (2001), kükürt uygulamasının lif kalite parametreleri üzerine etkisinin olmaması durumunun, genetik ve çevresel faktörlerden kaynaklandığını ileri sürmektedirler.

Görmüş (2014), kükürt kaynağı olarak kullandığı 30 kg/ha jips uygulanmasından en iyi çırçır randımanı elde edildiğini bildirmiştir. Gobi ve Vaiyapuri (2012), 45 kg S + 10 kg Zn + 1.0 kg B ha⁻¹ uygulamasının çırçır randımanını arttırdığını tespit etmişlerdir.

Bizim bulgularımız çırçır randımanı parametresi için, Davis (1965), Yin ve ark. (2011b), Makhdum ve ark. (2001) ve Bukarlı (2007) ile uyum göstermektedir. Bununla birlikte sonuçlardaki farklılıkların nedeni, topraktaki bor yayırlılığının toprak çözeltisi, pH, tekstür, toprak nemi ve toprak sıcaklığına bağlı oluşu ile açıklanabilir (Goldberg, 1997).

4.1.3. Lif İnceliği (micronaire)

Lif inceliği ve olgunluğu ölçümleri “mironaire (mic)” olarak ifade edilmektedir. 2.34 gr.’lık pamuk lifleri bilinen bir hacme sahip alana sıkıştırılmakta ve liflerin hava geçirgenliği ölçülmektedir. Premium (3.7-4.2 micron), taban (4.3-4.9 micron) ve indirim (5 microndan büyük) aralığı olmak üzere 3 sınıf altında sınıflandırılmaktadır. (Hegde ve ark. 2004) İnce lifler, kalın liflere göre daha fazla mukavemet, düzgünlüğe ve daha az kayıp miktarına sahiptirler. Genellikle 3.5-4 mikron arasındaki incelik en ideal lif inceliği olarak kabul edilmektedir. Türkiye’de üretilen pamukların lif incelik değerleri genellikle 2.7-5 mikron arasındadır (Anonim 2015a)

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, lif inceliği değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları, Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Lif inceliği varyans analizi sonuçlarına göre, 2013 yılında kükürt ve bor uygulamalarıyla birlikte kükürt x bor interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

2014 yılında yine gerek bor ve kükürt uygulamaları gerekse de uygulama interaksyonları istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

İki yıllık ortalamalar açısından ise kükürt uygulaması istatistiksel olarak önemli bulunmazken; bor uygulaması ve kükürt x bor interaksiyon istatistiksel olarak $P \leq 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.7. Lif inceliğine ilişkin varyans analiz tablosu

V.K.	S.D.	K. T.	2013		2014		İki Yıl Ortalaması				
			K. O.	F değeri	K. T.	K.O.	F değeri	K. T.	K.O.	F değeri	
Tekerrür	3	0.07	0.02	0.41	0.10	0.03	0.48	0.16	0.05	1.20	
Kükürt	1	0.02	0.02	0.42	0.03	0.03	0.47	0.05	0.05	1.21	
Hata I	3	0.16	0.05		0.21	0.07		0.14	0.05		
Bor	3	0.37	0.12	5.56	0.25	0.08	1.05	0.57	0.19	4.33*	
Kükürt *Bor	3	0.13	0.04	1.91	0.66	0.22	2.84	0.58	0.19	4.38*	
Hata II	9	0.20	0.02		0.70	0.08		0.39	0.04		
Genel	22	0.94	0.28		1.96	0.52		1.89	0.58		
			2013 CV(S): 4.76 CV(B): 3.01		2014 CV(S): 5.49 CV(B): 5.87		İki Yıl Ort. CV(S): 4.70 CV(B): 4.20				

* p≤%5, **p≤%1.

Çizelge 4.8. Yıllara göre lif inceliğine ilişkin saptanan ortalama değerler (mic)

Uygulamalar	2013	2014	İki Yıllık Ortalama
Bor			
B1 (0 ppm)	4.80	4.93	4.86a
B2 (2.5 ppm)	4.68	4.74	4.71ab
B3 (5 ppm)	4.53	4.74	4.64b
B4 (15 ppm)	4.80	4.88	4.84a
EGF	-	-	0.16
Kükürt			
S1 (100 kg da ⁻¹)	4.73	4.85	4.79
S2 (0 kg da ⁻¹)	4.67	4.79	4.73
EGF	-	-	-
Genel Ortalama	4.70	4.82	4.76

Çizelge 4.8’de incelenen bor ve kükürt uygulamalarına ilişkin lif inceliği ortalama değerleri verilmiştir. Çizelge 4.8’de kükürt ve bor uygulamalarının lif inceliği üzerine olan etkileri incelendiğinde; 2013 yılında bor uygulamalarının lif inceliği üzerine etkisi önemli bulunmamış olup bor uygulamalarından elde edilen değerler 4.53-4.80 mic arasında değişim göstermiştir. 2014 yılında ise bor uygulamalarının lif inceliği üzerine etkisi yine önemli bulunmamış iken lif inceliği değerleri 4.74-4.93 mic arasında değişim göstermiştir. İki yıllık ortalamalar incelendiğinde ise bor uygulamalarının lif inceliği üzerine olan etkisi önemli bulunmuştur. En yüksek lif inceliği B1 (4.86 mic) uygulamasından elde edilirken; en düşük lif inceliği B3 (4.64 mic) uygulamasından elde edilmiştir. Bununla birlikte B4 (4.84 mic) uygulamasından elde edilen lif inceliği değeri ile B1 uygulamasından elde edilen lif inceliği değeri arasındaki fark, istatistiksel olarak önemsizdir.

Kükürt uygulamasının lif inceliği üzerine olan etkisi; 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamaya göre önemli bulunmamıştır. 2013 yılında elde edilen lif inceliği verileri kükürt uygulanan ve uygulanmayan bloklarda sırasıyla 4.73 ve 4.67 mic olarak tespit edilmiştir. 2014 yılında kükürt uygulanan ve uygulanmayan bloklardan elde edilen lif inceliği değerleri sırasıyla 4.85 ve 4.79 mic olarak bulunmuştur. İki yıllık ortalamalarda ise kükürt uygulaması yapılmayan bloklarda lif inceliği 4.73 mic olarak elde edilirken, kükürt uygulaması yapılan bloklarda lif inceliği 4.79 mic olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.9. Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre lif inceliği değerlerinin karşılaştırılması (mic)

Yıl		Ortalamalar				Ortalama
		B1 (0 ppm)	B2 (2.5 ppm)	B3 (5 ppm)	B4 (15 ppm)	
2013	S1 (100 kg da ⁻¹)	4.78ab	4.69ab	4.51b	4.93a	4.73
	S2 (0 kg da ⁻¹)	4.82ab	4.66ab	4.56b	4.66ab	4.67
2014	S1 (100 kg da ⁻¹)	4.83ab	4.95a	4.62ab	5.02a	4.85
	S2 (0 kg da ⁻¹)	5.04a	4.53b	4.85ab	4.75ab	4.79
İki Yıllık Ortalama	S1 (100 kg da ⁻¹)	4.80abc	4.82ab	4.57d	4.97a	4.79
	S2 (0 kg da ⁻¹)	4.93ab	4.59cd	4.71bcd	4.70bcd	4.73

İki Yıllık Ort. EGF: 0.22

Çizelge 4.9'da kükürt ve bor uygulama interaksiyonlarının lif inceliği üzerine etkisi görülmektedir. Lif inceliği açısından 2013 ve 2014 yıllarındaki kükürt x bor uygulama interaksiyonları istatistiksel olarak önemsiz bulunurken; iki yıllık ortalamaların interaksiyonu önemli bulunmuştur (Çizelge 4.7). Çizelge 4.9'da yer alan iki yıllık ortalama incelendiğinde en yüksek lif inceliği değeri 4.97 mic olarak S1xB4 uygulama interaksiyonundan elde edilirken; en düşük lif inceliği değeri S1xB3 uygulama interaksiyonundan 4.57 mic olarak elde edilmiştir.

Makhdum ve ark. (2001) ve Mullins (1998) kükürt uygulamasının genel olarak lif kalite parametereleri üzerinde herhangi bir etki meydana getirmediğini bildirmişlerdir.

Görmüş (2014), 30 ve 15 kg/ha S uygulamaları ile, lif inceliğinde sırası ile % 4 % 2 oranında artışın gerçekleştiğini belirtmiştir. Yin ve ark. (2011a), 11.2, 22.4 ve 33.6 kg ha⁻¹ S uygulamasının lif inceliğini; kükürt uygulanmayan parselde göre % 4-5 arttırdığını bildirmiştir. Yin ve ark. (2011b), 22 ve 34 kg ha⁻¹ S uygulamasının; uygulama yapılmayan parselde göre lif inceliğini % 3.8 ila % 4.8 arasında arttırdığını tespit etmişlerdir. Gobi ve Vaiyapuri (2012), 45 kg S + 10 kg Zn + 1.0 kg B ha⁻¹ uygulamasının lif inceliğini arttırdığını tespit etmişlerdir.

Bizim bulgularımıza göre bor x kükürt uygulama interaksyonu 2013 ve 2014 yıllarına göre Makhdum ve ark. (2001) ve Mullins (1998) ile benzerlik göstermektedir. İki yıllık ortalamalar açısından ise Görmüş (2014), Yin ve ark. (2011a), Yin ve ark. (2011b) ve Gobi ve Vaiyapuri (2012) ile benzerlik göstermektedir. Sonuçlardaki farklılıkların nedeni, topraktaki bor yarayırlılığının toprak çözeltisi, pH, tekstür, toprak nemi ve toprak sıcaklığına bağlı oluşu ile açıklanabilir (Goldberg, 1997).

4.1.4. Lif Uzunluğu (mm)

Liflerin bir buçuğundan daha uzun olan lif ortalaması olarak tarif edilmektedir. Genellikle 20-34.5 mm arasında değişmektedir (Hegde ve ark. 2004). Türkiye’de üretilen pamuklarda bu değer 31 mm’yi geçmemektedir (Anonim 2015a).

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, lif uzunluğu değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları, Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Lif uzunluğu varyans analizi sonuçlarına göre, 2013 yılında kükürt ve bor uygulamalarıyla birlikte kükürt x bor interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

2014 yılında kükürt uygulamaları $P \leq 0.05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunurken; bor uygulamaları ve kükürt x bor uygulama interaksyonları istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

İki yıllık ortalamalar açısından ise kükürt uygulamaları $P \leq 0.01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunurken; bor uygulamaları ve kükürt x bor uygulama etkileşimleri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.10. Lif uzunluğu varyans analiz tablosu

V.K.	S.D.	2013			2014			İki Yıl Ortalaması		
		K. T.	K. O.	F değeri	K. T.	K. O.	F değeri	K. T.	K. O.	F değeri
Tekerrür	3	0.29	0.10	1.19	1.66	0.55	1.76	1.37	0.46	4.54
Kükürt	1	1.37	1.37	16.80	2.27	2.27	7.24*	3.59	3.59	35.73**
Hata I	3	0.24	0.08		0.94	0.31		0.30	0.10	
Bor	3	0.46	0.15	0.43	0.45	0.15	0.22	0.88	0.29	0.43
Kükürt *Bor	3	1.22	0.41	1.15	2.01	0.67	1.01	1.50	0.50	0.73
Hata II	9	3.20	0.36		5.97	0.66		6.12	0.68	
Genel	22	6.79	2.47		13.31	4.63		13.75	5.61	
		2013 CV(S): 1.02 CV(B): 2.16			2014 CV(S): 1.97 CV(B): 2.87			İki Yıl Ort. CV(S): 1.13 CV (B): 2.94		

* p≤%5, **p≤%1.

Çizelge 4.11. Yıllara göre lif uzunluğuna ilişkin saptanan ortalama değerler (mm)

Uygulamalar	2013	2014	İki Yıllık Ortalama
Bor			
B1 (0 ppm)	27.95	28.43	28.19
B2 (2.5 ppm)	27.69	28.12	27.91
B3 (5 ppm)	27.94	28.36	28.15
B4 (15 ppm)	27.72	28.24	27.98
EGF	-	-	-
Kükürt			
S1 (100 kg da ⁻¹)	27.62	28.02b	27.82b
S2 (0 kg da ⁻¹)	28.03	28.56a	28.29a
EGF	-	-	0.27
Genel Ortalama	27.83	28.29	28.06

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, lif uzunluğuna ilişkin saptanan ortalama sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir. 2013 yılında bor uygulamaları önemsiz bulunmuş olup bor uygulamalarından elde edilen değerler 27.69-27.95 mm arasında değişim göstermiştir. 2014 yılında ise bor uygulamalarının lif uzunluğu üzerine etkisi önemli bulunmamış iken bor uygulamalarına bağlı olarak lif uzunluğu değerleri 28.12-28.43 mm arasında değişim göstermiştir. İki yıllık ortalamalar incelendiğinde ise bor uygulamalarının lif uzunluğu üzerine olan etkisi yine önemli bulunmamış ve lif uzunluğu değerleri 27.98-28.19 mm arasında değişim göstermiştir.

Kükürt uygulamasının lif uzunluğu üzerine olan etkisi 2013 yılında önemsiz bulunmuş olup kükürt uygulanan blokların lif uzunluğu ortalaması 27.62 mm olurken; kükürt uygulanmayan blokların lif uzunluğu ortalaması 28.03 mm olarak tespit edilmiştir. 2014 yılı ve iki yıllık ortalamaya göre lif uzunluğu değerleri önemli görülmüş iken 2014 yılında kükürt uygulaması yapılmayan bloklardan elde edilen lif

uzunluğu (28.56 mm), kükürt uygulaması yapılan bloklara göre daha yüksek bulunmuştur (28.02 mm). İki yıllık ortalamalarda, kükürt uygulaması yapılmayan bloklar, kükürt uygulaması yapılan bloklara göre daha uzun liflerin elde edilmesine neden olmuştur (sırasıyla 28.29 ve 27.82 mm).

Çizelge 4.12. Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre lif uzunluğu değerlerinin karşılaştırılması (mm)

Yıl		Ortalamalar				Ortalama
		B1 (0 ppm)	B2 (2.5 ppm)	B3 (5 ppm)	B4 (15 ppm)	
2013	S1 (100 kg da ⁻¹)	27.41b	27.64ab	27.87ab	27.56b	27.62
	S2 (0 kg da ⁻¹)	28.49a	27.75ab	28.02ab	27.88ab	28.03
2014	S1 (100 kg da ⁻¹)	28.21ab	27.58b	28.48a	27.82ab	28.02
	S2 (0 kg da ⁻¹)	28.65a	28.67ab	28.24ab	28.66ab	28.56
İki Yıllık Ortalama	S1 (100 kg da ⁻¹)	27.81bcd	27.61d	28.17abc	27.69cd	27.82
	S2 (0 kg da ⁻¹)	28.57a	28.21abc	28.13abcd	28.27ab	28.29

Çizelge 4.12’de kükürt ve bor uygulama interaksiyonlarının lif uzunluğu üzerine olan etkisi görülmektedir. Lif uzunluğu açısından 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamaların kükürt x bor uygulama interaksiyonları önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.10). 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamalara göre lif uzunluğu, kükürt x bor uygulama interaksiyonlarından etkilenmemiştir.

Yin ve ark. (2011a) ve Yin ve ark. (2011b), kükürt uygulamasının, lif uzunluğu üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. Makhdum ve ark. (2001) ve Mullins (1998) kükürt uygulamasının, genel olarak lif kalite parametrelerinde herhangi bir etki meydana getirmediğini bildirmiştir.

Ancak Mullins (1998), lif uzunluğunun artan S dozlarına bağlı olarak arttığını bildirmiştir. Bununla birlikte, lif uzunluğundaki artışlar kükürt kaynakları arasında düzensizlik göstermiştir. Görmüş (2014), S kaynağı olarak kullanılan jipsin 15, 30 ve 45 kg ha⁻¹ uygulamalarının hepsinde lif uzunluğunu arttırdığını bildirmiştir. Bu

uygulamalardaki lif uzunluğu artış oranını % 1.7'dir. Gobi ve Vaiyapuri (2012), 45 kg S + 10 kg Zn + 1.0 kg B ha⁻¹ uygulamasının lif uzunluğunu arttırdığını tespit etmişlerdir.

2013 ve 2014 yılında elde ettiğimiz bulgular Yin ve ark. (2011a), Yin ve ark. (2011b), Makhdum ve ark. (2001) ve Mullins (1998) adlı araştırmacıların bulgularıyla benzerlik göstermekteyken; iki yıllık ortalamalar, Gobi ve Vaiyapuri (2012) ve Görmüş (2014) ile benzerlik göstermektedir. Sonuçlardaki farklılıkların nedeni, topraktaki bor yarayırlılığının toprak çözeltisi, pH, tekstür, toprak nemi ve toprak sıcaklığına bağlı oluşu ile açıklanabilir (Goldberg, 1997).

4.1.5. Ortalama Lif Uzunluk Uyumu İndeksi (%)

Ortalama lif uzunluk uyumu indeksi (lif yeknesaklığı), liflerin ortalama uzunluğunun, liflerin üst yarı ortalama uzunluğuna oranıdır. Çok yüksek (% 85'ten büyük) , yüksek (%83-85 arasında), orta (% 80-82 arasında), düşük yüksek (% 77-79 arasında), çok düşük (% 77'ten düşük) olarak sınıflandırılmaktadır (Hegde ve ark. 2004).

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, ortalama lif uzunluk uyumu indeksine ilişkin saptanan varyans analiz sonuçları, Çizelge 4.13'te verilmiştir.

2013 yılında kükürt ve bor uygulamaları istatistiksel olarak önemsiz bulunurken; kükürt x bor etkisi istatistiksel olarak $P \leq 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

2014 yılında kükürt ve bor uygulamalarıyla birlikte kükürt x bor uygulaması istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

İki yıllık ortalamalar açısından kükürt uygulaması istatistiksel olarak önemsiz bulunmuş ancak; bor uygulamaları $P \leq 0.05$ düzeyinde, kükürt x bor etkisi ise $P \leq 0.01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Cizelge 4.13. Lif yeknesaklığına ilişkin varyans analiz tablosu

V.K.	S.D.	2013			2014			İki Yıl Ortalaması		
		K. T.	K.O.	F değeri	K. T.	K.O.	F değeri	K. T.	K.O.	F değeri
Tekerrür	3	3.21	1.07	0.66	7.00	2.33	16.56	6.38	2.13	1.91
Kükürt	1	1.58	1.58	0.97	0.05	0.05	0.32	0.54	0.54	0.49
Hata I	3	4.86	1.62		0.42	0.14		3.34	1.11	
Bor	3	6.34	2.11	1.91	4.17	1.39	1.74	8.52	2.84	2.47*
Kükürt *Bor	3	9.88	3.29	2.98*	6.13	2.04	2.56	15.55	5.18	4.51**
Hata II	9	9.94	1.10		7.20	0.80		10.33	1.15	
Genel	22	35.80	10.77		24.97	6.75		44.66	12.95	
		2013 CV(S): 1.58 CV(B): 1.30			2014 CV(S): 0.46 CV(B): 1.10			İki Yıl Ort. CV(S): 1.30 CV(B): 1.32		

* p≤%5, **p≤%1.

Çizelge 4.14. Yıllara göre lif yeknesaklığına ilişkin saptanan ortalama değerler (%)

Uygulamalar	2013	2014	İki Yıllık Ortalama
Bor			
B1 (0 ppm)	80.85	81.34	81.09a
B2 (2.5 ppm)	80.09	80.55	80.32b
B3 (5 ppm)	80.63	81.50	81.06a
B4 (15 ppm)	81.33	81.21	81.27a
EGF	-	-	0.63
Kükürt			
S1 (100 kg da ⁻¹)	80.94	81.11	81.03
S2 (0 kg da ⁻¹)	80.50	81.19	80.84
EGF	-	-	-
Genel Ortalama	80.72	81.15	80.94

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, ortalama lif uzunluk uyumu indeksine ilişkin saptanan ortalama sonuçları Çizelge 4.14'te verilmiştir. Bor uygulamalarının ortalama lif uzunluk uyumu indeksi üzerine olan etkileri incelendiğinde; 2013 yılında bor uygulamalarının, ortalama lif uzunluk uyumu indeksine üzerine etkisi önemli bulunmamış olup bor uygulamalarından elde edilen değerler % 80.09-80.85 arasında değişim göstermiştir. 2014 yılında bor uygulamalarının ortalama lif uzunluk uyumu indeksi üzerine etkisi yine önemli bulunmamış olup bununla birlikte; bor uygulamalarına bağlı olarak ortalama lif uzunluk uyumu indeksi değerleri % 80.55-81.50 arasında değişim göstermiştir. İki yıllık ortalamalar incelendiğinde ise bor uygulamalarının ortalama lif uzunluk uyumu indeksi üzerine olan etkisi önemli bulunmuştur. En yüksek ortalama lif uzunluk uyumu indeksi % 81.27 olarak B4 düzeyinde elde edilirken; en düşük ortalama lif uzunluk uyumu indeksi % 80.32 olarak B2 düzeyinde gözlenmiştir. B1, B3 ve B4 düzeylerindeki ortalama lif

uzunluk uyumu indeksi değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır.

Kükürt uygulamasının ortalama lif uzunluk uyumu indeksi üzerine etkisi 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamalara göre önemsiz bulunmuştur. 2013 yılında kükürt uygulaması yapılan ve yapılmayan bloklardan elde edilen ortalama lif uzunluk uyumu indeksi değerleri sırasıyla % 80.94 ve % 80.50 olarak saptanmıştır. 2014 yılında ortalama lif uzunluk uyumu indeksi değerleri, kükürt uygulanmayan bloklarda % 81.19, kükürt uygulanan bloklarda ise % 81.11 olarak elde edilmiştir. İki yıllık ortalamalarda ise kükürt uygulaması yapılan ve yapılmayan bloklardan elde edilen ortalama lif uzunluk uyumu indeksi değerleri sırasıyla % 81.03 ve % 80.84 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.15. Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre ortalama lif uzunluk uyumu indeksi değerlerinin karşılaştırılması (%)

Yıl		Ortalamalar				Ortalama
		B1 (0 ppm)	B2 (2.5 ppm)	B3 (5 ppm)	B4 (15 ppm)	
2013	S1 (100 kg da ⁻¹)	81.30ab	81.05ab	80.65ab	80.78ab	80.94
	S2 (0 kg da ⁻¹)	80.40bc	79.13c	80.60ab	81.88a	80.50
2014	S1 (100 kg da ⁻¹)	81.55ab	80.98ab	81.45ab	80.48b	81.11
	S2 (0 kg da ⁻¹)	81.13ab	80.13c	81.55ab	81.95a	81.19
İki Yıl Ortalama	S1 (100 kg da ⁻¹)	81.43ab	81.01b	81.05ab	80.63b	81.03
	S2 (0 kg da ⁻¹)	80.76b	79.63c	81.08ab	81.91a	80.84

2013 EGF: 1.42 İki Yıllık Ort. EGF: 0.89

Çizelge 4.15'te kükürt ve bor uygulama interaksiyonlarının ortalama lif uzunluk uyumu indeksi üzerine etkisi görülmektedir. Ortalama lif uzunluk uyumu indeksi açısından 2013 ve iki yıllık ortalamaların, kükürt x bor uygulama interaksiyonları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.13). Çizelge 4.15'te görüldüğü gibi 2013 yılında en yüksek ortalama lif uzunluk uyumu indeksi S2xB4 uygulama intereksiyonundan (% 81.88) elde edilirken; en düşük ortalama lif uzunluk uyumu indeksi S2xB2 uygulama intereksiyonundan (% 79.13) elde edilmiştir. 2014 yılındaki kükürt x bor uygulama interaksiyonlarının ortalama lif uzunluk uyumu indeksi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.13). İki yıllık ortalamalar açısından en yüksek ortalama lif uzunluk uyumu indeksi S2xB4 uygulama

interaksiyonundan (% 81.91) elde edilmiştir. En düşük ortalama lif uzunluk uyumu indeksi S2xB2 uygulama interaksiyonundan (% 79.63) elde edilmiştir.

Makhdum ve ark. (2001) ve Mullins (1998) kükürt uygulamasının genel olarak lif kalite parametreleri üzerine herhangi bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir.

Görmüş (2014), S kaynağı olarak kullanılan jipsin 15, 30 ve 45 kg ha⁻¹ uygulamalarının hepsinde ortalama lif uzunluk uyumu indeksini arttırdığını bildirmiştir.

Bizim bulgularımız 2013 ve 2014 yılları için Makhdum ve ark. (2001) ve Mullins (1998) ile benzerlik göstermektedir. Bununla birlikte sonuçlardaki farklılıkların nedeni, topraktaki bor yarayışlılığının toprak çözeltisi, pH, tekstür, toprak nemi ve toprak sıcaklığına bağlı oluşu ile açıklanabilir (Goldberg 1997) .

4.1.6. Lif Kopma Dayanıklılığı (g/tex)

Lif uzunluğunun kütle yoğunluğuna (denier) düşen kuvvetin gram şeklindeki ifadesidir. Pamuk lifleri iki kesici arasına konduktan sonra bu lifleri kesmek için her 0.3 mm'de 8 defa kuvvet uygulanır. Lifleri kesen kuvvet genellikle 3.0~4.9 g/denier arasında değişmektedir. Lif kopma dayanıklılığına göre pamuk lifleri çok güçlü (31 g/tex'ten büyük), güçlü (29-30 g/tex), orta (26-28 g/tex), olağan (24-25 g/tex) ve zayıf (23 g/tex'ten küçük) olarak sınıflandırılmaktadır (Hedge ve ark. 2004)

Çalışmada incelenen bor ve kükürt uygulamalarının lif kopma dayanıklılığına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir.

2013 yılında kükürt ve bor uygulamaları istatistiksel olarak önemsiz bulunurken; kükürt x bor interaksiyonu istatistiksel olarak $P \leq 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

2014 yılında kükürt ve bor uygulamalarıyla birlikte kükürt x bor uygulaması istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

İki yıllık ortalamalar açısından kükürt uygulaması istatistiksel olarak önemsiz bulunmuş ancak; bor uygulamaları $P \leq 0.05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Kükürt x bor interaksiyonu ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.16. Lif kopma dayanıklılığına ilişkin varyans analiz tablosu

V.K.	S.D.	2013			2014			İki Yıl Ortalaması		
		K. T.	K.O.	F değeri	K. T.	K.O.	F değeri	K. T.	K.O.	F değeri
Tekerrür	3	1.69	0.56	1.30	5.99	2.00	1.11	4.42	1.47	1.12
Kükürt	1	0.02	0.02	0.05	0.15	0.15	0.08	0.14	0.14	0.11
Hata I	3	1.30	0.43		5.40	1.80		3.96	1.32	
Bor	3	2.26	0.75	1.29	9.50	3.17	2.48	8.23	2.74	2.28*
Kükürt *Bor	3	5.35	1.78	3.05*	3.36	1.12	0.88	7.05	2.35	1.96
Hata II	9	5.26	0.58		11.49	1.28		10.80	1.20	
Genel	22	15.88	4.14		35.89	9.51		34.60	9.23	
		2013 CV(S): 1.96 CV(B): 2.28			2014 CV(S): 4.03 CV(B): 3.40			İki Yıl Ort. CV(S): 3.45 CV(B): 3.29		

* p≤%5, **p≤%1.

Çizelge 4.17. Yıllara göre lif kopma dayanıklılığına ilişkin saptanan ortalama değerler (g/tex)

Uygulamalar	2013	2014	İki Yıllık Ortalama
Bor			
B1 (0 ppm)	33.49	32.90	33.19b
B2 (2.5 ppm)	33.01	33.35	33.18b
B3 (5 ppm)	33.74	34.15	33.94a
B4 (15 ppm)	33.29	32.75	33.02b
EGF	-	-	0.65
Kükürt			
S1 (100 kg da ⁻¹)	33.36	33.22	33.29
S2 (0 kg da ⁻¹)	33.41	33.36	33.38
EGF	-	-	-
Genel Ortalama	33.38	33.29	33.33

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, lif kopma dayanıklılığına ilişkin saptanan ortalama sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir. Bor uygulamalarının lif kopma dayanıklılığı üzerine olan etkileri incelendiğinde; 2013 yılında bor uygulamalarının, lif kopma dayanıklılığı üzerine etkisi önemli bulunmamış olup bor uygulamalarından elde edilen lif kopma dayanıklılığı değerleri 33.01-33.74 g/tek arasında değişim göstermiştir. 2014 yılında bor uygulamalarının lif kopma dayanıklılığı üzerine etkisi yine önemli bulunmamış olup bununla birlikte; bor uygulamalarına bağlı olarak lif kopma dayanıklılığı değerleri 32.75-34.15 g/tex arasında değişim göstermiştir. İki yıllık ortalamalar incelendiğinde ise bor uygulamalarının lif kopma dayanıklılığı üzerine olan etkisi önemli bulunmuştur. En yüksek lif kopma dayanıklılığı B3 düzeyinde 33.94 g/tex olarak elde edilmiştir. Bununla birlikte B1, B2 ve B4 düzeylerindeki lif kopma dayanıklılığı değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır.

Kükürt uygulamasının, lif kopma dayanıklılığı üzerine etkisi 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamalara göre önemsiz bulunmuştur. 2013 yılında kükürt uygulaması yapılan ve yapılmayan bloklardan elde edilen lif kopma dayanıklılığı değerleri sırasıyla 33.36 ve 33.41 g/tex olarak saptanmıştır. 2014 yılında lif kopma dayanıklılığı değerleri, kükürt uygulanmayan bloklarda 33.36 g/tex, kükürt uygulanan bloklarda ise 33.22 g/tex olarak elde edilmiştir. İki yıllık ortalamalarda ise kükürt uygulaması yapılan ve yapılmayan bloklardan elde edilen lif kopma dayanıklılığı değerleri sırasıyla 33.29 ve 33.38 g/tex olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.18. Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre lif kopma dayanıklılığı değerlerinin karşılaştırılması (g/tex)

Yıl		Ortalamalar				Ortalama
		B1 (0 ppm)	B2 (2.5 ppm)	B3 (5 ppm)	B4 (15 ppm)	
2013	S1 (100 kg da ⁻¹)	34.00a	32.38c	33.73ab	33.33abc	33.36
	S2 (0 kg da ⁻¹)	32.98bc	33.65ab	33.75ab	33.25abc	33.41
2014	S1 (100 kg da ⁻¹)	33.08ab	32.93ab	34.48a	32.40b	33.22
	S2 (0 kg da ⁻¹)	32.73ab	33.78ab	33.83ab	33.10ab	33.36
İki Yıllık Ortalama	S1 (100 kg da ⁻¹)	33.54abcd	32.65d	34.10a	32.86cd	33.29
	S2 (0 kg da ⁻¹)	32.85cd	33.71abc	33.79ab	33.18bcd	33.38

2013 EGF: 1.01

Çizelge 4.18’de kükürt ve bor uygulama interaksiyonlarının lif kopma dayanıklılığı üzerine etkisi görülmektedir. Lif kopma dayanıklılığı açısından 2013 yılındaki, kükürt x bor uygulama interaksiyonları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.16). Çizelge 4.18’de görüldüğü gibi 2013 yılında en yüksek lif kopma dayanıklılığı S1xB1 (34 g/tex) uygulama intereksiyonundan elde edilirken; en düşük lif kopma dayanıklılığı S1xB2 (32.38 g/tex) uygulama intereksiyonundan elde edilmiştir. 2014 ve iki yıllık ortalamalarda, kükürt x bor uygulama interaksiyonları arasındaki fark önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.16).

Yin ve ark. (2011a), kükürt uygulamasının lif kopma dayanıklılığı üzerine etkisi olmadığını belirtmişlerdir ve Yin ve ark. (2011b), kükürt uygulamasının lif kalite parametreleri üzerine etkisi olmadığını belirtmektedirler. Makhdum ve ark. (2001) ve Mullins (1998) kükürt uygulamasının genel olarak lif kalite parametreleri üzerine etkisini tespit etmemişlerdir.

Görmüş (2014), S kaynağı olarak kullanılan jipsin 15, 30 ve 45 kg ha⁻¹ uygulamalarının lif kopma dayanıklılığını arttırdığını tespit etmiştir. Gobi ve Vaiyapuri (2012), 45 kg S + 10 kg Zn + 1.0 kg B ha⁻¹ uygulamasının lif kopma dayanıklılığını arttırdığını tespit etmişlerdir.

Bizim bulgularımıza göre kükürt uygulaması, her iki yıl ve iki yıllık ortalamalar açısından Yin ve ark. (2011a), Yin ve ark. (2011b), Makhdum ve ark. (2001) ve Mullins (1998) ile benzerlik göstermektedir. Diğer bir ifade ile kükürt yalnız başına lif kopma dayanıklılığını etkilememektedir. Ancak 2013 yılındaki kükürt x bor uygulama interaksyonu lif kopma dayanıklılığı üzerinde etkili olduğundan sonuçlarımız Gobi ve Vaiyapuri (2012) ile benzerlik göstermektedir. Sonuçlardaki farklılıkların nedeni, topraktaki bor yarıyışlılığının toprak çözeltisi, pH, tekstür, toprak nemi ve toprak sıcaklığına bağlı oluşu ile açıklanabilir (Goldberg, 1997).

4.1.7. Lif Olgunluğu (%)

Pamuk liflerinin çeperinin gelişme derecesi olarak ifade edilmektedir. Genellikle pamuk liflerinde olgunlaşmamış lifler % 30 kadardır (Anonim 2015a).

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, lif olgunluğu değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları, Çizelge 4.19'da verilmiştir.

2013 yılında kükürt uygulaması ve kükürt x bor uygulama interaksyonları istatistiksel olarak önemsiz bulunurken; bor uygulaması istatistiksel olarak $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

2014 yılında kükürt ve bor uygulamalarıyla birlikte kükürt x bor uygulama interaksyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

İki yıllık ortalamalar açısından kükürt uygulaması istatistiksel olarak önemsiz bulunmuş ancak; bor uygulamaları $P \leq 0.05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Kükürt x bor interaksyonu ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.19. Lif olgunluğuna ilişkin varyans analiz tablosu

V.K.	S.D.	2013			2014			İki Yıl Ortalaması		
		K. T.	K.O.	F değeri	K. T.	K.O.	F değeri	K. T.	K.O.	F değeri
Tekerrür	3	0.00064	0.00021	1.45714	0.00013	0.00004	0.43435	0.00062	0.00021	1.25397
Kükürt	1	0.00001	0.00001	0.08571	0.00003	0.00003	0.27267	0.00000	0.00000	0.00951
Hata I	3	0.00044	0.00015		0.00031	0.00010		0.00049	0.00016	
Bor	3	0.00161	0.00054	1.40727**	0.00003	0.00001	0.11109	0.00103	0.00034	1.06462*
Kükürt *Bor	3	0.00056	0.00019	0.49091	0.00046	0.00015	1.48482	0.00045	0.00015	0.47012
Hata II	9	0.00344	0.00038		0.00093	0.00010		0.00290	0.00032	
Genel	22	0.00670	0.00148		0.00189	0.00044		0.00550	0.00119	
		2013 CV(S): 1.40 CV(B): 2.23			2014 CV(S): 1.14 CV(B): 1.14			İki Yıl Ort. CV(S) 1.44 CV(B): 2.04		

* $p \leq 5\%$, ** $p \leq 1\%$.

Çizelge 4.20. Yıllara göre lif olgunluğuna ilişkin saptanan ortalama değerler (%)

Uygulamalar	2013	2014	İki Yıllık Ortalama
Bor			
B1 (0 ppm)	0.888a	0.879	0.883a
B2 (2.5 ppm)	0.869b	0.876	0.873b
B3 (5 ppm)	0.874b	0.876	0.875b
B4 (15 ppm)	0.873b	0.878	0.875b
EGF	0.010	-	0.008
Kükürt			
S1 (100 kg da ⁻¹)	0.875	0.878	0.877
S2 (0 kg da ⁻¹)	0.876	0.876	0.876
EGF	-	-	-
Genel Ortalama	0.877	0.877	0.876

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, lif olgunluğuna ilişkin saptanan ortalama sonuçları Çizelge 4.20’de verilmiştir. Bor uygulamalarının lif olgunluğu üzerine olan etkileri incelendiğinde; 2013 yılında bor uygulamalarının, lif olgunluğu üzerine etkisi önemli bulunmuş olup bor uygulamalarından elde edilen lif olgunluğu değerleri % 0.888-0.869 arasında değişim göstermiştir. En yüksek lif olgunluğu değeri B1 (% 0.888) düzeyinde elde edilmiş olup B2, B3 ve B4 uygulamaları arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. 2014 yılında bor uygulamalarının lif olgunluğu üzerine etkisi önemli bulunmamış olup bununla birlikte; bor uygulamalarına bağlı olarak lif olgunluğu değerleri % 0.876-0.879 arasında değişim göstermiştir. İki yıllık ortalamalar incelendiğinde ise bor uygulamalarının lif olgunluğu üzerine olan etkisi önemli bulunmuştur. En yüksek lif olgunluğu B1 düzeyinde % 0.883 olarak elde edilmiştir. Bununla birlikte B2, B3 ve B4 düzeylerindeki lif olgunluğu değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır.

Kükürt uygulamasının, lif olgunluğu üzerine etkisi 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamalara göre önemsiz bulunmuştur. 2013 yılında kükürt uygulaması yapılan ve yapılmayan bloklardan elde edilen lif olgunluğu değerleri sırasıyla % 0.875 ve % 0.876 olarak saptanmıştır. 2014 yılında lif olgunluğu değerleri, kükürt uygulanmayan bloklarda % 0.876, kükürt uygulanan bloklarda ise % 0.878 olarak elde edilmiştir. İki yıllık ortalamalarda ise kükürt uygulaması yapılan ve yapılmayan bloklardan elde edilen lif olgunluğu değerleri sırasıyla % 0.877 ve % 0.876 olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.21. Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre lif olgunluğu değerlerinin karşılaştırılması (%)

Yıl		Ortalamalar				Ortalama
		B1 (0 ppm)	B2 (2.5 ppm)	B3 (5 ppm)	B4 (15 ppm)	
2013	S1 (100 kg da ⁻¹)	0.893a	0.870bc	0.868c	0.870bc	0.875
	S2 (0 kg da ⁻¹)	0.883ab	0.868c	0.880abc	0.875bc	0.876
2014	S1 (100 kg da ⁻¹)	0.875a	0.883a	0.875a	0.880a	0.878
	S2 (0 kg da ⁻¹)	0.883a	0.870a	0.878a	0.875a	0.876
İki Yıllık Ortalama	S1 (100 kg da ⁻¹)	0.884a	0.876ab	0.871b	0.875ab	0.877
	S2 (0 kg da ⁻¹)	0.883a	0.869b	0.879ab	0.875ab	0.876

Çizelge 4.21’de kükürt ve bor uygulama interaksiyonlarına bağlı olarak lif olgunluğu değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir. Lif olgunluğu açısından 2013 ve 2014 yıllarındaki uygulamalarla birlikte iki yıllık ortalamaların kükürt x bor uygulama interaksiyonları istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.19). Çizelge 4.21’de görüldüğü gibi 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamaların kükürt x bor uygulama interaksiyonları arasındaki farklar önemsizdir.

Bulgularımız S uygulamasının, lif olgunluğu üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığını bildiren; Mullins (1998), Makhdom ve ark. (2001) ve Yin ve ark. (2011a), bulgularıyla örtüşmektedir. Bu durumun nedeni, topraktaki bor yarayırlılığının toprak çözeltisi, pH, tekstür, toprak nemi ve toprak sıcaklığına bağlı oluşu ile açıklanabilir (Goldberg, 1997).

4.1.8. Lif Elastikiyeti (%)

Lif demetinde ölçülen uzamayı tanımlamak için kullanılmaktadır (Anonim 2015b). Lif elastikiyeti %8-10 arasındadır (Hedge ve ark. 2004).

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, lif elastikiyeti değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları, Çizelge 4.22’de verilmiştir.

2013 yılında kükürt uygulaması istatistiksel olarak önemsiz bulunurken; bor uygulaması istatistiksel olarak $P \leq 0.01$ düzeyinde; kükürt x bor uygulama interaksiyonları ise $P \leq 0.05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

2014 yılında kükürt ve bor uygulamalarıyla birlikte kükürt x bor uygulama interaksiyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

İki yıllık ortalamalar açısından kükürt uygulaması istatistiksel olarak önemsiz bulunmuş ancak; bor uygulamaları $P \leq 0.05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Kükürt x bor interaksiyonu ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.22. Lif elastikiyetine ilişkin varyans analiz tablosu

V.K.	S.D.	2013			2014			İki Yıl Ortalaması		
		K. T.	K. O.	F değeri	K. T.	K. O.	F değeri	K. T.	K. O.	F değeri
Tekerrür	3	0.163	0.054	14.943	0.388	0.129	0.320	0.495	0.165	0.947
Kükürt	1	0.038	0.038	10.371	0.015	0.015	0.038	0.003	0.003	0.014
Hata I	3	0.011	0.004		1.213	0.404		0.523	0.174	
Bor	3	0.573	0.191	1.885**	1.128	0.376	1.350	1.541	0.514	2.070**
Kükürt *Bor	3	0.401	0.134	1.318*	0.253	0.084	0.303	0.581	0.194	0.781
Hata II	9	0.913	0.101		2.508	0.279		2.234	0.248	
Genel	22	2.099	0.522		5.507	1.289		5.376	1.297	
		2013 CV(S): 1.05 CV(B): 5.27			2014 CV(S): 10.41 CV(B): 8.65			İki Yıl Ort. CV(S): 6.88 CV(B): 8.21		

* p≤%5, **p≤%1.

Çizelge 4.23. Uygulamalara göre lif elastikiyetine ilişkin saptanan ortalama değerler (%)

Uygulamalar	2013	2014	İki Yıllık Ortalama
Bor			
B1 (0 ppm)	6.24a	6.41	6.33a
B2 (2.5 ppm)	6.03b	6.01	6.02b
B3 (5 ppm)	5.94b	5.91	5.93b
B4 (15 ppm)	5.89b	6.08	5.98b
EGF	0.18	-	0.24
Kükürt			
S1 (100 kg da ⁻¹)	5.99	6.13	6.06
S2 (0 kg da ⁻¹)	6.06	6.08	6.07
EGF	-	-	-
Genel Ortalama	6.03	6.10	6.07

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, lif elastikiyetine ilişkin saptanan ortalama sonuçları Çizelge 4.23'te verilmiştir. Bor uygulamalarının lif elastikiyeti üzerine olan etkileri incelendiğinde; 2013 yılında bor uygulamalarının, lif elastikiyeti üzerine etkisi önemli bulunmuş olup bor uygulamalarından elde edilen lif elastikiyeti değerleri % 5.94-6.24 arasında değişim göstermiştir. En yüksek lif elastikiyeti değeri B1 (% 6.24) düzeyinde elde edilmiş olup B2, B3 ve B4 uygulamaları arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. 2014 yılında bor uygulamalarının lif elastikiyeti üzerine olan etkisi önemli bulunmamış olup bununla birlikte; bor uygulamalarına bağlı olarak lif elastikiyeti değerleri % 5.91-6.41 arasında değişim göstermiştir. İki yıllık ortalamalar incelendiğinde ise bor uygulamalarının lif elastikiyeti üzerine olan etkisi önemli bulunmuştur. En yüksek lif elastikiyeti B1 düzeyinde % 6.33 olarak elde edilmiştir. En düşük lif elastikiyeti % 5.93 olarak B3 düzeyinde elde edilmiştir. Bununla birlikte B2, B3 ve B4 düzeylerindeki lif olgunluğu değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır.

Kükürt uygulamasının, lif elastikiyeti üzerine olan etkisi 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamalara göre önemsiz bulunmuştur. 2013 yılında kükürt uygulaması yapılan ve yapılmayan bloklardan elde edilen lif elastikiyeti değerleri sırasıyla % 5.99 ve % 6.06 olarak saptanmıştır. 2014 yılında lif elastikiyeti değerleri, kükürt uygulanmayan bloklarda % 6.08, kükürt uygulanan bloklarda ise % 6.13 olarak elde edilmiştir. İki yıllık ortalamalarda ise kükürt uygulaması yapılan ve yapılmayan bloklardan elde edilen lif elastikiyeti değerleri sırasıyla % 6.06 ve % 6.07 olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.24. Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre lif elastikiyeti değerlerinin karşılaştırılması (%)

Yıl		Ortalamalar				Ortalama
		B1 (0 ppm)	B2 (2.5 ppm)	B3 (5 ppm)	B4 (15 ppm)	
2013	S1 (100 kg da ⁻¹)	6.30a	5.85c	6.03bc	5.78c	5.99
	S2 (0 kg da ⁻¹)	6.18ab	6.20ab	5.85c	6.00bc	6.06
2014	S1 (100 kg da ⁻¹)	6.55a	5.90a	5.95a	6.10a	6.13
	S2 (0 kg da ⁻¹)	6.28a	6.13a	5.88a	6.05a	6.08
İki Yıllık Ortalama	S1 (100 kg da ⁻¹)	6.43a	5.88c	5.99bc	5.94bc	6.06
	S2 (0 kg da ⁻¹)	6.23ab	6.16abc	5.86c	6.03bc	6.07

2013 EGF: 0.26

Çizelge 4.24'te kükürt ve bor uygulama interaksyonlarına bağlı olarak lif elastikiyeti değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir. Lif elastikiyeti açısından 2013 yılındaki kükürt x bor uygulama interaksyonu önemli bulunurken; 2014 yılındaki ve iki yıllık ortalamaların kükürt x bor uygulama interaksyonları istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.22). Çizelge 4.24'te görüldüğü gibi 2013 yılında en yüksek lif elastikiyeti değeri % 6.30 olarak S1xB1 uygulama interaksyonundan elde edilmiştir. En düşük lif elastikiyeti değeri % 5.78 olarak S1xB4 uygulama interaksyonunda saptanmıştır. S1xB2 ve S2xB3 (% 5.85) uygulama interaksyonları aynı sayısal değere sahip olmakla birlikte; her iki uygulam interaksyonun S1xB1 uygulama interaksyonu ile arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Bununla birlikte 2014 ve iki yıllık ortalamaların kükürt x bor uygulama interaksyonları arasındaki farklar önemsizdir.

Makhdum ve ark. (2001) ve Mullins (1998) kükürt uygulamasının genel olarak lif kalite parametreleri üzerine etkisini tespit etmemişlerdir. Bulgularımız araştırmacıların bulgularıyla örtüşmektedir.

4.1.9. Kısa Lif Oranı (%)

Kısa lif oranı, 12 mm'den kısa lif içeriği yüzdesi olarak tarif edilmektedir. (Anonim. 2015b)

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının kısa lif oranı değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.25'de verilmiştir.

2013 ve 2014 yılları ile iki yıllık ortalamalar, kükürt ve bor uygulamalarıyla kükürt x bor uygulama interaksiyonları istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.25. Kısa lif oranına ilişkin varyans analiz tablosu

V.K.	S.D.	2013			2014			İki Yıl Ortalaması			
		K. T.	K. O.	F değeri	K. T.	K. O.	F değeri	K. T.	K. O.	F değeri	
Tekerrür	3	0.83	0.28	0.49	0.74	0.25	0.58	0.89	0.30	0.53	
Kükürt	1	0.53	0.53	0.94	1.28	1.28	2.99	1.72	1.72	3.10	
Hata I	3	1.68	0.56		1.28	0.43		1.67	0.56		
Bor	3	2.25	0.75	3.14	1.86	0.62	0.39	4.02	1.34	1.98	
Kükürt *Bor	3	1.31	0.44	1.83	0.29	0.10	0.06	1.30	0.43	0.64	
Hata II	9	2.15	0.24		14.27	1.59		6.10	0.68		
Genel	22	8.75	2.79		19.73	4.26		15.71	5.03		
2013 CV(S): 9.09 CV(B): 5.95				2014 CV(S): 7.66 CV(B): 14.73				İki Yıl Ort. CV(S): 8.91 CV(B): 9.82			

* p≤%5, **p≤%1.

Çizelge 4.26. Kısa lif oranına ilişkin saptanan ortalama değerler (%)

Uygulamalar	2013	2014	İki Yıllık Ortalama
Bor			
B1 (0 ppm)	8.01	8.45	8.23
B2 (2.5 ppm)	8.69	8.98	8.83
B3 (5 ppm)	8.11	8.46	8.29
B4 (15 ppm)	8.13	8.36	8.24
EGF	-	-	-
Kükürt			
S1 (100 kg da ⁻¹)	8.36	8.76	8.56
S2 (0 kg da ⁻¹)	8.11	8.36	8.23
EGF	-	-	-
Genel Ortalama	8.24	8.56	8.40

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, kısa lif oranına ilişkin saptanan ortalama sonuçları Çizelge 4.26'da verilmiştir. Bor uygulamalarının kısa lif oranı üzerine olan etkileri incelendiğinde; kısa lif oranı açısından 2013 ve 2014 yılları ile iki yıllık ortalamalar önemsiz bulunmuştur. 2013 yılında kısa lif oranı değerleri % 8.01-8.69 arasında değişirken; 2014 yılında % 8.36-8.98 arasında değişmiştir. İki yıllık ortalamalardan elde edilen kısa lif oranı değerleri % 8.23-8.83 arasında değişim göstermiştir.

Kükürt uygulamasının, kısa lif oranı üzerine olan etkisi 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamalara göre önemsiz bulunmuştur. 2013 yılında kükürt uygulaması yapılan ve yapılmayan bloklardan elde edilen kısa lif oranı değerleri sırasıyla % 8.36 ve % 8.11 olarak saptanmıştır. 2014 yılında kısa lif oranı değerleri, kükürt uygulanmayan bloklarda % 8.36, kükürt uygulanan bloklarda ise % 8.76 olarak elde edilmiştir. İki

yıllık ortalamalarda ise kükürt uygulaması yapılan ve yapılmayan bloklardan elde edilen kısa lif oranı değerleri sırasıyla % 8.56 ve % 8.23 olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.27. Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre kısa lif oranı değerlerinin karşılaştırılması

Yıl		Ortalamalar				Ortalama
		B1 (0 ppm)	B2 (2.5 ppm)	B3 (5 ppm)	B4 (15 ppm)	
2013	S1 (100 kg da ⁻¹)	8.38abc	8.80a	7.93bc	8.35abc	8.36
	S2 (0 kg da ⁻¹)	7.65c	8.58ab	8.30abc	7.90bc	8.11
2014	S1 (100 kg da ⁻¹)	8.68a	9.25a	8.50a	8.63a	8.76
	S2 (0 kg da ⁻¹)	8.23a	8.70a	8.43a	8.10a	8.36
İki Yıllık Ortalama	S1 (100 kg da ⁻¹)	8.53ab	9.03a	8.21b	8.49ab	8.56
	S2 (0 kg da ⁻¹)	7.94b	8.64ab	8.36ab	8.00b	8.23

Çizelge 4.27’de kısa lif oranı değerlerinin uygulamalara göre karşılaştırılması sunulmuştur. Kısa lif oranı açısından 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamaların kükürt x bor uygulama interaksiyonları istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.25). Çizelge 4.27’de görüldüğü gibi 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamaların kükürt x bor uygulama interaksiyonları arasındaki farklar önemsizdir.

Makhdom ve ark. (2001) ve Mullins (1998) kükürt uygulamasının genel olarak lif kalite parametreleri üzerine etkisini tespit etmemişlerdir. Bulgularımız bu sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Sonuçlardaki farklılıkların nedeni, topraktaki bor yarayırlılığının toprak çözeltisi, pH, tekstür, toprak nemi ve toprak sıcaklığına bağlı oluşu ile açıklanabilir (Goldberg, 1997).

4.2. Yaprak Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bu bölümde makro ve mikro element analizlerinin sonuçları değerlendirilecektir.

4.2.1. Azot (%)

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, yapraktaki azot içeriğine ilişkin varyans analiz sonuçları, Çizelge 4.28’de verilmiştir.

2013 yılında kükürt uygulaması istatistiksel olarak önemsiz bulunurken; bor uygulaması istatistiksel olarak $P \leq 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Bununla birlikte kükürt x bor uygulama interaksiyonları istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

2014 yılında kükürt ve bor uygulamalarıyla birlikte kükürt x bor uygulama interaksiyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

İki yıllık ortalamalar açısından kükürt uygulaması istatistiksel olarak önemsiz bulunmuş ancak; bor uygulamaları $P \leq 0.05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Kükürt x bor interaksiyonu ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.28. Yaprak azot içeriğine ilişkin varyans analiz tablosu (%)

V.K.	S.D.	2013			2014			İki Yıl Ortalaması		
		K. T.	K. O.	F değeri	K. T.	K. O.	F değeri	K. T.	K. O.	F değeri
Tekerrür	3	0.45	0.15	1.84	0.37	0.12	1.21	0.64	0.21	4.81
Kükürt	1	0.15	0.15	1.84	0.03	0.03	0.29	0.16	0.16	3.50
Hata I	3	0.25	0.08		0.30	0.10		0.13	0.04	
Bor	3	0.63	0.21	4.19*	0.25	0.08	1.46	0.82	0.27	7.78*
Kükürt *Bor	3	0.21	0.07	1.43	0.11	0.04	0.63	0.31	0.10	2.89
Hata II	9	0.45	0.05		0.52	0.06		0.32	0.04	
Genel	22	2.14	0.71		1.59	0.43		2.38	0.83	
		2013 CV(S): 7.27 CV(B): 5.75			2014 CV(S): 7.99 CV(B): 6.19			İki Yıl Ort. CV(S): 5.10 CV(B): 5.10		

* p≤%5, **p≤%1.

Çizelge 4.29. Yıllara göre yaprak azot içeriğine ilişkin saptanan ortalama değerler (%)

Uygulamalar	2013	2014	İki Yıllık Ortalama
Bor			
B1 (0 ppm)	3.85b	3.90	3.87b
B2 (2.5 ppm)	3.80b	3.90	3.85b
B3 (5 ppm)	3.78b	3.92	3.85b
B4 (15 ppm)	4.13a	4.11	4.12a
EGF	0.21	-	0.16
Kükürt			
S1 (100 kg da ⁻¹)	3.82	3.93	3.87
S2 (0 kg da ⁻¹)	3.96	3.99	3.97
EGF	-	-	-
Genel Ortalama	3.89	3.96	3.92

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, yaprak azot içeriğine ilişkin saptanan ortalama sonuçları Çizelge 4.29'te verilmiştir. Bor uygulamalarının yaprak azot içeriği üzerine olan etkileri incelendiğinde; 2013 yılında bor uygulamalarının, yaprak azot içeriği üzerine etkisi önemli bulunmuş olup bor uygulamalarından elde edilen azot değerleri % 4.13-3.78 arasında değişim göstermiştir. En yüksek azot değeri B4 (% 4.13) düzeyinde elde edilmiş olup B1, B2 ve B3 uygulamaları arasındaki fark, önemli bulunmamıştır. 2014 yılında bor uygulamalarının yaprak azot içeriği üzerine olan etkisi önemli bulunmamış olup bununla birlikte; bor uygulamalarına bağlı olarak yaprak azot içeriği değerleri % 4.11-3.90 arasında değişim göstermiştir. İki yıllık ortalamalar incelendiğinde ise bor uygulamalarının yaprak azot içeriği üzerine olan etkisi önemli bulunmuştur. En yüksek yaprak azot içeriği değeri B4 düzeyinde % 4.12 olarak elde edilmiştir. En düşük yaprak azot içeriği % 3.85 olarak B2 ve B3 düzeyinde elde edilmiştir. Bununla birlikte B1, B2 ve B3 düzeylerindeki yaprak azot içeriği değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır.

Kükürt uygulamasının, yaprak azot içeriği üzerine olan etkisi 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamalara göre önemsiz bulunmuştur. 2013 yılında kükürt uygulaması yapılan ve yapılmayan bloklardan elde edilen yaprak azot içeriği değerleri sırasıyla % 3.82 ve % 3.96 olarak saptanmıştır. 2014 yılında azot değerleri, kükürt uygulanmayan bloklarda % 3.99, kükürt uygulanan bloklarda ise % 3.93 olarak elde edilmiştir. İki yıllık ortalamalarda ise kükürt uygulaması yapılan ve yapılmayan bloklardan elde edilen yaprak azot içeriği değerleri sırasıyla % 3.87 ve % 3.97 olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.30. Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre yaprak azot içeriği değerlerinin karşılaştırılması (%)

Yıl		Ortalamalar				Ortalama
		B1 (0 ppm)	B2 (2.5 ppm)	B3 (5 ppm)	B4 (15 ppm)	
2013	S1 (100 kg da ⁻¹)	3.70cd	3.65d	3.80bcd	4.13a	3.82
	S2 (0 kg da ⁻¹)	4.00ab	3.95abc	3.75bcd	4.13a	3.96
2014	S1 (100 kg da ⁻¹)	3.83a	3.81a	3.98a	4.10a	3.93
	S2 (0 kg da ⁻¹)	3.97a	3.99a	3.86a	4.13a	3.99
İki Yıllık Ortalama	S1 (100 kg da ⁻¹)	3.76cd	3.73d	3.89bcd	4.11ab	3.87
	S2 (0 kg da ⁻¹)	3.99abc	3.97abc	3.81cd	4.13a	3.97

Çizelge 4.30'de yaprak azot içeriği değerlerinin uygulamalara göre karşılaştırılması sunulmuştur. Yaprak azot içeriği açısından 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamaların kükürt x bor uygulama interaksiyonları istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.28). Çizelge 4.30'da görüldüğü gibi 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamaların kükürt x bor uygulama interaksiyonları arasındaki farklar önemsizdir.

Mithchel ve Baker (2000)'a göre pamuk yaprağındaki azot içeriğinin % 3-4.5 arasında bulunması yeterlidir. Yaprak analizi sonuçlarına göre kükürtlü ve kükürtsüz bloklar azot içeriği bakımından yeterlidir. S ve N protein sentezinin önemli bileşenler oldukları için, bu elementlerin bitkilere yeterli oranda verilmesi gerekir. Düşük miktarda S verilmesi, bitkide azot metabolizmasını; yüksek miktarda N verilmesi ise S alınımını engellemektedir (Jamal ve ark. 2010). Ahmed ve ark. (2011), en fazla yaprak azot miktarının, 3 kg ha⁻¹ B uygulanması sonucunda elde edildiğini tespit etmişlerdir. Mamatha (2007), 50 kg ha⁻¹ Fe, S ve Zn uygulamasının yaprak azot içeriğini arttırdığını bildirmiştir.

Bulgularımız, Ahmed ve ark. (2011)'in sonuçları ile benzerlik göstermektedir. S uygulaması N alımı üzerinde etkili değildir. B uygulaması sadece 15 ppm düzeyinde yaprak N içeriğinin artışı sağlanmıştır. Azot alınımında görülen bu dengesizlik Jamal ve ark. (2010) tarafından belirtilen ve bitkiye verilen S ve N oranları ile açıklanabilir. Toprakta organik maddenin çok düşük olmasına paralel olarak uygulanan yüksek S miktarı, azot gübresinin yararlılığını etkilemiş olabilir.

4.2.2. Fosfor (ppm)

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, yaprak fosfor içeriği değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları, Çizelge 4.31'de verilmiştir.

Yaprak fosfor içeriğine ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre, 2013 yılındaki kükürt uygulamaları istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bununla birlikte bor uygulamalarıyla birlikte kükürt x bor uygulama interaksyonları istatistiksel olarak $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

2014 yılındaki kükürt uygulamaları istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bu yıla ait bor ve kükürt x bor uygulama interaksyonları istatistiksel olarak $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

İki yıllık ortalamalar, kükürt uygulamaları yine istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Bor uygulamalarıyla birlikte kükürt x bor uygulama interaksyonları açısından istatistiksel olarak $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.31. Yaprak fosfor içeriğine ilişkin varyans analiz tablosu (ppm)

V.K.	S.D.	2013			2014			İki Yıl Ortalaması		
		K. T.	K. O.	F değeri	K. T.	K. O.	F değeri	K. T.	K. O.	F değeri
Tekerrür	3	22644.09	7548.03	0.81	98732.84	32910.95	0.62	53878.12	17959.37	0.40
Kükürt	1	47.53	47.53	0.01	2363.28	2363.28	0.04	870.25	870.25	0.02
Hata I	3	28078.09	9359.36		159945.09	53315.03		135774.13	45258.04	
Bor	3	445128.09	148376.03	34.49**	441741.59	147247.20	7.53**	837029.37	279009.79	21.95**
Kükürt *Bor	3	212764.09	70921.36	16.48**	241410.84	80470.28	4.12**	416393.12	138797.71	10.92**
Hata II	9	38719.78	4302.20		175884.53	19542.73		114375.50	12708.39	
Genel	22	747381.67	240554.51		1120078.17	335849.46		1558320.49	494603.55	
		2013 CV(S): 3.41 CV(B): 2.31			2014 CV(S): 8.13 CV(B): 4.92			İki Yıl Ort. CV(S): 7.50 CV(B): 3.97		

* p≤%5, **p≤%1.

Çizelge 4.32. Yıllara göre yaprak fosfor ilişkin saptanan ortalama değerler (ppm)

Uygulamalar	2013	2014	İki Yıllık Ortalama
Bor			
B1 (0 ppm)	2744.50c	2703.75b	2724.13b
B2 (2.5 ppm)	2883.75b	2963.75a	2923.75a
B3 (5 ppm)	3006.63a	2948a	2977.31a
B4 (15 ppm)	2710.00c	2741.63b	2725.81b
EGF	99.03	115.75	77.65
Kükürt			
S1 (100 kg da ⁻¹)	2837.44	2830.69	2834.06
S2 (0 kg da ⁻¹)	2835	2847.88	2841.44
EGF	-	-	-
Genel Ortalama	2838.22	2839.28	2837.75

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, yaprak fosfor içeriği değerlerini üzerine olan etkisine ilişkin saptanan ortalama sonuçlar Çizelge 4.32’de verilmiştir. Çizelge 4.32’de bor uygulamalarının yaprak fosfor içeriği üzerine olan etkileri incelendiğinde; bor uygulamalarının yaprak fosfor içeriği üzerine olan etkisi 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamalarda önemli bulunmuştur. 2013 yılında bor uygulamalarına bağlı olarak yaprak fosfor içeriği 3006.63-2710 ppm arasında değişim göstermiş ve en yüksek fosfor değeri B3 düzeyinde (3006.63 ppm) elde edilmiştir. 2014 yılında en yüksek yaprak fosfor içeriği yine B2 uygulamasından 2963.75 ppm olarak elde edilmiştir. B3 uygulamasından elde edilen fosfor içeriği ile B2 uygulamasından elde edilen fosfor içerikleri arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Bu yıla ait en düşük yaprak fosfor içeriği 2703.75 ppm olarak B1 düzeyinde elde edilmiş olup B4 düzeyinde elde edilen fosfor içeriği (2741.63 ppm) ile arasındaki fark önemsizdir. İki yıllık ortalamalar açısından yaprak fosfor içeriği sonuçları değerlendirildiğinde; yaprak fosfor

içeriğinin, en yüksek B3 düzeyinde (2977.31 ppm); en düşük düzeyinin ise 2724.13 ppm olarak B1 düzeyinde olduğu saptanmıştır. B2 ile B3 uygulamaları arasındaki fark, B1 ile B4 uygulamaları arasındaki fark gibi önemsiz bulunmuştur.

Kükürt uygulamasının, yaprak fosfor içeriği üzerine olan etkisi 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamalara göre önemsiz bulunmuştur. 2013 yılında kükürt uygulaması yapılan ve yapılmayan bloklardan elde edilen yaprak fosfor içeriği değerleri sırasıyla 2837.44 ve 2835 ppm olarak saptanmıştır. 2014 yılında fosfor değerleri, kükürt uygulanmayan bloklarda 2847.88 ppm, kükürt uygulanan bloklarda ise 2830.69 ppm olarak elde edilmiştir. İki yıllık ortalamalarda ise kükürt uygulaması yapılan ve yapılmayan bloklardan elde edilen yaprak fosfor içeriği değerleri sırasıyla 2834.06 ppm ve 2841.44 ppm olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.33. Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre yaprak fosfor içeriği değerlerinin karşılaştırılması (ppm)

Yıl		Ortalamalar				Ortalama
		B1 (0 ppm)	B2 (2.5 ppm)	B3 (5 ppm)	B4 (15 ppm)	
2013	S1 (100 kg da ⁻¹)	2762.50c	2973.75ab	3035.25a	2578.25d	2837.44
	S2 (0 kg da ⁻¹)	2726.50c	2793.75c	2978.00ab	2841.75bc	2835.00
2014	S1 (100 kg da ⁻¹)	2781.00bc	2977.25a	2976.25a	2588.25d	2830.69
	S2 (0 kg da ⁻¹)	2626.50cd	2950.25a	2919.75ab	2895.00ab	2847.88
İki Yıllık Ortalama	S1(100 kg da ⁻¹)	2771.75cd	2975.50ab	3005.75a	2583.25e	2834.06
	S2 (0 kg da ⁻¹)	2676.50de	2872.00bc	2948.88ab	2868.38bc	2841.44

2013 EGF: 140.5 2014 EGF: 163.70 İki Yıllık Ort. : 109.82

Çizelge 4.33'te kükürt ve bor uygulamalarına göre yaprak fosfor içerikleri sonuçlarının karşılaştırılması verilmiştir. Kükürt x bor uygulama interaksiyonları açısından 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamalar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.31). Çizelge 4.33'te görüldüğü gibi, 2013 yılında S1xB3 uygulama interaksiyonunda (3035.25 ppm) en yüksek fosfor değeri elde edilirken; en düşük fosfor değeri S1xB4 (2578.25 ppm) uygulamalarından elde edilmiştir. 2014 yılında en yüksek fosfor değeri S1xB2 uygulama interaksiyonunda 2977.25 ppm olarak elde edilmiştir. Bu değer ile S2xB2 değeri arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Bununla birlikte S1xB4 uygulama interaksiyonunda (2588.25 ppm) en düşük fosfor değeri elde edilmiştir. İki

yıllık ortalamalar incelendiğinde S1xB3 (3005.75) uygulama interaksyonu en yüksek fosfor değeri olarak elde edilmiştir. S1xB4 interaksyonu ise en düşük fosfor değerinin elde edildiği uygulama interaksyonu olarak tespit edilmiştir (2583.25 ppm).

Mithchel va Baker (2000)'a göre pamuk yaprağındaki fosfor içeriğinin erken çiçeklenmede % 0.2-0.65; geç çiçeklenmede ise % 0.15-0.6 arasında bulunması gerekmektedir. Bizim bulgularımızdaki değerler % 0.28 düzeyinde olup normal sınırlar arasında bulunmaktadır. Mamatha (2007), pamukta S ve Fe uygulamasının yaprak fosfor içeriğini arttırdığını bildirmiştir. Ahmed ve ark. (2011), 3 kg ha⁻¹ B uygulanmasının pamukta yaprak fosfor içeriğini önemli derece arttırdığını saptamıştır. Yoncada uygulanan S, K, B ve Mo, fosfor içeriğinde önemli bir değişmeye neden olmamıştır (Razmjoo ve Henderlong 1997). Bizim bulgularımız Ahmed ve ark. (2011) ve ile benzerlik göstermektedir.

4.2.3. Potasyum (ppm)

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, yaprak potasyum içeriği değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları, Çizelge 4.34'de verilmiştir.

2013 yılında kükürt uygulaması istatistiksel olarak önemsiz bulunurken; bor uygulaması istatistiksel olarak $P \leq 0.01$ düzeyinde; kükürt x bor uygulama interaksyonları ise $P \leq 0.05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

2014 yılında kükürt uygulamasıyla birlikte kükürt x bor uygulama interaksyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Bununla birlikte bor uygulaması istatistiksel olarak $P \leq 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

İki yıllık ortalamalar açısından kükürt uygulaması istatistiksel olarak önemsiz bulunmuş ancak; bor uygulamaları $P \leq 0.01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Kükürt x bor uygulama interaksyonu ise istatistiksel olarak $P \leq 0.05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.34. Yaprak potasyum içeriğine ilişkin varyans analiz tablosu (ppm)

V.K.	S.D.	2013			2014			İki Yıl Ortalaması		
		K. T.	K. O.	F değeri	K. T.	K. O.	F değeri	K. T.	K. O.	F değeri
Tekerrür	3	271355.00	90451.67	2.43	9262498.80	3087499.60	7.54	4749558.00	1583186.00	4.61
Kükürt	1	902832.00	902832.00	24.24	985608.00	985608.00	2.41	1887533.00	1887533.00	5.49
Hata I	3	111715.00	37238.33		1228055.80	409351.93		1030584.00	343528.00	
Bor	3	18464927.00	6154975.67	19.38**	6352461.30	2117487.10	2.89*	22831386.00	7610462.00	45.15**
Kükürt *Bor	3	7508593.00	2502864.33	7.88*	1843530.70	614510.23	0.84	7195410.00	2398470.00	14.23*
Hata II	9	2857952.00	317550.22		6597248.00	733027.56		1516947.00	168549.67	
Genel	22	30117374.00	10005912.22		26269402.60	7947484.42		39211418.00	13991728.67	
		2013 CV(S): 0.98 CV(B): 2.86			2014 CV(S): 3.25 CV(B): 4.35			İki Yıl Ort. CV(S) 2.98 CV(B): 2.09		

* p≤%5, **p≤%1.

Çizelge 4.35. Yıllara göre yaprak potasyum içeriğine ilişkin saptanan ortalama değerler (ppm)

Uygulamalar	2013	2014	İki Yıllık Ortalama
Bor			
B1 (0 ppm)	19158.13b	19396.25b	19277.19b
B2 (2.5 ppm)	20993.88a	20351.63a	20672.75a
B3 (5 ppm)	19539.13b	19726.75ab	19632.94b
B4 (15 ppm)	19139.00b	19168.38b	19153.69b
EGF	829.31	715.69	571.84
Kükürt			
S1 (100 kg da ⁻¹)	19539.56	19485.25	19512.41
S2 (0 kg da ⁻¹)	19875.50	19836.25	19855.88
EGF	-	-	-
Genel Ortalama	196707.53	19660.75	19684.14

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, yaprak potasyum içeriğine ilişkin saptanan ortalama sonuçları Çizelge 4.35'te verilmiştir. Bor uygulamalarının yaprak potasyum içeriğine üzerine olan etkileri incelendiğinde; 2013 yılında bor uygulamalarının, yaprak potasyum içeriği üzerine etkisi önemli bulunmuş olup bor uygulamalarından elde edilen potasyum değerleri 20993.88 - 19139 ppm arasında değişim göstermiştir. En yüksek potasyum değeri B2 (20993.88 ppm) düzeyinde elde edilmiş olup B1, B3 ve B4 uygulamaları arasındaki fark, önemsiz bulunmuştur. 2014 yılında bor uygulamalarının yaprak potasyum içeriği üzerine olan etkisi önemli bulunmuştur. Bor uygulamalarına bağlı olarak potasyum içeriği değerleri 20351.63 ppm- 19168.38 ppm arasında değişim göstermiştir. En yüksek potasyum içeriği değeri B2 (20351.63 ppm) uygulamasından elde edilmiştir. B1 (19396.25 ppm) ve B4 (19168.38 ppm) uygulamaları arasındaki fark ise önemsiz bulunmuştur. İki yıllık ortalamalar incelendiğinde ise bor uygulamalarının yaprak potasyum içeriği üzerine

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

olan etkisi önemli bulunmuştur. En yüksek yaprak potasyum içeriği B2 düzeyinde 20672.75 ppm olarak elde edilmiştir. En düşük yaprak potasyum içeriği 19153.69 ppm olarak B4 düzeyinde elde edilmiştir. Bununla birlikte B1, B3 ve B4 düzeylerindeki potasyum değerleri arasında önemli bir fark bulunmamıştır.

Kükürt uygulamasının, yaprak potasyum içeriği üzerine olan etkisi 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamalara göre önemsiz bulunmuştur. 2013 yılında kükürt uygulaması yapılan ve yapılmayan bloklardan elde edilen potasyum içeriği değerleri sırasıyla 19539.56 ppm ve 19875.50 ppm olarak saptanmıştır. 2014 yılında potasyum değerleri, kükürt uygulanmayan bloklarda 19836.25 ppm, kükürt uygulanan bloklarda ise 19485.25 ppm olarak elde edilmiştir. İki yıllık ortalamalarda ise kükürt uygulaması yapılan ve yapılmayan bloklardan elde edilen yaprak potasyum değerleri sırasıyla 19512.41 ppm ve 19855.88 ppm olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.36. Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre yaprak potasyum içeriği değerlerinin karşılaştırılması (ppm)

Yıl		Ortalamalar				Ortalama
		B1 (0 ppm)	B2 (2.5 ppm)	B3 (5 ppm)	B4 (15 ppm)	
2013	S1 (100 kg da ⁻¹)	18366.25e	20755.50ab	20107.75abc	18928.75de	19539.56
	S2 (0 kg da ⁻¹)	19950.00bcd	21232.25a	18970.50cde	19349.25cde	19875.50
2014	S1 (100 kg da ⁻¹)	18807.25c	20348.00a	19653.00abc	19132.75bc	19485.25
	S2 (0 kg da ⁻¹)	19985.25ab	20355.25a	19800.50abc	19204.00bc	19836.25
İki Yıllık Ortalama	S1 (100 kg da ⁻¹)	18586.75d	20551.75ab	19880.38bc	19030.75d	19512.41
	S2 (0 kg da ⁻¹)	19967.63bc	20793.75a	19385.50cd	19276.63cd	19855.88

2013 EGF: 1172.81 İki Yıllık Ort. 808.70

Çizelge 4.36'da kükürt ve bor uygulama interaksiyonlarına bağlı olarak yaprak potasyum içeriği değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir. Yaprak potasyum içeriği

açısından 2013 yılının ve iki yıllık ortalamaların kükürt x bor uygulama interaksyonları önemli bulunurken; 2014 yılındaki kükürt x bor uygulama interaksyonları istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.34). Çizelge 4.36'da görüldüğü gibi 2013 yılında en yüksek potasyum içeriği değeri 21232.25 ppm olarak S2xB2 uygulama interaksyonundan elde edilmiştir. En düşük potasyum içeriği değeri 18366.25 ppm olarak S1xB1 uygulama interaksyonunda saptanmıştır. İki yıllık ortalamaların en yüksek kükürt x bor uygulama interaksyonları S2xB2 düzeyinde 20793.75 ppm olarak elde edilirken; yaprak potasyum içeriği değerinin en düşük uygulama interaksyonu 18586.75 ppm olarak S1xB1 uygulama interaksyonundan elde edilmiştir ve bu uygulama interaksyonu ile S1xB4 düzeyindeki uygulama interaksyonu (19030.75 ppm) arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Bununla birlikte 2014 yılındaki uygulama interaksyonları arasındaki farkların önemsiz olduğu görülmüştür.

Mithchel ve Baker (2000)'a göre pamuk yaprağındaki potasyum içeriğinin erken çiçeklenmede % 1.5-3, geç çiçeklenmede ise % 0.75-2.5 arasında bulunması yeterli olmaktadır. Yaprakların potasyum içerikleri normal sınırlar içerisinde (% 1.9) bulunmaktadır. Ergle ve Eaton (1957), ise pamukta kükürt uygulamasının, yaprak potasyum içeriğinde herhangi bir değişiklik meydana getirmediğini belirtmişlerdir. Ahmed ve ark. (2008), farklı bor dozlarına karşılık pamukta yaprak potasyum içeriğinin arttığını bildirmişlerdir. Ahmed ve ark. (2011), 3 kg ha⁻¹ B uygulanmasının pamukta yaprak potasyum içeriğini önemli derece arttırdığını saptamıştır. Mamatha (2007), pamukta S, Zn ve Fe uygulamasının yaprak potasyum içeriğini arttırdığını bildirmiştir. Bizim bulgularımıza göre yaprak potasyum içeriği kükürt uygulamalarından etkilenmemektedir. Bununla birlikte bor uygulaması 2.5 ppm düzeyinde yaprak potasyum içeriğinde önemli bir fark meydana getirmiştir. Bu anlamda bulgularımız Ergle ve Eaton (1957), Ahmed (2008) ve Ahmed (2011) ile benzerlik göstermektedir. Sonuçlardaki farklılıkların nedeni, topraktaki bor yarayırlılığının toprak çözeltisi, pH, tekstür, toprak nemi ve toprak sıcaklığına bağlı oluşu ile açıklanabilir (Goldberg, 1997).

4.2.4. Kalsiyum (ppm)

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, yaprak kalsiyum içeriği değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları, Çizelge 4.37’de verilmiştir.

2013 yılında kükürt ve bor uygulaması istatistiksel olarak $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli bulunurken; kükürt x bor uygulama interaksyonu ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

2014 yılında kükürt uygulaması istatistiksel olarak $P \leq 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Bununla birlikte bor uygulaması ve kükürt x bor uygulama interaksyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

İki yıllık ortalamalar açısından kükürt uygulamasıyla birlikte bor uygulaması istatistiksel olarak $P \leq 0.01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Kükürt x bor uygulama interaksyonu ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.37. Yaprak kalsiyum içeriğine ilişkin varyans analiz tablosu (ppm)

V.K.	S.D.	2013			2014			İki Yıl Ortalaması		
		K. T.	K. O.	F değeri	K. T.	K. O.	F değeri	K. T.	K. O.	F değeri
Tekerrür	3	1100666.80	366888.93	1.68	8844992	2948330.67	0.63	2634920	878306.67	0.31
Kükürt	1	7626465.10	7626465.10	34.85**	4998332	4998332.00	1.07*	12486506	12486506.00	4.34**
Hata I	3	656583.60	218861.20		13955373	4651791.00		8625050	2875016.67	
Bor	3	7162932.80	2387644.27	7.68**	7469625	2489875.00	5.71	14291377	4763792.33	20.89**
Kükürt *Bor	3	1451295.60	483765.20	1.56	715731	238577.00	0.55	1075025	358341.67	1.57
Hata II	9	2797333.00	310814.78		3926931	436325.67		2052770	228085.56	
Genel	22	20795276.90	11394439.48		39910984.00	15763231.33		41165648.00	21590048.89	
		2013 CV(S): 3.90 CV(B): 4.64			2014 CV(S): 17.68 CV(B): 5.41			İki Yıl Ort. CV(S): 14.01 CV(B): 3.95		

* p≤%5, **p≤%1.

Çizelge 4.38. Yıllara göre yaprak kalsiyum içeriğine ilişkin saptanan ortalama değerler (ppm)

Uygulamalar	2013	2014	İki Yıllık Ortalama
Bor			
B1 (0 ppm)	11324.63c	11425.88b	11375.25b
B2 (2.5 ppm)	11906.00bc	12161.38ab	12033.69a
B3 (5 ppm)	12639a	12659.13a	12649.06a
B4 (15 ppm)	12148.88ab	12549.50a	12349.19a
EGF	615.36	1046.11	617.83
Kükürt			
S1 (100 kg da ⁻¹)	11516.44b	11803.75b	11660.09b
S2 (0 kg da ⁻¹)	12492.81a	12594.19a	12543.50a
EGF	435.12	739.71	436.87
Genel Ortalama	12004.63	12198.97	12101.80

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, yaprak kalsiyum içeriğine ilişkin saptanan ortalama sonuçları Çizelge 4.38’de verilmiştir. Bor uygulamalarının yaprak kalsiyum içeriği üzerine olan etkileri incelendiğinde; 2013 yılında bor uygulamalarının, yaprak kalsiyum içeriği üzerine etkisi önemli bulunmuş olup bor uygulamalarından elde edilen kalsiyum değerleri 12639 -11324.63 ppm arasında değişim göstermiştir (sırasıyla B3 ve B1). 2014 yılında bor uygulamalarının yaprak kalsiyum içeriği üzerine olan etkisi önemli bulunmuş olup en yüksek yaprak kalsiyum içeriği 12659.13 ppm olarak B3 düzeyinde; en düşük 11425.88 ppm olarak B1 düzeyinde gözlenmiştir. B4 (12549.50 ppm) ve B3 uygulamalarına bağlı olarak elde edilen kalsiyum içerikleri arasındaki fark önemli bulunmamıştır. İki yıllık ortalamalar incelendiğinde ise bor uygulamalarının yaprak kalsiyum içeriği üzerine olan etkisi önemli bulunmuştur. En yüksek yaprak kalsiyum içeriği B3 düzeyinde 12649.06 ppm olarak elde edilmiştir. En düşük yaprak kalsiyum içeriği ise 11375.25 ppm olarak B1

düzeyinde elde edilmiştir. Bununla birlikte B2, B3 ve B4 düzeylerindeki kalsiyum değerleri arasındaki fark önemli bulunmamıştır.

Kükürt uygulamasının, yaprak kalsiyum içeriği üzerine olan etkisi 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamalara göre önemli bulunmuştur. 2013 yılında kükürt uygulaması yapılan bloklardan (11516.44 ppm) elde edilen yaprak kalsiyum içeriği değerleri, kükürt uygulaması yapılmayan bloklardan (12492.81 ppm) elde edilen kalsiyum değerlerinden daha düşük bulunmuştur. 2014 yılında kalsiyum değerleri, kükürt uygulanan bloklarda 11803.75 ppm, kükürt uygulanmayan bloklarda ise 12594.19 ppm olarak elde edilmiştir. İki yıllık ortalamalarda ise kükürt uygulaması yapılan ve yapılmayan bloklardan elde edilen yaprak kalsiyum değerleri sırasıyla 11660.09 ppm ve 12543.50 ppm olarak saptanmıştır. Kükürt uygulaması genel olarak yaprak kalsiyum içeriğini azaltmıştır.

Çizelge 4.39. Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre yaprak kalsiyum değerlerinin karşılaştırılması (ppm)

Yıl		Ortalamalar				Ortalama
		B1 (0 ppm)	B2 (2.5 ppm)	B3 (5 ppm)	B4 (15 ppm)	
2013	S1 (100 kg da ⁻¹)	11125.75e	11130.50e	12062.75bcd	11746.75cde	11516.44
	S2 (0 kg da ⁻¹)	11523.50de	12681.50ab	13215.25a	12551.00abc	12492.81
2014	S1 (100 kg da ⁻¹)	11188.50b	11896.50ab	12174.75a	11955.25a	11803.75
	S2 (0 kg da ⁻¹)	11663.25	12426.25	13143.50	13143.75	12594.19
İki Yıllık Ortalama	S1 (100 kg da ⁻¹)	11157.13e	11513.50de	12118.75bcd	11851.00cde	11660.09
	S2 (0 kg da ⁻¹)	11593.38de	12553.88abc	13179.38a	12847.38ab	12543.50

Çizelge 4.39'da yaprak kalsiyum değerlerinin uygulamalara göre karşılaştırılması sunulmuştur. Yaprak kalsiyum içeriği açısından 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamaların kükürt x bor uygulama interaksyonları istatistiksel olarak önemsiz

bulunmuştur (Çizelge 4.37). Çizelge 4.39'da görüldüğü gibi 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamaların kükürt x bor uygulama interaksyonları arasındaki farklar önemsizdir.

Mithchel ve Baker (2000)'a göre pamuk yaprağındaki kalsiyum içeriğinin erken çiçeklenmede % 2-3.5; geç çiçeklenmede ise % 0.75-2.5 arasında bulunması gerekmektedir. Bizim bulgularımıza göre yaprak Ca içeriği % 1.2 değerinde olup normal sınırlardan biraz daha düşük düzeydedir. Ahmed ve ark. (2011) ve Ahmed ve ark. (2008), artan B dozlarına karşılık yapraklardaki Ca konsantrasyonunun azaldığını belirtmişlerdir. Yoncada uygulanan kükürt; K, B ve Mo, Ca içeriğinde önemli bir değişmeye neden olmamıştır (Razmjoo ve Henderlong 1997). Bulgularımız Ahmed ve ark. (2011) ve Ahmed ve ark. (2008) ile benzerlik göstermektedir.

4.2.5. Kükürt (ppm)

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, yaprak kükürt içeriği değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları, Çizelge 4.40'da verilmiştir.

Yaprak kükürt içeriği varyans analizi sonuçlarına göre gerek 2013 yılı gerek 2014 yılı ve gerekse de iki yıllık ortalamalar, kükürt ve bor uygulamalarıyla birlikte kükürt x bor uygulama interaksyonları açısından $P \leq 0.01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.40. Yaprak kükürt içeriklerine ilişkin varyans analiz tablosu (ppm)

V.K.	S.D.	2013			2014			İki Yıl Ortalaması		
		K. T.	K. O.	F değeri	K. T.	K. O.	F değeri	K. T.	K. O.	F değeri
Tekerrür	3	31032.60	10344.20	1.80	50321.60	16773.87	0.11	46848.90	15616.30	0.20
Kükürt	1	1272012.50	1272012.50	221.49**	1368271.50	1368271.50	8.60**	2639406.40	2639406.40	33.50**
Hata I	3	17228.80	5742.93		477176.30	159058.77		236348.70	78782.90	
Bor	3	578393.10	192797.70	20.83**	640867.10	213622.37	62.25**	1183823.00	394607.67	51.01**
Kükürt *Bor	3	731344.20	243781.40	26.34**	547099.80	182366.60	53.15**	1267206.00	422402.00	54.61**
Hata II	9	83294.10	9254.90		30883.00	3431.44		69619.90	7735.54	
Genel	22	2713305.30	1733933.63		3114619.30	1943524.54		5443252.90	3558550.81	
		2013 CV(S): 3.27 CV(B): 4.15			2014 CV(S): 17.11 CV(B): 2.51			İki Yıl Ort. CV(S): 12.08 CV(B): 3.78		

* p≤%5, **p≤%1.

Çizelge 4.41. Yıllara göre yaprak kükürt içeriğine ilişkin saptanan ortalama değerler (ppm)

Uygulamalar	2013	2014	İki Yıllık Ortalama
Bor			
B1 (0 ppm)	2139.38c	2136.25c	2137.81c
B2 (2.5 ppm)	2311.75b	2277.88bc	2294.81b
B3 (5 ppm)	2297.75b	2390.13ab	2343.94b
B4 (15 ppm)	2517.88a	2520.38a	2519.13a
EGF	118.11	157.29	91.57
Kükürt			
S1 (100 kg da ⁻¹)	2516.06a	2537.94a	2527a
S2 (0 kg da ⁻¹)	2117.31b	2124.38b	2120.84b
EGF	83.52	111.22	64.75
Genel Ortalama	2316.69	2331.16	2323.92

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, yaprak kükürt içeriği değerlerine ilişkin saptanan ortalama sonuçları Çizelge 4.41’de verilmiştir. Çizelge 4.41’de bor uygulamalarının yaprak kükürt içeriği üzerine olan etkileri incelendiğinde; bor uygulamalarının kükürt içeriği üzerine olan etkisi 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamalarda önemli bulunmuştur. 2013 yılında bor uygulamalarına bağlı olarak yaprak kükürt içeriği 2517.88 -2139.38 ppm arasında değişim göstermiş ve en yüksek yaprak kükürt içeriği B4 düzeyinde 2517.88 ppm olarak elde edilmiştir. Bununla birlikte B2 (2311.75 ppm) ve B3 (2297.75 ppm) düzeyleri arasındaki fark önemsizdir. 2014 yılında en yüksek kükürt içeriği yine B4 uygulamasından 2520.38 ppm olarak elde edilmiştir. Bu yıla ait en düşük kükürt içeriği 2136.25 ppm olarak B1 düzeyinde elde edilmiş olup B3 (2390.13 ppm) düzeyinde elde edilen kükürt değeri, B2 (2277.88 ppm) düzeyinde elde edilen kükürt değerinden önemli bir farklılık göstermemiştir. İki yıllık ortalamalar açısından yaprak kükürt içeriği sonuçları değerlendirildiğinde, kükürt içeriğinin 2013 ve

2014 yıllarındaki uygulamalarla paralellik gösterdiği görülmüştür. En yüksek kükürt içeriği B4 (2519.13) düzeyindeki uygulamadan; en düşük kükürt içeriği ise 2137.81 ppm olarak B1 uygulamasından elde edilmiştir.

Kükürt uygulamaları 2013 yılında önemli bulunmuş olup kükürt uygulaması yapılmayan bloklardan elde edilen kükürt içeriği (2117.31 ppm), kükürt uygulaması yapılan bloklardan (2516.06 ppm) daha düşük bulunmuştur. 2014 yılında ise kükürt uygulaması yapılmayan bloklardan elde edilen yaprak kükürt içeriği (2124.38 ppm); kükürt uygulaması yapılan bloklardan (2537.94 ppm), daha düşük konsantrasyonda tespit edilmiştir. İki yıllık ortalamalar incelendiğinde, kükürt uygulamasının yaprak kükürt içeriği üzerine etkisi yine önemli bulunmuştur. Kükürt uygulanmayan bloklardan elde edilen kükürt içeriği 2120.84 ppm olarak tespit edilmiş ve bu değer kükürt uygulanan bloklardaki değerden (2527 ppm) daha düşük olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.42. Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre yaprak kükürt değerlerinin karşılaştırılması (ppm)

Yıl		Ortalamalar				Ortalama
		B1 (0 ppm)	B2 (2.5 ppm)	B3 (5 ppm)	B4 (15 ppm)	
2013	S1 (100 kg da ⁻¹)	2268.75c	2325.25c	2527.00b	2943.25a	2516.06
	S2 (0 kg da ⁻¹)	11523.50d	12681.50c	13215.25d	12551.00d	12492.81
2014	S1 (100 kg da ⁻¹)	2258.75c	2334.00c	2640.25b	2918.75a	2537.94
	S2 (0 kg da ⁻¹)	2013.75d	2221.75cd	2140.00cd	2122.00c d	2124.38
İki Yıllık Ortalama	S1(100 kg da ⁻¹)	2263.75c	2329.63c	2583.63b	2931.00a	2527.00
	S2 (0 kg da ⁻¹)	2011.88d	2260.00c	2104.25d	2107.25d	2120.84

2013 EGF: 167.03 2014 EGF: 222.44 İki Yıllık Ort. 129.50

Çizelge 4.42’de kükürt ve bor uygulamalarına göre yaprak kükürt içeriği sonuçlarının karşılaştırılması verilmiştir. Kükürt x bor uygulama interaksyonları açısından 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamalar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.40). Çizelge 4.42’de görüldüğü gibi 2013 yılında S1xB4 uygulama interaksyonunda (2943.25 ppm) en yüksek kükürt değeri elde edilirken; en düşük kükürt değeri S2xB1 uygulama interaksyonundan (11523.50 ppm) elde edilmiştir. 2014 yılında en yüksek kükürt değeri S1xB4 uygulama interaksyonunda 2918.75 ppm

olarak elde edilmiştir. Bununla birlikte S2xB1 uygulama interaksyonunda (2013.75 ppm) en düşük kükürt değeri elde edilmiştir. İki yıllık ortalamalar incelendiğinde S1xB4 uygulama interaksyonunda en yüksek kükürt içeriği 2931 ppm olarak elde edilmiştir. S2xB1 uygulama interaksyonu (2011.88 ppm) ise en düşük yaprak kükürt içeriğinin elde edildiği uygulama interaksyonu olarak tespit edilmiştir.

Mithchel va Baker (2000)'a göre pamuk yaprağındaki kükürt içeriğinin erken çiçeklenmede % 0.25-0.8, geç çiçeklenmede ise % 0.3-0.9 arasında bulunması yeterlidir. Bizim bulgularımıza göre kükürt içeriği (% 0.2) normal sınırlar içerisinde bulunmaktadır. Karthikeyan ve Shukla (2008) ayçiçeği ve hardalda artan B düzeylerine bağlı olarak, suda çözünebilir kükürtün azaldığını belirtmişlerdir. Yin ve ark. (2011) uygulanan kükürtün pamuk yapraklarında erken çiçeklenme döneminde kükürt içeriğini arttırdığını belirtmişlerdir. Bulgularımız Yin ve ark. (2011a)'in bulguları ile benzerlik göstermektedir.

4.2.6. Magnezyum (ppm)

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, yaprak magnezyum değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları, Çizelge 4.43'te verilmiştir.

Yaprak magnezyum içeriği varyans analizi sonuçlarına göre gerek 2013 yılı kükürt, bor ve kükürt x bor uygulama interaksyonu $P \leq 0.01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

2014 yılı kükürt uygulamaları $P \leq 0.05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bununla birlikte bu yıla ait bor ve kükürt x bor interaksyonları istatistiksel olarak $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

İki yıllık ortalamalar ise kükürt ve bor uygulamalarıyla birlikte kükürt x bor uygulama interaksyonları açısından $P \leq 0.01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.43. Yaprak magnezyum içeriğine ilişkin varyans analiz tablosu (ppm)

V.K.	S.D.	2013			2014			İki Yıl Ortalaması		
		K. T.	K. O.	F değeri	K. T.	K. O.	F değeri	K. T.	K. O.	F değeri
Tekerrür	3	7982.37	2660.79	0.93	80861.25	26953.75	4.02	63865.81	21288.60	7.30
Kükürt	1	106722.00	106722.00	37.13**	36992.00	36992.00	5.51*	134689.00	134689.00	46.18**
Hata I	3	8623.00	2874.33		20125.75	6708.58		8749.63	2916.54	
Bor	3	67460.12	22486.71	5.75**	185240.75	61746.92	5.70**	234278.31	78092.77	10.75**
Kükürt *Bor	3	167514.25	55838.08	14.27**	174085.25	58028.42	5.36**	336814.12	112271.37	15.45**
Hata II	9	35212.38	3912.49		97521.00	10835.67		65393.31	7265.92	
Genel	22	393514.12	194494.40		594826.00	201265.33		843790.18	356524.21	
		2013 CV(S): 2.31 CV(B): 2.70			2014 CV(S): 3.54 CV(B): 4.50			İki Yıl Ort.: CV(S): 2.33 CV(B): 3.68		

* p≤%5, **p≤%1.

Çizelge 4.44. Yıllara göre yaprak magnezyum içeriğine ilişkin saptanan ortalama değerler (ppm)

Uygulamalar	2013	2014	İki Yıllık Ortalama
Bor			
B1 (0 ppm)	2353.25a	2345.50a	2349.38a
B2 (2.5 ppm)	2366.25a	2389.38a	2377.81a
B3 (5 ppm)	2315.13a	2337.38a	2326.25a
B4 (15 ppm)	2248.13b	2187.75b	2217.94b
EGF	52.19	92.64	53.48
Kükürt			
S1 (100 kg da ⁻¹)	2378.44a	2349a	2363.72a
S2 (0 kg da ⁻¹)	2262.94b	2281b	2271.97b
EGF	36.90	65.51	37.82
Genel Ortalama	2320.69	2315	2317.84

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, yaprak magnezyum içeriği değerlerine ilişkin saptanan ortalama sonuçları Çizelge 4.44’de verilmiştir. Çizelge 4.44’de bor uygulamalarının yaprak magnezyum içeriği üzerine olan etkileri incelendiğinde; bor uygulamalarının yaprak magnezyum içeriği üzerine olan etkisi 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamalarda önemli bulunmuştur. 2013 yılında bor uygulamalarına bağlı olarak yaprak magnezyum içeriği 2366.25-2248.13 ppm arasında değişim göstermiş ve en yüksek yaprak magnezyum içeriği B2 düzeyinde 2366.25 ppm olarak elde edilmiştir. Bununla birlikte bu değer ile, B1 (2353.25 ppm) ve B3 (2315.13 ppm) düzeyleri arasındaki fark önemsizdir. 2014 yılında en yüksek yaprak magnezyum içeriği yine B2 uygulamasından 2389.38 ppm olarak elde edilmiştir. Bu yıla ait en düşük magnezyum içeriği 2187.75 ppm olarak B4 düzeyinde elde edilmiş olup B1 (2345.50 ppm) düzeyinde elde edilen magnezyum değeri ve B3 (2337.38 ppm) düzeyinde elde edilen magnezyum değerlerinin B2 düzeyinde elde edilmiş değerden

farkı önemsiz bulunmuştur. İki yıllık ortalamalar açısından yaprak magnezyum içeriği sonuçları değerlendirildiğinde, ortalamalara ait magnezyum içeriğinin 2013 ve 2014 yıllarındaki uygulamalarla paralellik gösterdiği görülmüştür. En yüksek magnezyum içeriği B2 (2377.81 ppm) düzeyindeki uygulamadan; en düşük magnezyum içeriği ise 2217.94 ppm olarak B4 uygulamasından elde edilmiştir.

Kükürt uygulamalarının yaprak magnezyum içeriğine olan etkisi 2013 yılında önemli bulunmuş olup kükürt uygulaması yapılmayan bloklardan elde edilen magnezyum içeriği (2262.94 ppm), kükürt uygulaması yapılan bloklardan (2378.44 ppm) daha düşük bulunmuştur. 2014 yılında ise yine kükürt uygulaması yapılmayan bloklardan elde edilen yaprak kükürt içeriği (2281 ppm); kükürt uygulaması yapılan bloklardan (2349 ppm), daha düşük konsantrasyonda tespit edilmiştir. İki yıllık ortalamalar incelendiğinde, kükürt uygulamasının yaprak magnezyum içeriği üzerine etkisi yine önemli bulunmuştur. Kükürt uygulanmayan bloklardan elde edilen kükürt içeriği 2271.97 ppm olarak tespit edilmiş ve bu değer kükürt uygulanan bloklardaki değerden (2363.72 ppm) daha düşük olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.45. Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre yaprak magnezyum değerlerinin karşılaştırılması (ppm)

Yıl		Ortalamalar				Ortalama
		B1 (0 ppm)	B2 (2.5 ppm)	B3 (5 ppm)	B4 (15 ppm)	
2013	S1 (100 kg da ⁻¹)	2424.00b	2519.00a	2264.50de	2306.25cd	2378.44
	S2 (0 kg da ⁻¹)	2282.50de	2213.50ef	2365.75bc	2190.00f	2262.94
2014	S1 (100 kg da ⁻¹)	2377.75b	2536.75a	2279.00bcd	2202.50cd	2349.00
	S2 (0 kg da ⁻¹)	2313.25bc	2242.00cd	2395.75b	2173.00d	2281.00
İki Yıllık Ortalama	S1 (100 kg da ⁻¹)	2400.88b	2527.88a	2271.75c	2254.38cd	2363.72
	S2 (0 kg da ⁻¹)	2297.88c	2227.75cd	2380.75b	2181.50d	2271.97

2013 EGF : 73.80 2014 EGF: 131.01 İki Yıllık Ort. :75.64

Çizelge 4.45'te kükürt ve bor uygulamalarına göre yaprak magnezyum içeriği sonuçlarının karşılaştırılması verilmiştir. Kükürt x bor uygulama etkileşimlerini açısından 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamalar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.43). Çizelge 4.45'te görüldüğü gibi, 2013 yılında S1xB2 uygulama

interaksiyonunda (2519 ppm) en yüksek magnezyum değeri elde edilirken; en düşük magnezyum değeri S2xB4 uygulama interaksiyonundan (2190 ppm) elde edilmiştir. 2014 yılında en yüksek magnezyum değeri S1xB2 uygulama interaksiyonunda 2536.75 ppm olarak elde edilmiştir. Bununla birlikte S2xB4 uygulama interaksiyonunda (2173 ppm) en düşük magnezyum değeri elde edilmiştir. İki yıllık ortalamalar incelendiğinde S1xB2 uygulama interaksiyonunda en yüksek kükürt içeriği 2527.88 ppm olarak elde edilmiştir. S2xB4 uygulama interaksiyonu (2181.50 ppm) ise en düşük yaprak kükürt içeriğinin elde edildiği uygulama interaksiyonu olarak tespit edilmiştir.

Mithchel va Baker (2000)'a göre pamuk yaprağındaki magnezyum içeriğinin erken ve geç çiçeklenmede % 0.3-0.9 bulunması yeterlidir. Bulgularımıza göre, magnezyum içeriği % 0.23 kadar iken magnezyum içeriği alt sınır değerinin altında bulunmaktadır. Ahmed ve ark. (2008) ve Ahmed ve ark. (2011) pamukta artan B dozlarına bağlı olarak Mg içeriğinde azalma olduğunu saptamışlardır. Razmjoo ve ark. (1997), K, B, S, Mo gübrelemelerinin yoncada Mg içeriğinde önemli bir değişiklik yapmadığını belirtmişlerdir. Bizim bulgularımız Ahmed ve ark. (2008) ve Ahmed ve ark. (2011) ile benzerlik göstermektedir. Sonuçlardaki farklılıkların nedeni, topraktaki bor yarayırlılığının toprak çözeltisi, pH, tekstür, toprak nemi ve toprak sıcaklığına bağlı oluşu ile açıklanabilir (Goldberg, 1997).

4.2.7. Bor (ppm)

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, yaprak bor içeriği değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları, Çizelge 4.46'da verilmiştir.

Yaprak bor içeriği varyans analizi sonuçlarına göre, 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamalar, kükürt ve bor uygulamalarıyla birlikte kükürt x bor uygulama interaksiyonları açısından $P \leq 0.01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.46. Yaprak bor değerlerine ilişkin varyans analiz tablosu (ppm)

V.K.	S.D.	2013			2014			İki Yıl Ortalaması		
		K. T.	K. O.	F değeri	K. T.	K. O.	F değeri	K. T.	K. O.	F değeri
Tekerrür	3	4.80	1.60	0.46	19.23	6.41	1.12	13.26	4.42	1.06
Kükürt	1	528.37	528.37	152.10**	406.20	406.20	71.20**	930.56	930.56	223.88**
Hata I	3	10.42	3.47		17.12	5.71		12.47	4.16	
Bor	3	307.71	102.57	85.91**	217.01	72.34	188.86**	514.87	171.62	191.68**
Kükürt *Bor	3	172.96	57.65	48.29**	172.01	57.34	149.70**	340.52	113.51	126.77**
Hata II	9	10.74	1.19		3.45	0.38		8.06	0.90	
Genel	22	1035.01	694.86		835.01	548.37		1819.74	1225.16	
		2013 CV(S): 10.71 CV(B): 6.27			2014 CV(S): 14.02 CV(B): 3.62			İki Yıl Ort. CV(S): 11.85 CV(B): 5.51		

* p≤%5, **p≤%1.

Çizelge 4.47. Yıllara göre yaprak bor içeriğine ilişkin saptanan ortalama değerler (ppm)

Uygulamalar	2013	2014	İki Yıllık Ortalama
Bor			
B1 (0 ppm)	13.04c	13.40d	13.22d
B2 (2.5 ppm)	15.87b	15.98c	15.92c
B3 (5 ppm)	20.13a	18.47b	19.30b
B4 (15 ppm)	20.51a	20.31a	20.41a
EGF	1.32	0.83	0.73
Kükürt			
S1 (100 kg da ⁻¹)	13.33b	13.48b	13.40b
S2 (0 kg da ⁻¹)	21.45a	20.60a	21.03a
EGF	1.87	1.17	1.04

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, yaprak bor içeriği değerlerine ilişkin saptanan ortalama sonuçları Çizelge 4.47’de verilmiştir. Çizelge 4.47’de bor uygulamalarının yaprak bor içeriği üzerine olan etkileri incelendiğinde; bor uygulamalarının kükürt içeriği üzerine olan etkisi 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamalarda önemli bulunmuştur. 2013 yılında bor uygulamalarına bağlı olarak yaprak kükürt içeriği 13.04 -20.51 ppm arasında değişim göstermiş ve en yüksek yaprak bor içeriği B4 düzeyinde 20.51 ppm olarak elde edilmiştir. B3 (20.13 ppm) düzeyindeki bor içeriği değeri ile B4 düzeyindeki bor değeri arasındaki fark önemsizdir. En düşük bor içeriği 13.04 ppm olarak B1 düzeyinde elde edilmiştir. 2014 yılında yaprak bor içeriği değerleri 20.31–13.40 ppm arasında bulunmuştur. En yüksek bor içeriği yine B4 uygulamasından 20.31 ppm olarak elde edilmiştir. Bu yıla ait en düşük kükürt içeriği 13.40 ppm olarak B1 düzeyinde elde edilmiştir. İki yıllık ortalamalar açısından yaprak bor içeriği sonuçları değerlendirildiğinde, bor içeriği değerlerinin 2013 ve 2014 yıllarındaki uygulamalarla paralellik gösterdiği görülmüştür. En yüksek bor içeriği B4

(20.41 ppm) düzeyindeki uygulamadan; en düşük kükürt içeriği ise (13.22 ppm) olarak B1 uygulamasından elde edilmiştir.

Kükürt uygulamaları 2013 yılında önemli bulunmuş olup kükürt uygulaması yapılmayan bloklardan elde edilen bor içeriği (21.45 ppm), kükürt uygulaması yapılan bloklardan (13.33 ppm) daha yüksek bulunmuştur. 2014 yılında elde edilen sonuç bir önceki yıldan farklılık göstermemiştir. 2014 yılında kükürt uygulaması yapılmayan bloklardan elde edilen yaprak bor içeriği (20.60 ppm); kükürt uygulaması yapılan bloklardan (13.48 ppm), daha yüksek bir değerde tespit edilmiştir. İki yıllık ortalamalar incelendiğinde, kükürt uygulamasının yaprak bor içeriği üzerine etkisi yine önemli bulunmuştur. Kükürt uygulanmayan bloklardan elde edilen yaprak bor içeriği 21.03 ppm olarak tespit edilmiş ve bu değer kükürt uygulanan bloklardaki değerden (13.40 ppm) daha yüksek olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.48. Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre yaprak bor değerlerinin karşılaştırılması (ppm)

Yıl		Ortalamalar				Ortalama
		B1 (0 ppm)	B2 (2.5 ppm)	B3 (5 ppm)	B4 (15 ppm)	
2013	S1 (100 kg da ⁻¹)	11.99c	13.33c	13.80c	14.18c	13.33
	S2 (0 kg da ⁻¹)	14.10c	18.41b	26.46a	26.84a	21.45
2014	S1 (100 kg da ⁻¹)	12.71d	13.96d	13.43d	13.80d	13.48
	S2 (0 kg da ⁻¹)	14.08d	18.00c	23.50b	26.82a	20.60
İki Yıllık Ortalama	S1 (100 kg da ⁻¹)	12.35e	13.65de	13.62de	13.99d	13.40
	S2 (0 kg da ⁻¹)	14.09d	18.20c	24.98b	26.83a	21.03

2013 EGF: 2.65 2014 EGF: 1.66 İki Yıllık Ort.: 1.47

Çizelge 4.48'de kükürt ve bor uygulamalarına göre yaprak bor içeriği sonuçlarının karşılaştırılması verilmiştir. Kükürt x bor uygulama interaksyonları açısından 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamalar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.46). Çizelge 4.48'de görüldüğü gibi 2013 yılında S2xB4 uygulama interaksyonunda (26.84 ppm) en yüksek bor değeri elde edilirken; en düşük kükürt değeri S1xB1 (11.99 ppm) uygulama interaksyonundan elde edilmiştir. 2014 yılında en düşük yaprak bor içeriği değeri S1xB1 uygulama interaksyonunda 12.71 ppm olarak elde edilmiştir. Bununla birlikte S2xB4 uygulama interaksyonunda (26.82 ppm) en

yüksek bor değeri elde edilmiştir. İki yıllık ortalamalar incelendiğinde S2xB4 uygulama interaksyonunda en yüksek bor içeriği 26.83 ppm olarak elde edilmiştir. S1xB1 uygulama interaksyonu (12.35 ppm) ise en düşük yaprak bor içeriğinin elde edildiği uygulama interaksyonu olarak tespit edilmiştir.

Mithchel va Baker (2000)'a göre pamuk yaprağındaki bor içeriğinin erken çiçeklenmede 20-80 ppm; geç çiçeklenmede ise 15-200 ppm arasında bulunması yeterli olmaktadır. Anderson ve Boswell (1968), Lancaster ve ark. (1962)'nin bor uygulaması yapılmamış saksılarda genç yaprakların bor konsantrasyonlarının 10 ppm ve uygulama yapılmış saksılarda 15-20 ppm arasında bulunduğunu belirtmişlerdir. Pamuk yaprak bor içeriğinin 500 ppm'den fazla olması durumunda pamukta toksisite görülmektedir. Sulama suyunda 6-10 ppm bor bulunması durumunda bile pamuk rahat bir şekilde gelişebilmektedir (Hake ve ark. 1996). Bulgularımıza göre kükürtsüz uygulamalarda bor içeriği, erken çiçeklenme dönemi sınırları içerisinde yer almaktayken; kükürtlü uygulamalarda bu değerden daha alt sınırdadır. Bununla birlikte bulgularımız Lancaster ve ark. (1962) ile benzerlik taşımaktadır.

4.2.8. Demir (ppm)

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, yaprak demir içeriği değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları, Çizelge 4.49'de verilmiştir.

2013 yılında kükürt ve bor uygulaması istatistiksel olarak $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli bulunurken; kükürt x bor uygulama interaksyonu ise istatistiksel olarak $P \leq 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

2014 yılında kükürt uygulaması istatistiksel olarak $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Bununla birlikte bor uygulaması istatistiksel olarak $P \leq 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Kükürt x bor uygulama interaksyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

İki yıllık ortalamalar açısından; kükürt uygulamasıyla birlikte bor uygulaması $P \leq 0.01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Kükürt x bor uygulama interaksyonu ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.49. Yaprak demir içeriğine ilişkin varyans analiz tablosu (ppm)

V.K.	S.D.	2013			2014			İki Yıl Ortalaması		
		K. T.	K. O.	F değeri	K. T.	K. O.	F değeri	K. T.	K. O.	F değeri
Tekerrür	3	20.75	6.92	0.30	601.13	200.38	0.61	371.81	123.94	0.71
Kükürt	1	4371.13	4371.13	187.00**	2592.00	2592.00	7.88**	6847.56	6847.56	39.27**
Hata I	3	70.13	23.38		986.75	328.92		523.06	174.35	
Bor	3	1298.25	432.75	7.51**	1358.13	452.71	3.92*	2511.31	837.10	8.72**
Kükürt *Bor	3	382.13	127.38	2.21*	6.25	2.08	0.02	242.81	80.94	0.84
Hata II	9	518.50	57.61		1038.63	115.40		864.31	96.03	
Genel	22	6660.88	5019.15		6582.88	3691.49		11360.88	8159.93	
		2013 CV(S): 3.29 CV(B): 5.17			2014 CV(S): 12.32 CV(B): 7.30			İki Yıl Ort. CV(S): 8.98 CV(B): 6.67		

* p≤ %5, **p≤ %1.

Çizelge 4.50. Yıllara göre yaprak demir içeriğine ilişkin saptanan ortalama değerler (ppm)

Uygulamalar	2013	2014	İki Yıllık Ortalama
Bor			
B1 (0 ppm)	140.25c	139.75c	140.00b
B2 (2.5 ppm)	156.00a	152.63ab	154.31a
B3 (5 ppm)	141.63c	141.75bc	141.69b
B4 (15 ppm)	149.63b	154.63a	152.13a
EGF	4.40	8.39	4.48
Kükürt			
S1 (100 kg da ⁻¹)	158.56a	156.19a	157.38a
S2 (0 kg da ⁻¹)	135.19b	138.19b	136.69b
EGF	6.23	11.86	6.34
Genel Ortalama	146.88	147.19	147.03

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, yaprak demir içeriğine ilişkin saptanan ortalama sonuçları Çizelge 4.50’de verilmiştir. Bor uygulamalarının yaprak demir içeriği üzerine olan etkileri incelendiğinde; 2013 yılında bor uygulamalarının, yaprak demir içeriği üzerine etkisi önemli bulunmuş olup bor uygulamalarından elde edilen demir değerleri 156-140.25 ppm arasında değişim göstermiştir (sırasıyla B2 ve B1). En yüksek demir içeriği değeri 156 ppm olarak B2 uygulamasından elde edilmiştir. En düşük demir içeriği ise 140.25 ppm olarak B1 uygulamasından elde edilmiştir. B3 (141.63 ppm) ile B1 uygulaması arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. 2014 yılında bor uygulamalarının yaprak demir içeriği üzerine olan etkisi önemli bulunmuş olup en yüksek yaprak demir içeriği 154.63 ppm olarak B4 düzeyinde; en düşük 139.75 ppm olarak B1 düzeyinde gözlenmiştir. İki yıllık ortalamalar incelendiğinde ise bor uygulamalarının yaprak demir içeriği üzerine olan etkisi önemli bulunmuştur. En yüksek yaprak demir içeriği B2 düzeyinde 154.31 ppm

olarak elde edilmiştir. Bu uygulamanın 152.13 ppm olarak saptanan B4 düzeyindeki uygulama ile arasındaki fark önemsizdir. En düşük yaprak demir içeriği ise 140 ppm olarak B1 düzeyinde elde edilmiştir. Bu uygulama ile B3 düzeyinde elde edilen 141.69 ppm'lik demir içeriği değeri arasındaki fark önemsiz bulunmuştur.

Kükürt uygulamasının, yaprak demir içeriği üzerine olan etkisi 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamalara göre önemli bulunmuştur. 2013 yılında kükürt uygulaması yapılan bloklardan (158.56 ppm) elde edilen yaprak demir içeriği değerleri, kükürt uygulaması yapılmayan bloklardan (135.51 ppm) elde edilen demir değerlerinden daha yüksek bulunmuştur. 2014 yılında demir değerleri, kükürt uygulanan bloklarda 156.19 ppm, kükürt uygulanan bloklarda ise 138.19 ppm olarak elde edilmiştir. İki yıllık ortalamalarda ise kükürt uygulaması yapılan ve yapılmayan bloklardan elde edilen yaprak demir değerleri sırasıyla 157.38 ppm ve 136.69 ppm olarak saptanmıştır. Kükürt uygulaması yaprak demir içeriğini arttırmıştır.

Çizelge 4.51. Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre demir değerlerinin karşılaştırılması (ppm)

Yıl		Ortalamalar				Ortalama
		B1 (0 ppm)	B2 (2.5 ppm)	B3 (5 ppm)	B4 (15 ppm)	
2013	S1 (100 kg da ⁻¹)	146.00c	169.25a	155.00b	164.00a	158.56
	S2 (0 kg da ⁻¹)	134.50de	142.75cd	128.25e	135.25de	135.19
2014	S1 (100 kg da ⁻¹)	148.00abcd	161.75ab	151.00abc	164.00a	156.19
	S2 (0 kg da ⁻¹)	131.50d	143.50cd	132.50d	145.25bcd	138.19
İki Yıllık Ortalama	S1 (100 kg da ⁻¹)	147.00bc	165.50a	153.00b	164.00a	157.38
	S2 (0 kg da ⁻¹)	133.00de	143.13c	130.38e	140.25cd	136.69

2013 EGF: 8.80

Çizelge 4.51'de kükürt ve bor uygulama etkileşimlerine bağlı olarak yaprak demir içeriği değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir. Yaprak demir içeriği açısından 2013 yılının kükürt x bor uygulama etkileşimleri önemli bulunurken; 2014 ve iki yıllık ortalamaların kükürt x bor uygulama etkileşimleri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.49). Çizelge 4.51'de görüldüğü gibi 2013 yılında en yüksek demir içeriği değeri 169.25 ppm olarak S1xB2 uygulama etkileşiminden elde edilmiştir. En düşük demir içeriği değeri 128.25 ppm olarak S2xB3 uygulama etkileşiminde saptanmıştır. Bununla birlikte 2014 ve iki yıllık ortalamaların kükürt x bor uygulama etkileşimleri arasındaki farklar önemsiz bulunmuştur.

Mithchel ve Baker (2000)'a göre pamuk yaprağındaki demir içeriğinin erken çiçeklenmede 50-250 ppm; geç çiçeklenmede ise 50-300 ppm arasında bulunması yeterlidir. Bulgularımız demir içeriğinin belirtilen sınırlar içerisinde olduğunu göstermektedir. Ahmed ve ark. (2008) ve Ahmed ve ark. (2011) artan bor uygulamalarına bağlı olarak pamukta yaprak Fe içeriğinde artış olduğunu saptamışlardır. Bulgularımız yazarların bulgularıyla paralellik göstermektedir.

4.2.9. Çinko (ppm)

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, yaprak çinko içeriği değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları, Çizelge 4.52'de verilmiştir.

2013 yılında kükürt ve bor uygulamasıyla birlikte kükürt x bor uygulama interaksyonu istatistiksel olarak $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

2014 yılında kükürt uygulaması istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Bununla birlikte bor uygulaması istatistiksel olarak $P \leq 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Kükürt x bor uygulama interaksyonu ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

İki yıllık ortalamalar açısından kükürt ve bor uygulamasıyla birlikte kükürt x bor uygulama interaksyonu istatistiksel olarak $P \leq 0.01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.52. Yaprak çinko içeriğine ilişkin varyans analiz tablosu (ppm)

V.K.	S.D.	2013			2014			İki Yıl Ortalaması		
		K. T.	K.O.	F değeri	K. T.	K.O.	F değeri	K. T.	K.O.	F değeri
Tekerrür	3	0.73	0.24	0.09	33.75	11.25	0.94	18.49	6.16	0.25
Kükürt	1	16.06	16.06	6.18**	4.30	4.30	0.36	30.44	30.44	1.23**
Hata I	3	7.79	2.60		35.94	11.98		74.52	24.84	
Bor	3	59.58	19.86	14.37**	20.73	6.91	3.39*	28.00	9.33	0.10**
Kükürt *Bor	3	26.07	8.69	6.29**	7.21	2.40	1.18	11.38	3.79	0.04**
Hata II	9	12.44	1.38		18.36	2.04		864.31	96.03	
Genel	22	122.66	48.83		120.29	38.88		1027.14	170.60	
		2013 CV(S): 5.48 CV(B): 4.00			2014 CV(S): 11.80 CV(B): 4.87			İki Yıl Ort. CV(S) 16.98 CV(B): 33.38		

* p≤%5, **p≤%1.

Çizelge 4.53. Yıllara göre yaprak çinko içeriğine ilişkin saptanan ortalama değerler (ppm)

Uygulamalar	2013	2014	İki Yıllık Ortalama
Bor			
B1 (0 ppm)	28.74b	29.04b	28.89b
B2 (2.5 ppm)	28.84b	28.72b	28.78b
B3 (5 ppm)	31.73a	30.70a	31.22a
B4 (15 ppm)	28.28b	28.83b	28.56b
EGF	0.61	1.02	0.72
Kükürt			
S1 (100 kg da ⁻¹)	30.11a	29.69	29.90a
S2 (0 kg da ⁻¹)	28.69b	28.96	28.82b
EGF	0.86	-	1.02
Genel Ortalama	29.40	29.32	29.36

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, yaprak çinko içeriğine ilişkin saptanan ortalama sonuçları Çizelge 4.53'te verilmiştir. Bor uygulamalarının yaprak çinko içeriği üzerine olan etkileri incelendiğinde; 2013 yılında bor uygulamalarının, yaprak çinko içeriği üzerine etkisi önemli bulunmuş olup bor uygulamalarından elde edilen çinko değerleri 31.73-28.28 ppm arasında değişim göstermiştir (sırasıyla B3 ve B4). En yüksek çinko içeriği değeri 31.73 ppm olarak B3 uygulamasından elde edilmiştir. En düşük çinko içeriği ise 28.28 ppm olarak B4 uygulamasından elde edilmiştir. B1 (28.74 ppm), B2 (28.84 ppm) ve B4 uygulaması arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. 2014 yılında bor uygulamalarının yaprak çinko içeriği üzerine olan etkisi önemli bulunmuş olup yaprak çinko içeriği 30.70-28.72 ppm arasında değişim göstermiştir. En yüksek çinko içeriği B3 düzeyinde; en düşük çinko içeriği B2 düzeyinde saptanmıştır. B2 düzeyindeki uygulama ile, B1 ve B4 düzeylerindeki uygulamalarla arasındaki fark önemsiz bulunmuştur (sırasıyla 29.04 ve

28.83 ppm). İki yıllık ortalamalar incelendiğinde ise bor uygulamalarının yaprak çinko içeriği üzerine olan etkisi önemli bulunmuştur. En yüksek yaprak çinko içeriği B3 düzeyinde 31.22 ppm olarak elde edilmiştir. En düşük yaprak çinko içeriği ise 28.56 ppm olarak B4 düzeyinde elde edilmiştir. Bu uygulama ile birlikte B1 ve B2 düzeyinde elde edilen çinko değerleri arasındaki fark önemsiz bulunmuştur (sırasıyla 28.89 ppm ve 28.78 ppm).

Kükürt uygulamasının, yaprak çinko içeriği üzerine olan etkisi 2013 ve iki yıllık ortalamalara göre önemli bulunmuştur. 2013 yılında kükürt uygulaması yapılan bloklardan (30.11 ppm) elde edilen yaprak çinko içeriği değerleri, kükürt uygulaması yapılmayan bloklardan (28.69 ppm) elde edilen çinko değerlerinden daha yüksek bulunmuştur. 2014 yılında kükürt uygulamasının yaprak çinko içeriği üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. İki yıllık ortalamalarda ise kükürt uygulamasının yaprak çinko içeriği üzerine etkisi yine önemli bulunmuştur. Kükürt uygulaması yapılan ve yapılmayan bloklardan elde edilen yaprak çinko değerleri sırasıyla 29.90 ppm ve 28.82 ppm olarak saptanmıştır. Kükürt uygulaması genel olarak yaprak çinko içeriğini arttırmıştır.

Çizelge 4.54. Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre yaprak çinko içeriği değerlerinin karşılaştırılması (ppm)

Yıl		Ortalamalar				Ortalama
		B1 (0 ppm)	B2 (2.5 ppm)	B3 (5 ppm)	B4 (15 ppm)	
2013	S1 (100 kg da ⁻¹)	28.7e	30.4bc	31.4ab	29.9cd	30.1
	S2 (0 kg da ⁻¹)	28.8de	27.3f	32.0a	26.6f	28.7
2014	S1 (100 kg da ⁻¹)	29.3abcd	29.1abcd	30.5ab	29.9abc	29.7
	S2 (0 kg da ⁻¹)	28.8bcd	28.3cd	30.9a	27.7d	29.0
İki Yıllık Ortalama	S1 (100 kg da ⁻¹)	29.0cd	29.8bc	30.9ab	29.9bc	29.9
	S2 (0 kg da ⁻¹)	28.8cd	27.8de	31.5a	27.2e	28.8

2013 EGF: 1.22 İki Yıllık Ort. : 1.44

Çizelge 4.54'te kükürt ve bor uygulama interaksyonlarına bağlı olarak yaprak çinko içeriği değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir. Yaprak çinko içeriği açısından 2013 yılının ve iki yıllık ortalamaların kükürt x bor uygulama interaksyonları istatistiksel olarak önemli bulunurken; 2014 yılının kükürt x bor uygulama interaksyonları istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.52). Çizelge

4.54'te görüldüğü gibi 2013 yılında en yüksek çinko içeriği değeri 32 ppm olarak S2xB3 uygulama interaksyonundan elde edilmiştir. En düşük çinko içeriği değeri 27.3 ppm olarak S2xB2 uygulama interaksyonunda saptanmıştır. 2014 yılına ait kükürt x bor uygulama interaksyonları arasındaki farklar önemsizdir. İki yıllık ortalamalar incelendiğinde S2xB3 uygulama interaksyonunda en yüksek çinko içeriği 31.5 ppm olarak elde edilmiştir. S2xB4 uygulama interaksyonu (27.2 ppm) ise en düşük yaprak çinko içeriğinin elde edildiği uygulama interaksyonu olarak tespit edilmiştir

Mithchel va Baker (2000)'a göre pamuk yaprağındaki çinko içeriğinin erken çiçeklenmede 20-200 ppm; geç çiçeklenmede ise % 50-300 ppm arasında bulunması yeterlidir. Bulgularımıza göre hem kükürtlü hem de kükürtsüz parsellerdeki çinko içeriği normal sınırlar arasında bulunmaktadır. Ahmed ve ark. (2008) ve Ahmed ve ark. (2011), artan bor uygulamalarına bağlı olarak pamukta yaprak çinko içeriğinde artış olduğunu saptamışlardır. Toksik bor dozu olan 5 ppm bor uygulamasına kadar yaprakların çinko içeriği artmıştır. Bu noktada bulgularımız adı geçen yazarların bulguları ile paralellik göstermektedir. Ancak 15 ppm'lik bor dozu uygulamasında yaprak çinko içerikleri azalma göstermiştir.

4.2.10. Molibden (ppm)

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, yaprak molibden içeriği değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları, Çizelge 4.55'de verilmiştir.

Yaprak molibden içeriği varyans analizi sonuçlarına göre 2013 yılında kükürt uygulaması istatistiksel olarak $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli bulunurken; bor uygulaması istatistiksel olarak $P \leq 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Kükürt x bor uygulama interaksyonu ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

2014 yılında kükürt uygulaması istatistiksel olarak $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Bununla birlikte bor uygulaması ve kükürt x bor uygulama interaksyonu istatistiksel olarak $P \leq 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

İki yıllık ortalamalar açısından, kükürt ve bor uygulamasıyla birlikte kükürt x bor uygulama interaksyonu istatistiksel olarak $P \leq 0.01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.55. Yaprak molibden içeriğine ilişkin varyans analiz tablosu (ppm)

V.K.	S.D.	2013			2014			İki Yıl Ortalaması		
		K. T.	K.O.	F değeri	K. T.	K.O.	F değeri	K. T.	K.O.	F değeri
Tekerrür	3	0.118	0.039	2.053	0.246	0.082	0.483	0.053	0.018	0.217
Kükürt	1	1.518	1.518	79.126**	1.945	1.945	11.458**	3.450	3.450	42.375**
Hata I	3	0.058	0.019		0.509	0.170		0.244	0.081	
Bor	3	0.413	0.138	10.483*	0.180	0.060	4.326*	0.556	0.185	11.680**
Kükürt *Bor	3	0.201	0.067	5.105	0.185	0.062	4.467*	0.377	0.126	7.921**
Hata II	9	0.118	0.013		0.125	0.014		0.143	0.016	
Genel	22	2.425	1.794		3.190	2.333		4.823	3.876	
		2013 CV(S) 6.55 CV(B): 5.41			2014 CV(S): 18.73 CV(B): 5.35			İki Yıl Ort. CV(S): 13.22 CV(B): 5.84		

* p≤%5, **p≤%1.

Çizelge 4.56. Yıllara göre yaprak molibden içeriğine ilişkin saptanan ortalama değerler (ppm)

Uygulamalar	2013	2014	İki Yıllık Ortalama
Bor			
B1 (0 ppm)	1.93b	2.09b	2.01b
B2 (2.5 ppm)	2.18a	2.26a	2.22a
B3 (5 ppm)	2.12a	2.17ab	2.15a
B4 (15 ppm)	2.23a	2.28a	2.25a
EGF	0.12	0.09	0.08
Kükürt			
S1 (100 kg da ⁻¹)	1.90b	1.95b	1.93b
S2 (0 kg da ⁻¹)	2.33a	2.45a	2.39a
EGF	0.17	0.12	0.12
Genel Ortalama	2.12	2.20	2.16

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, yaprak molibden içeriğine ilişkin saptanan ortalama sonuçları Çizelge 4.56’da verilmiştir. Bor uygulamalarının yaprak molibden içeriği üzerine olan etkileri incelendiğinde; 2013 yılında bor uygulamalarının, yaprak molibden içeriği üzerine etkisi önemli bulunmuş olup bor uygulamalarından elde edilen molibden değerleri 2.23-1.93 ppm arasında değişim göstermiştir (sırasıyla B4 ve B1). 2.12 ppm olarak elde edilen B3 uygulamasıyla B4 arasındaki fark önemsizdir. 2014 yılında bor uygulamalarının yaprak molibden içeriği üzerine olan etkisi önemli bulunmuş olup en yüksek yaprak molibden içeriği 2.28 ppm olarak B4 düzeyinde; en düşük 2.09 ppm olarak B1 düzeyinde gözlenmiştir. Bor uygulamalarının B2 (2.26 ppm) düzeyi ile B4 düzeyi arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. İki yıllık ortalamalar incelendiğinde ise bor uygulamalarının yaprak molibden içeriği üzerine olan etkisi önemli bulunmuştur. En yüksek yaprak molibden içeriği B4 düzeyinde 2.25 ppm olarak elde edilmiştir. En düşük yaprak molibden içeriği

ise 2.01 ppm olarak B1 düzeyinde elde edilmiştir. Bununla birlikte B3 (2.15 ppm), B2 (2.22 ppm) ve B4 düzeylerindeki molibden değerleri arasındaki fark önemli bulunmamıştır.

Kükürt uygulamasının, yaprak molibden içeriği üzerine olan etkisi 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamalara göre önemli bulunmuştur. 2013 yılında kükürt uygulaması yapılan bloklardan (1.90 ppm) elde edilen yaprak molibden içeriği değerleri, kükürt uygulaması yapılmayan bloklardan (2.33 ppm) elde edilen molibden değerlerinden daha düşük bulunmuştur. 2014 yılında molibden değerleri, kükürt uygulanan bloklarda 1.95 ppm, kükürt uygulanmayan bloklarda ise 2.45 ppm olarak elde edilmiştir. İki yıllık ortalamalarda ise kükürt uygulaması yapılan ve yapılmayan bloklardan elde edilen yaprak molibden değerleri sırasıyla 1.93 ppm ve 2.39 ppm olarak saptanmıştır. Kükürt uygulaması genel olarak yaprak molibden içeriğini azaltmıştır.

Çizelge 4.57. Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre molibden içeriği değerlerinin karşılaştırılması (ppm)

Yıl		Ortalamalar				Ortalama
		B1 (0 ppm)	B2 (2.5 ppm)	B3 (5 ppm)	B4 (15 ppm)	
2013	S1 (100 kg da-1)	1.80d	1.99cd	1.92cd	1.89cd	1.90
	S2 (0 kg da-1)	2.06c	2.37ab	2.33b	2.58a	2.33
2014	S1 (100 kg da-1)	1.96d	2.03d	1.90d	1.93d	1.95
	S2 (0 kg da-1)	2.23c	2.50ab	2.44b	2.63a	2.45
İki Yıllık Ortalama	S1 (100 kg da-1)	1.88d	2.01cd	1.91d	1.91d	1.93
	S2 (0 kg da-1)	2.15c	2.43b	2.38b	2.60a	2.39

2014 EGF: 0.17 İki Yıllık Ort. EGF: 0.17

Çizelge 4.57’de kükürt ve bor uygulama etkileşimlerine bağlı olarak yaprak molibden içeriği değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir. Yaprak molibden içeriği açısından 2013 yılının kükürt x bor uygulama etkileşimleri istatistiksel olarak önemsiz bulunurken; 2014 ve iki yıllık ortalamaların kükürt x bor uygulama etkileşimleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.55). Çizelge 4.57’de

görüldüğü gibi 2013 yılında yaprak molibden içeriğinin kükürt x bor uygulama interaksyonları arasındaki farkları önemsizdir. Bununla birlikte 2014 yılındaki kükürt x bor uygulama interaksyonları önemli bulunmuştur. En yüksek kükür x bor uygulama interaksyonu S2xB4 uygulamasından (2.63 ppm) elde edilmiştir. En düşük uygulama interaksyonu değeri ise S1xB4 (1.93 ppm) uygulama interaksyonundan elde edilmiştir. İki yıllık ortalamaların kükürt x bor uygulama interaksyonları önemli bulunmuş olup en yüksek uygulama interaksyonu S2xB4 (2.60 ppm) uygulama iteraksyonundan elde edilmiştir. En düşük uygulama interaksyonu ise S1xB4 (1.88 ppm) uygulama interaksyonundan elde edilmiştir.

4.2.11. Mangan

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, yaprak mangan içeriği değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları, Çizelge 4.58'de verilmiştir.

Yaprak mangan içeriği varyans analizi sonuçlarına göre 2013 yılında kükürt ve bor uygulamasıyla birlikte kükürt x bor uygulama interaksyonu istatistiksel olarak $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

2014 yılında kükürt uygulaması istatistiksel olarak $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Bununla birlikte bor uygulaması ve kükürt x bor uygulama interaksyonu istatistiksel olarak $P \leq 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

İki yıllık ortalamalar açısından, kükürt ve bor uygulamasıyla birlikte kükürt x bor uygulama interaksyonu istatistiksel olarak $P \leq 0.01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.58. Yaprak mangan içeriğine ilişkin varyans analiz tablosu

V.K.	S.D.	2013			2014			İki Yıl Ortalaması		
		K. T.	K.O.	F değeri	K. T.	K.O.	F değeri	K. T.	K.O.	F değeri
Tekerrür	3	5.13	1.71	0.71	52.80	17.60	1.13	0.05	0.02	0.00
Kükürt	1	162.00	162.00	67.03**	250.04	250.04	16.00**	407.28	407.28	111.67**
Hata I	3	7.25	2.42		46.89	15.63		10.94	3.65	
Bor	3	72.38	24.13	14.12**	145.90	48.63	9.07*	202.96	67.65	11.70**
Kükürt *Bor	3	73.00	24.33	14.24**	157.06	52.35	9.77*	181.52	60.51	10.46**
Hata II	9	15.38	1.71		48.24	5.36		52.04	5.78	
Genel	22	335.13	216.29		700.93	389.62		854.80	544.89	
		2013 CV(S): 4.34 CV(B): 3.65			2014 CV(S): 10.68 CV(B): 6.25			İki Yıl Ort. CV(S): 5.24 CV(B): 6.60		

* p≤%5, **p≤%1.

Çizelge 4.59. Yıllara göre yaprak mangan içeriğine ilişkin saptanan ortalama değerler (ppm)

Uygulamalar	2013	2014	İki Yıllık Ortalama
Bor			
B1 (0 ppm)	34.25b	33.80b	34.02c
B2 (2.5 ppm)	35.00b	37.06ab	36.03b
B3 (5 ppm)	35.75b	37.45a	36.60b
B4 (15 ppm)	38.25a	39.79a	39.02a
EGF	1.30	2.53	1.29
Kükürt			
S1 (100 kg da ⁻¹)	33.56b	34.23b	33.89b
S2 (0 kg da ⁻¹)	38.06a	39.82a	38.94a
EGF	1.84	3.58	1.82
Genel Ortalama	35.81	37.02	36.42

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, yaprak mangan içeriğine ilişkin saptanan ortalama sonuçları Çizelge 4.59’da verilmiştir. Bor uygulamalarının yaprak mangan içeriği üzerine olan etkileri incelendiğinde; 2013 yılında bor uygulamalarının, yaprak mangan içeriği üzerine etkisi önemli bulunmuş olup bor uygulamalarından elde edilen mangan değerleri 38.25-34.25 ppm arasında değişim göstermiştir (sırasıyla B4 ve B1). B4 uygulaması ile B3 (35.75 ppm) ve B2 (35 ppm) uygulamalarının arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. 2014 yılında bor uygulamalarının yaprak mangan içeriği üzerine olan etkisi önemli bulunmuş olup en yüksek yaprak mangan içeriği 39.79 ppm olarak B3 düzeyinde; en düşük 33.80 ppm olarak B1 düzeyinde gözlenmiştir. Bor uygulamalarının B3(37.45 ppm) düzeyi ile B4 düzeyi arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. İki yıllık ortalamalar incelendiğinde ise bor uygulamalarının yaprak mangan içeriği üzerine olan etkisi önemli bulunmuştur. En yüksek yaprak mangan içeriği B4 düzeyinde 39.02 ppm olarak elde edilmiştir. En düşük

yaprak mangan içeriği ise 34.02 ppm olarak B1 düzeyinde elde edilmiştir. Bununla birlikte B3 (36.60 ppm) ve B2 (36.03 ppm) mangan değerleri arasındaki fark önemli bulunmamıştır.

Kükürt uygulamasının, yaprak mangan içeriği üzerine olan etkisi 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamalara göre önemli bulunmuştur. 2013 yılında kükürt uygulaması yapılan bloklardan (33.56 ppm) elde edilen yaprak mangan içeriği değerleri, kükürt uygulaması yapılmayan bloklardan (38.06 ppm) elde edilen mangan değerlerinden daha düşük bulunmuştur. 2014 yılında mangan değerleri, kükürt uygulanan bloklarda 34.23 ppm, kükürt uygulanmayan bloklarda ise 39.82 ppm olarak elde edilmiştir. İki yıllık ortalamalarda ise kükürt uygulaması yapılan ve yapılmayan bloklardan elde edilen yaprak mangan değerleri sırasıyla 33.89 ppm ve 38.94 ppm olarak saptanmıştır. Kükürt uygulaması genel olarak yaprak mangan içeriğini azaltmıştır.

Çizelge 4.60. Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre yaprak mangan değerlerinin karşılaştırılması (ppm)

Yıl		Ortalamalar				Ortalama
		B1 (0 ppm)	B2 (2.5 ppm)	B3 (5 ppm)	B4 (15 ppm)	
2013	S1 (100 kg da-1)	32.25d	33.50cd	35.00bc	33.50cd	33.56
	S2 (0 kg da-1)	36.25b	36.50b	36.50b	43.00a	38.06
2014	S1 (100 kg da-1)	32.72c	36.72bc	33.56c	33.92c	34.23
	S2 (0 kg da-1)	34.88c	37.40bc	41.34ab	45.66a	39.82
İki Yıllık Ortalama	S1 (100 kg da-1)	32.48e	35.11cd	34.28de	33.71de	33.89
	S2 (0 kg da-1)	35.56cd	36.95bc	38.92b	44.33a	38.94

2013 EGF: 2.60 2014 EGF: 5.07 İki Yıllık Ort. 2.57

Çizelge 4.60'da kükürt ve bor uygulama interaksyonlarına bağlı olarak yaprak mangan içeriği değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir. Yaprak mangan içeriği açısından 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamaların kükürt x bor uygulama interaksyonları

istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.58). Çizelge 4.60'da görüldüğü gibi 2013 yılında en yüksek yaprak mangan içeriğinin S2xB4 (43 ppm) uygulama interaksiyonundan elde edilmiştir. En düşük mangan içeriği değeri 32.25 ppm olarak S21xB1 uygulama interaksiyonundan elde edilmiştir. 2014 yılındaki kükürt x bor uygulama interaksiyonları önemli bulunmuştur. En yüksek kükür x bor uygulama interaksiyonu 45.66 ppm olarak S2xB4 uygulamasından elde edilmiştir. En düşük uygulama interaksiyonu değeri ise S1xB1 (32.72 ppm) uygulama interaksiyonundan elde edilmiştir. İki yıllık ortalamaların kükürt x bor uygulama interaksiyonları önemli bulunmuş olup en yüksek uygulama interaksiyonu S2xB4 (44.33 ppm) uygulama interaksiyonundan elde edilmiştir. En düşük uygulama interaksiyonu ise S1xB1 (32.48 ppm) uygulama interaksiyonundan elde edilmiştir.

Pamukta Mn konsantrasyonu 25-350 ppm değerleri arasında yeterli olarak kabul edilmektedir (Dordas, 2009). Bulgularımıza göre yaprak Mn içeriği normal sınırlar arasında bulunmaktadır. Bununla birlikte Anderson ve Boswell (1968), Joham ve ark. (1967)'nin kum kültüründe yetiştirilen pamuk yapraklarının Mn içeriklerinin 14-2000 ppm arasında değiştiğini ve bu konsantrasyon değerlerinden daha az yada daha fazla değerlerin, noksanlık veya toksisite belirtileri olarak anlaşılması gerektiğini bildirmişlerdir. Ahmed ve ark. (2011), 3 kg da⁻¹ bor uygulamasına bağlı olarak; pamukta yaprağındaki Mn içeriğinin % 12 oranında azaldığını bildirmişlerdir. Ahmed ve ark. (2008), pamukta 3 kg da⁻¹ düzeyine kadar uygulanan borun, yaprak Mn içeriğini arttırdığını; ancak, bunun üzerindeki uygulamalarda Mn yaprak içeriğini azalttığını belirtmişlerdir. Çalışmadaki pamuk yaprağındaki Mn içeriği, bütün uygulama dozlarında artış göstermiştir bu nedenle, araştırmacıların bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

4.2.12. Bakır

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, yaprak bakır içeriği değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları, Çizelge 4.61'de verilmiştir.

Yaprak bakır içeriği varyans analizi sonuçlarına göre 2013 yılında kükürt uygulaması istatistiksel olarak $P \leq 0.05$ düzeyinde önemli bulunurken; bor uygulaması

istatistiksel olarak $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Kükürt x bor uygulama interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

2014 yılında kükürt ve bor uygulamaları, kükürt x bor uygulama interaksyonu ile birlikte istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

İki yıllık ortalamalar açısından, kükürt ve bor uygulamaları istatistiksel olarak $P \leq 0.01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ancak, kükürt x bor uygulama interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.61. Yaprak bakır içeriğine ilişkin varyans analiz tablosu (ppm)

V.K.	S.D.	2013			2014			İki Yıl Ortalaması		
		K. T.	K.O.	F değeri	K. T.	K.O.	F değeri	K. T.	K.O.	F değeri
Tekerrür	3	1.24	0.41	0.05	30.84	10.28	1.38	20.53	6.84	0.45
Kükürt	1	4.74	4.74	0.59*	4.32	4.32	0.58	9.06	9.06	0.59**
Hata I	3	24.13	8.04		22.38	7.46		45.84	15.28	
Bor	3	41.47	13.82	22.05**	12.98	4.33	2.26	45.54	15.18	7.00**
Kükürt *Bor	3	0.38	0.13	0.20	0.71	0.24	0.12	0.68	0.23	0.10
Hata II	9	5.64	0.63		17.20	1.91		19.52	2.17	
Genel	22	77.59	27.77		88.44	28.54		141.17	48.76	
		2013 CV(S): 16.15 CV(B): 4.51			2014 CV(S): 16.34 CV(B): 8.27			İki Yıl Ort. CV(S): 22.81 CV(B): 8.59		

* p≤%5, **p≤%1.

Çizelge 4.62. Yıllara göre yaprak bakır içeriğine ilişkin saptanan ortalama değerler (ppm)

Uygulamalar	2013	2014	İki Yıllık Ortalama
Bor			
B1 (0 ppm)	16.84b	15.85	16.35c
B2 (2.5 ppm)	18.23a	16.85	17.54b
B3 (5 ppm)	19.04a	17.62	18.33a
B4 (15 ppm)	16.13b	16.55	16.34c
EGF	0.66	-	0.48
Kükürt			
S1 (100 kg da ⁻¹)	17.95a	17.08	17.51a
S2 (0 kg da ⁻¹)	17.18b	16.35	16.76b
EGF	0.93	-	0.68
Genel Ortalama	17.56	16.72	17.14

Çalışmada incelenen kükürt ve bor uygulamalarının, yaprak bakır içeriğine ilişkin saptanan ortalama sonuçları Çizelge 4.62’de verilmiştir. Bor uygulamalarının yaprak bakır içeriği üzerine olan etkileri incelendiğinde; 2013 yılında bor uygulamalarının, yaprak bakır içeriği üzerine etkisi önemli bulunmuş olup bor uygulamalarından elde edilen bakır değerleri 19.04-16.13 ppm arasında değişim göstermiştir (sırasıyla B3 ve B4). Bor uygulamaları arasında B1 (16.84 ppm) ve B4 arasındaki fark; B3 ile B2 (18.23 ppm) arasındaki fark gibi önemsiz bulunmuştur. 2014 yılında bor uygulamalarının yaprak bakır içeriği üzerine olan etkisi önemsiz bulunmuş olup bakır değerleri 15.85-17.62 ppm arasında değişiklik göstermektedir. İki yıllık ortalamalar incelendiğinde ise bor uygulamalarının yaprak bakır içeriği üzerine olan etkisi önemli bulunmuştur. En yüksek yaprak bakır içeriği B3 düzeyinde 18.33 ppm olarak elde edilmiştir. En düşük yaprak bakır içeriği ise 16.34 ppm olarak B4 düzeyinde

elde edilmiştir. Bununla birlikte B4 ve B1 (16.35 ppm) bakır değerleri arasındaki fark önemli bulunmamıştır.

Kükürt uygulamasının, yaprak bakır içeriği üzerine olan etkisi 2013 yılında ve iki yıllık ortalamalara göre önemli bulunurken; 2014 yılında önemsiz bulunmuştur. 2013 yılında kükürt uygulaması yapılan bloklardan (17.95 ppm) elde edilen yaprak bakır içeriği değerleri, kükürt uygulaması yapılmayan bloklardan (17.18 ppm) elde edilen bakır değerlerinden daha yüksek bulunmuştur. 2014 yılında bakır değerleri, 17.08-16.35 ppm arasında değişmiştir. İki yıllık ortalamalarda ise kükürt uygulaması yapılan ve yapılmayan bloklardan elde edilen yaprak bakır değerleri sırasıyla 17.51 ppm ve 16.76 ppm olarak saptanmıştır. Kükürt uygulaması genel olarak yaprak bakır içeriğini arttırmıştır.

Çizelge 4.63. Kükürt uygulamasına ve bor düzeylerine göre bakır içeriği değerlerinin karşılaştırılması (ppm)

Yıl		Ortalamalar				Ortalama
		B1 (0 ppm)	B2 (2.5 ppm)	B3 (5 ppm)	B4 (15 ppm)	
2013	S1 (100 kg da-1)	17.11cd	18.54ab	19.58a	16.56de	17.95
	S2 (0 kg da-1)	16.58de	17.92bc	18.50ab	15.71e	17.18
2014	S1 (100 kg da-1)	16.19bc	17.28ab	18.18a	16.69bc	17.08
	S2 (0 kg da-1)	15.51c	16.41bc	17.07ab	16.41bc	16.35
İki Yıllık Ortalama	S1(100 kg da-1)	16.65cd	17.91b	18.88a	16.63cd	17.51
	S2 (0 kg da-1)	16.04d	17.17bc	17.79b	16.06d	16.76

Çizelge 4.63'te yaprak bakır değerlerinin uygulamalara göre karşılaştırılması sunulmuştur. Yaprak bakır içeriği açısından 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamaların kükürt x bor uygulama interaksyonları istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.61). Çizelge 4.63'te görüldüğü gibi 2013, 2014 ve iki yıllık ortalamaların kükürt x bor uygulama interaksyonları arasındaki farklar önemsiz olarak tespit edilmiştir.

Mithchel va Baker (2000)'a göre pamuk yaprağındaki bakır içeriğinin erken çiçeklenmede 5-25 ppm bulunması yeterlidir. Bulgularımıza göre yaprak bakır içeriği normal sınırlar arasında bulunmaktadır. Ahmed ve ark. (2008) ve Ahmed ve ark. (2011) artan bor uygulamalarına bağlı olarak pamukta yaprak bakır içeriğinde artış olduğunu saptamışlardır. Bulgularımıza göre kükürt uygulaması bakır içeriğinin artmasına neden olmuştur. Bununla birlikte, bor için toksik doz kabul edilen B3 uygulama dozuna kadar bakır içeriği artış göstermiştir. Bu nedenle bulgularımız belirtilen yazarların bulguları ile benzerlik göstermektedir. Ancak B4 dozunda bakır içeriği tekrar azalma göstermiştir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Yapılan çalışmada, borun toksik dozlarda gerek kükürtlü gerekse de kükürtsüz uygulamaları, pamukta herhangi bir toksik etkiye neden olmamıştır. Bu durum deneme alanının toprak özellikleriyle ilgili olabilir. Bor toksisitesinin etkisini azaltan killi ve kalsiyum içeriği yüksek olan topraklarda; B gübrelenmesinin toksik dozlarının bulunması açısından yeni çalışmaların yapılması gereklidir.

B ve S uygulamaları ve uygulama interaksiyonlarının, yaprak makro ve mikro besin elementlerinin içeriği üzerine olan etkileri iki yıllık ortalamalara göre değerlendirilmiştir. N, P ve K, kükürt uygulamasından etkilenmemiştir. Kükürt uygulaması pamuk yapraklarının Ca, B, Mo ve Mn içeriklerinin azalmasına neden olmuştur; ancak, belirtilen mikro besin elementlerinin dışındaki mikro besin elementlerinin yapraktaki konsantrasyonları artmıştır. Bu nedenle Ca, B, Mo ve Mn içeriği yetersiz olan topraklarda yetiştirilen pamuğa, kükürt uygulaması yapılırken dikkatli davranmak gerekmektedir. B gübrelenmesi ve kükürt x bor uygulama interaksiyonu açısından ise genel bir yargıda bulunmak güçtür. İncelenen özelliklere göre elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

Kükürtsüz uygulama kütlü pamuk verimini arttırmıştır. Kükürtsüz x 2.5 ppm bor (S2xB2) uygulama interaksiyonundan en yüksek kütlü pamuk verimi elde edilmiştir.

Kükürtsüz uygulama çırçır randımanını arttırmıştır. Bor uygulaması da 2.5 ppm (B2) düzeyinde çırçır randımanının artmasına neden olmuştur. Kükürt x kontrol uygulama (0 ppm B) interaksiyonu (S1xB1) çırçır randımanını arttırmıştır.

Lif inceliği, kontrol bor uygulaması (0 ppm B) lif inceliğini azaltmıştır. Kükürt x 15 ppm bor uygulama interaksiyonu (S1xB4) lif inceliğini azaltmıştır.

Kükürtsüz uygulama lif uzunluğunu arttırmıştır.

Ortalama lif uzunluk uyumu indeksi (lif yeknesaklığı) 5 ppm bor uygulamasında artış (B3) göstermiştir. Kükürtsüz x 15 ppm (S2xB4) uygulama interaksiyonunda en yüksek ortalama lif uzunluk indeksi elde edilmiştir.

Lif kopma dayanıklılığı, 5 ppm bor (B3) uygulanan parsellerde artış göstermiştir.

Lif olgunluğu açısından kontrol bor uygulaması (0 ppm) (B1), en iyi lif olgunluğunu sağlamıştır.

Lif elastikiyeti, kontrol bor uygulaması (0 ppm bor) (B1) uygulanan parsellerde artış göstermiştir.

Kısa lif oranı, kükürt ve bor uygulamalarından etkilenmemiştir.

B ve S uygulamaları ve uygulama interaksiyonlarının yaprak makro ve mikro besin elementleri üzerine olan etkisi iki yıllık ortalamalara göre değerlendirilmiştir. Kükürt uygulaması Ca, B, Mo ve Mn içeriğinde azalmaya neden olmuştur. N, P ve K kükürt uygulamasından etkilenmemiş; ancak, bunun dışındaki mikro besin elementlerinin içeriği artmıştır. Bu nedenle Ca, B, Mo ve Mn içeriği yetersiz olan topraklarda yetiştirilen pamuğa, kükürt uygulaması yapılırken dikkatli davranmak gerekmektedir. B gübrelemesi açısından ve kükürt ve bor uygulama interaksiyonu açısından ise genel bir yargıda bulunmak güçtür. İncelenen bitki besin elementlerine göre elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

Azot içeriği açısından, 15 ppm (B4) bor uygulaması azot içeriğini arttırmıştır. Diğer bor uygulamaları arasındaki azalış ve artışlar olsa da bu dalgalanmalar önemsiz bulunmuştur.

Yaprak P içeriği 2.5 ppm (B2) ve 5 ppm (B3) düzeyinde artış göstermiştir. 15 ppm (B4) bor ve kontrol bor (0 ppm bor) (B1) uygulamalarında fosfor içeriği azalmıştır. Kükürt x 15 ppm bor (B3) uygulaması interaksiyonu (S1xB4) yaprak bor içeriğini arttırmıştır.

Bor uygulaması 2.5 ppm (B2) düzeyinde, diğer uygulamalara göre yaprak potasyum içeriğini arttırmıştır. Kükürtsüz x2.5 ppm uygulama interaksiyonu (S2xB2) yaprak fosfor içeriğini arttırmıştır.

Kükürtsüz uygulamada yaprak kalsiyum içeriği artış göstermiştir. Bununla birlikte kontrol bor uygulaması (0 ppm bor) (B1) hariç; diğer bor uygulamalarının her üç düzeyinde kalsiyum içeriği artış göstermiştir. Kükürt ve 15 ppm bor uygulama interaksiyonunda (S1xB4) en yüksek yaprak kükürt içeriği elde edilmiştir.

Mg içeriği, kükürt uygulaması ile birlikte artmıştır. 2.5 ppm (B2) düzeyinde en fazla Mg içeriği saptanmıştır. 5 ppm (B3) düzeyindeki bor uygulamasının, B2

uygulamasından farkı bulunmamakla birlikte; B4 düzeyinde Mg içeriği azalmıştır. Kükürt x 2.5 ppm bor uygulamasından (S1xB2) en yüksek Mg içeriği elde edilmiştir.

Kükürt uygulaması, yaprak bor içeriğinin azalmasına neden olmuştur. En yüksek bor içeriği, 15 ppm (B4) uygulamasından elde edilmiştir. Kükürtsüz x 15 ppm (S2xB4) uygulama interaksyonu en yüksek bor içeriğinin elde edildiği interaksyon olmuştur.

Fe içeriği, kükürt uygulaması ile birlikte artmıştır. 2.5 ppm (B2) düzeyinde demir içeriği artışı meydana gelirken; bu artış ile 15 ppm (B4) uygulaması ile benzer etki yapmıştır.

Zn içeriği, kükürt uygulamasıyla artış göstermiştir. 5 ppm (B3) dozunda ve kükürtsüz x 5 ppm uygulama interaksyonunda (S2xB3) yaprak kükürt içeriği artış göstermiştir.

Mo içeriği, kükürt uygulamasıyla azalmıştır. Bor uygulaması açısından, B4 yani 15 ppm bor uygulaması Mo içeriğinde en fazla artışa neden olmuştur. Kükürtsüz x 15 ppm bor uygulama interaksyonu (S2xB4) en yüksek Mo içeriğinin elde edildiği uygulama olmuştur.

Mn içeriği, kükürtsüz uygulamada artış göstermiştir. Bor uygulaması yönünden 15 ppm bor uygulaması (B4) Mn içeriğinde en fazla artışa neden olmuştur. Kükürtsüz x 15 ppm bor uygulama interaksyonu (S2xB4) en yüksek Mn içeriğinin elde edildiği uygulama olmuştur.

Bakır içeriği, kükürt uygulamasıyla birlikte artış göstermiştir. En yüksek bakır içeriği B3 (5 ppm) uygulamasından elde edilmiştir. B4 uygulamasında bakır içeriği en düşük seviyede elde edilmiştir.

6. KAYNAKLAR

- Ahmed, N., Abid, M., Ahmad, F., 2008. Boron toxicity in irrigated cotton (*Gossypium hirsutum L.*).Pak. J. Bot., 40(6): 2443-2452.
- Ahmed, N., Abid, M., Ahmad, F., Amanullah, M., Javaid, Q., Ali, M., A. 2011. Impact of boron fertilization on dry matter production and mineral constituent of irrigated cotton. Pak. J. Bot., 43(6): 2903-2910.
- Ahmed, N., Abid, M., Rashid, A., Ali, M., A., Amanullah, M. 2013a. Boron requirement of irrigated cotton in a typic haplocambid for optimum productivity and seed composition. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 44:1293–1309.
- Ahmed, N., Ahmad, W., Zia, M., H.; Malhi, S., S. 2013b. Relationship of soil extractable and fertilizer boron to some soil properties, crop yields, and total boron in cotton and wheat plants on selected soils of Punjab, Pakistan. Journal of Plant Nutrition, 36:3, 343-356.
- Alıcı, Y., Öncel, I 2008. Buğdayda bor toksisitesi ile fosfor arasındaki etkileşimin büyüme ve çözünür karbonhidratları ile ilişkisinin incelenmesi.C.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi, Fen Bilimleri Dergisi Cilt 29(1):29-46.
- Anderson, O., E., Boswell, F., C. 1968. Boron and manganese effects on cotton yield, lint quality, and earliness of harvest. Agronomy Journal, Vol. 60.
- Anonim, 1951. Soil survey staff, soil survey manual. Agricultural Research Administration, U.S. Dept. Agr. Handbook, No. 18.
- Anonim, 2015a www.temyad.com/app/kullanici-dosyalari/PAMUK%202.pdf
- Anonim, 2015b.<http://izladas.com.tr/Sayfa/8-hvi-m-1000-tarafindan-olculen-fiziksel-ozellikler>
- Ashraf, M., Foolad, M., R. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance Environmental and Experimental Botany. 59: 206–216.
- Bañuelos, G., S., Mackey, B., Cook, C., Akohoue, S., Zambruski, S., Samra, P. 1996. Response of cotton and kenaf to boron-amended water and soil. Crop Science 36:158–164.

- Barrett, M., J., Zhang, H., Schroder, J., L., Bushong, J., A., Boyles, M. 2014. Soil testing determines the lack of sulfur response in canola grown in Oklahoma. *Crop Management* doi:10.1094/CM-2012-0621-01-RS.
- Bashir, H., Ahmad, J., Bagheri, R., Nauman, M., Quershi, M., I., 2013. Limited sulfur resource forces *Arabidopsis thaliana* to shift towards non-sulfur tolerance under cadmium stress. *Environmental and Experimental Botany*, 94:19– 32.
- Bastias, E. , Lopez, C., A., Bonilla, I., Ballesta, M., C., M., Bolanos, L., Carvajal, M. 2010. Interactions between salinity and boron toxicity in tomato plants involve apoplastic calcium. *Journal of Plant Physiology*, 167:54–60.
- Bednarz, C. W. Hopper, N. W. Hickey, M. G. 1999. Effects of foliar fertilization of Texas southern high plains cotton: leaf phosphorus, potassium, zinc, iron, manganese, boron, calcium, and yield distribution. *Journal of Plant Nutrition*, 22:6, 863-875.
- Berger, K. C. and E. Truog. 1939. Boron determination in soils and plants. *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.* 11:540-545.
- Birnbaum E., H., Beasley, C., A., Dugger, W., M., 1974. Boron deficiency in unfertilized cotton (*Gossypium hirsutum*) ovules grown in vitro. *Plant Physiol* 54: 931-935.
- Birnbaum E., H., Dugger, W., M., Beasley, C., A., 1977. Interaction of boron with components of nucleic acid metabolism in cotton ovules cultured in vitro. *Plant Physiol.*, 59: 1034-1038.
- Black, C. A. 1957. *Soil – Plant Relationships*. John wiley and Sons Inc., New York.
- Black, C. A. 1965. *Methods of soil snalysis. Part II.*, Amer. Soc. of Agronomy Inc., Publisher, Madison, Wisconsin, U. S. A., 1372-1376.
- Blevins, D., G., Lukaszewski, K., M. 1994. Proposed Physiologic Functions of Boron in Plants Pertinent to Animal and Human Metabolism. *Environmental Health Perspectives. Volume: 102, Supplement, 7.*
- Blevins, D., G., Lukaszewski, K., M. 1998. Boron in plant structure and function. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 49:481–500
- Bogiani, J., C., Amaro E., A. C., Rosolem, C., A. 2013. Carbohydrate production and transport in cotton cultivars grown under boron deficiency. *Science Agricola*, V: 70, No:6, 442-448.

- Bogiani, J., C., Rosolem, A. 2012. Compared boron uptake and translocation in cotton cultivars. *R. Bras. Ci. Solo*, 36: 1499-1506.
- Bogiani, J., C., Sampaio, T. F., Abreu-Junior, C. H., Rosolem, C. A. 2014. Boron uptake and translocation in some cotton cultivars. *Plant Soil*, 375:241–253.
- Bolaños, L. Lukaszewski, K. Bonilla, I., Blevins, D. 2004. Why boron? *Plant Physiology and Biochemistry*, 42, 907–912.
- Bolwell, G., P., 1999. Role of active oxygen species and NO in plant defence responses. *Current Opinion in Plant Biology*, 2:287-294
- Bouyoucus, G. J., 1951. A calibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soils. *Agronomy Journal* Vol: 4, No: 9-434.
- Breusegem, F., V., Vranova, E., Dat, J., F., Inze, D., 2001. The role of active oxygen species in plant signal transduction. *Plant Science* 161:405–414
- Brown P. H., Hu H. 1994. Boron uptake by sunflower, squash and cultured tobacco cells. *Physiologia Plantarum* 91, 435-41.
- Brown, P. H. Bellaloi, N Wimmer, Bassil E. S. Ruiz, J. Hu, H. Pfeffer, H. Dannel, F. Römheld, V. 2002. M. A. Boron in Plant Biology. *Plant Biology* 4: 205-223
- Brown, P.H., Hu, H., Roberts, W.G., 1998. Redefining boron toxicity symptoms in some ornamentals. *Slosson Report*, 95–98.
- Bukarlı, M., N. 2007. Diyarbakır koşullarında kükürt uygulanmasının pamuğun verim ve kalite özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 79.
- Carvalho, M. H. C. 2008. Drought stress and reactive oxygen species-production, scavenging and signaling. *Plant Signaling & Behavior* 3:3, 156-165.
- Corrales, I., Poschenrieder, C., Barcelo, J. 2008. Boron-induced amelioration of aluminium toxicity in a monocot and a dicot species. *Journal of Plant Physiology* 165 : 504-513.
- Cristobal J. J. C., Rexach J. M. Rodríguez B. H., M. Gochicoa T. N. Fontes A. G. 2011. Boron deficiency and transcript level changes. *Plant Science* 181: 85–89
- Cristobal, C., J., J. Begona, Rodriguez, H., M., Beato, V., M., Rexach, J., Gochicoa, N., M., T., Maldonado, J., M., Fontes, G., 2008. The expression of several cell wall-related genes in Arabidopsis roots is down-regulated under boron deficiency. *Environmental and Experimental Botany*, 63: 351–358.

- Cristobal, J., J., C., Maldonado, M., Fontes, A., G.: 2005. Boron deficiency increases putrescine levels in tobacco plants. *Journal of Plant Physiology* 162:921-928.
- Crusciol, C., A., C., Nascente, A., S., Soratto, R., P., Rosolem, C., A. 2012. Upland rice growth and mineral nutrition as affected by cultivars and sulfur availability. *Soil Sci. Soc. Am. J.*77:328–335.
- Çağlar, K. Ö. 1958. Toprak bilgisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. No. 10, s. 286.
- Dannel, F., Pfeffer, H., Romheld, V., 2002. Update on boron in higher plants – uptake, primary translocation and compartmentation. *Plant Biol.* 4, 193–204.
- Davis, C., R., Morgan, G., W., Howell, D., R., 1965. Sulphur dioxide fumigation of cotton and its effect on fiber quality. *Agronomy Journal* 57(3):250-251.
- Davis, R. R. 1969. Nutrition and fertilizers. *Agronomy Monograph, Turfgrass Science*, 14:130-150.
- Dell, B., Huang, L. 1997. Physiological response of plants to low boron (Chapter 8). *Plant and Soil* 193: 103–120.
- Demiray, H. Dereboylu, A. E. 2013. Effects of excess and deficient boron and niacin on the ultrastructure of root cells in *Daucuscarota* cv. Nantes. *Turkish Journal of Botany*, 37: 160-166.
- Devi, K., N., Singh L., N., K., Singh, M., S., Singh, S., B., Singh, K., K., 2012. Influence of sulphur and boron fertilization on yield, quality, nutrient uptake and economics of soybean (*glycine max*) under upland conditions. *Journal of Agricultural Science*, Vol. 4, No: 4; 1-10.
- Dible, W., T., Truog, E., Berger, K., C. 1954. Boron determination in soils and plants. *Analytical Chemistry*, 26:2, 418-42.
- Dick, W., A., Kost, D., Chen, L., 2008. Availability of sulfur to crops from soil and other sources: a missing link between soils, crops, and nutrition (Chapter 5). *Agronomy Monograph*, 50.
- Dordas, C. 2006: Foliar boron application affects lint and seed yield and improves seed quality of cotton grown on calcareous soils. *Nutr Cycl Agroecosyst*, 76:19–28.
- Dordas, C. 2009. Foliar application of manganese increases seed yield and improves seed quality of cotton grown on calcereous soils. *Journal of Plant Nutrition*. 32:1, 160-176.

- Duke, S., H., Reisenauer, H., M. 1986. Roles and requirements of sulfur in plant nutrition. Sulfur in Agriculture, Agronomy Monograph, No: 27.
- Dumas A. 1826. Annales de chimie, 33, 342.
- Dunn, D.J., Stevens, G., Rhine, M., Phillips, A.. 2008. Cotton lint yield response to sulfur fertilization. Proc. Beltwide Cotton Conf., Nashville, TN. 8–11. Natl. Cotton Council of Am., Memphis, TN.
- Efe, L., Yarpuz, E. 2011. The effect of zinc application methods on seed cotton yield, lint and seed quality of cotton (*Gossypium hirsutum L.*) in east Mediterranean region of Turkey. African Journal of Biotechnology Vol. 10(44), pp. 8782-8789.
- El-Kader, A., Mona, G. 2013. Effect of sulfur application and foliar spraying with zinc and boron on yield, yield components, and seed quality of peanut (*Arachis hypogaea L.*). Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 9(4): 127-135.
- Elliott, H. B., Beasley, C. A., Dugger, W. M. 1974: Boron deficiency in unfertilized cotton. PlantPhysiol.,54, 931-935
- Ergle, D., R., Eaton, F., M. 1951. Sulphur nutrition of cotton. Plant Physiology, Volume 26:4, 639-654.
- Evliya, H. 1960. Kültür bitkilerinin beslenmesi. A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, 36. Ders Kitabı, 17. A. Ü. Basımevi.
- Fageria N., K., Baligar, V., C., Jones, C., A. 2011. Growth and mineral nutrition of field crops. CRC Press Taylor & Francis Group, Florida, USA
- Fleischer, A., O'Neill, M. A., Ehwald, R. 1999. The pore size of non-graminaceous plant cell walls is rapidly decreased by borate ester cross-linking of the pectic polysaccharide rhamnogalacturonan II. Plant Physiology, 121: 829–838
- Fontes, R. L. F. Medeiros, J. F. Neves, J. C. L. Carvalho, O. S. Medeiros, J. C. 2008. Growth of Brazilian cotton cultivars in response to soil applied boron. Journal of Plant Nutrition, 31:5, 902-918.
- Fox, R. L., R. A. Olson, and H. F. Rhoades. 1964. Evaluating the sulfur status of soils by plants and soil tests. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 28: 243-246.
- Fox, R., L., Blair, G., J. 1986. Plant response to sulfur in tropical soils, 15. sulfur in agriculture. Agronomy Monograph, No. 27.

- Franzen, D., Grant, C., A. 2008. Sulfur response based on crop, source, and landscape position. Sulfur: A Missing Link between Soils, Crops, and Nutrition. Agronomy Monograph, 50.
- Ganie, M., A., Akhter, F., Najar, G., R., Bhat, M., A. 2014. Influence of sulphur and boron supply on nutrient content and uptake of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under inceptisols of North Kashmir. African Journal of Agricultural Research, Vol. 9(2), pp. 230-239.
- Ghosh A. K., Rai, R. K., Saxena, Y. R. and Shrivastava, A. K., 1990. Effect of sulphur application on the nutritional status, yield and quality of sugarcane. J. Indian Soc. Soil Sci. 38: 73-76.
- Gobi, R. Vaiyapuri, V. 2012. Effect of sulphur and micronutrients (zinc and boron) on growth, yield, attributes and quality of cotton. International Journal of Current Research. Vol. 4, Issue, 11, pp. 357-359.
- Goldberg, S. 1997. Reactions of boron with soils (Chapter 3). Plant and Soil 193: 35–48, 1997. 35.
- Goldberg, S. Corwin, D. L. Shouse, P. J. Suarez, D.L. 2005. Prediction of boron adsorption by field samples of diverse textures. SoilSci. Soc. Am. J. 69:1379–1388.
- Goldberg, S. Shouse, P. J. Lesch, S. M. Grieve, C. M. Poss, J. A. Forster, H. S. Suarez, D. L. 2002. Soil boron extractions as indicators of boron content of field grown crops. Soil Science, Vol. 167, No: 11.
- Goldberg, S., Forster, H., S. 1991. Boron sorption on calcareous soils and reference calcites. Soil Science, Vol: 152, No:4, 304-310.
- Goldberg, S., Forster, H., S., Heick, E., L. 1993. Temperature effects of boron adsorption by reference minerals and soils. Soil Science, Vol: 156, No: 5, 316-321.
- Goldberg, S., Forster, H., S., Lesch, S., M., Heick, E., L. 1996. Influence of onion competition on boron adsorption by clays and soils. Soil Science, Vol: 161, No:2, 99-103
- Görmüş, Ö. 2005: Interactive effect of nitrogen and boron on cotton yield and fiber quality. Turk J Agric For, 29, 51-59.

- Görmüş, Ö. 2014. Cotton yield response to sulfur as influenced by source and rate in Çukurova region, Turkey. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 9 (1):68-76.
- Guertal, E. A. Abaye, A. O. Lippert, B. M. Gascho, G. J. Miner G. S. 1998. Boron uptake and concentration in cotton and soybean as affected by boron source. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 29:19-20, 3007-3014.
- Gunes, A., Soylemezoglu, G., Inal, A., Bagci, E., G., Coban, S., Sahin, O. 2006. Antioxidant and stomatal responses of grapevine (*Vitis vinifera* L.) to boron toxicity. Scientia Horticulturae 110: 279–284.
- Hake, J., Hake, K., D., Kerby, A. 1996. Preharvest/harvest decisions (Chapter 8). Cotton Production Manual. University of California Division of Agriculture and Natural Resources, 3352, California.
- Halvin, J.L. and Soltanpour, P.N., 1980. A nitric acid plant tissue digest method for use with inductively coupled plasma spectrometry. Com. Soil Sci. And Plant Anal., 11:969-80
- Han S., Tang, N., Jiang, H., Yang, L., Li, Y., Chen, L. 2009. CO₂ assimilation, photosystem II photochemistry, carbohydrate metabolism and antioxidant system of citrus leaves in response to boron stress. Plant Science 176:143–153.
- Han, S., Chen, L., Jiang, H., Smith, R. B., Yang, L., Xie, C. 2008. Boron deficiency decreases growth and photosynthesis, and increases starch and hexoses in leaves of citrus seedlings. Journal of Plant Physiology, 165: 1331—1341
- Haneklaus, S., Bloem, E., Hayfa, S., Schnug, E. 2005. Influence of elemental sulphur and nitrogen fertilization on the concentration of essential micronutrients and heavy metals in *Tropaeolum majus* L.. Landbauforschung Völkendrode, Special Issue, 286: 25-36.
- Hardulak, L., A., Preuss, M., L., Jez, J., M. 2011. Sulfur metabolism as a support system for plant heavy metal tolerance p. 289-303. In: Sheramti, I. and Varma, A. ed. Detoxification of heavy metals. Soil Biology, Vol: 30.
- Harite, Ü. 2008. Pamukta bor toksisitesine dayanıklılık. Yüksek Lisans Tezi, Adanan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın, 74.
- Harter, R. 1991. Function of micronutrients in plants (Chapter 3) . Micronutrients in Agriculture, 2nd ed.-SSSA Book Series, No: 4.

- Hegde, R., R., Dahiya, A., Kamath, M., G. 2004. Cotton fibers. (Updated version).
Erişim: [<http://www.engr.utk.edu/mse/pages/Textiles/Cotton%20fibers.htm>]
Erişim Tarihi: 26.02.2015
- Heitholt, J., J. 1994. Supplemental boron, boll retention percentage ovary carbonhydrates, and lint yield in modern cotton genotypes. *Agron J.*, 86:492-497.
- Hernandez, J., A., Omos, E., Corpas, F., J., Sevilla, F., Rio, L., A.,1995. Salt-induced oxidative stress in chloroplasts of pea plants. *Plant Science* 105: 151-167.
- Herrera-Rodriguez H., M. B. Fontes, A. G.,Rexach, J. Camacho-Cristobal, J.J., Maldo, J. M. Navarro-Goechicoa, M. T. 2010. Role of boron in vascular plants and response mechanisms to boron stresses. *Plant Stress*, (Spesical Issue 2), 115-122.
- Hoefgen, R., Hesse, H. 2008. Sulfur and cysteine metabolism. *Sulfur: A Missing Link between Soils, Crops, and Nutrition. Agronomy Monograph*, Chapter, 8-50, 83-104.
- Hoefst, R., G., Fox, R., H. 1986. Plant response to sulfur in the midwest and northeastern united states. *Sulfur in Agriculture, Agronomy Monograph* No: 27.
- Hong-bo, S., Li-ye, C., Ming-an, S., Jaleel, C., A., Hong-mei, M. 2008. Higher plant antioxidants and redox signaling under environmental stresses. *C. R. Biologies*, 331: 433–441.
- Howard, D., D., Gwathmey, C., O., Sams, C., E., 1998. Foliar feeding of cotton: evaluating potassium sources, potassium solution buffering, and boron. *Agron. J.* 90:740–746.
- Hu, H., Brown, P., H., Labavitch, J. 1996. Species variability in boron requirement is correlated with cell wall pectin. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 47, No. 295, pp. 227-232.
- Inze, D., Van Montagu, M. 1995. Oxidative stress in plants. *Current Opinion in biotechnology*. 6, 153-158
- Ishii, T.,Matsunaga, T., Hayashi, N., 2001. Formation of rhamnogalacturonan II- borate dimer in pectin determines cell wall thickness of pumpkin tissue. *Plant Physiol.*, 126, 1698–1705.

- Islam, M., Akmal, M., Khan, M., A., 2013. Effects of phosphorous and sulphur application on soil nutrient balance under chickpea monocropping. Romanian Agricultural Research, No: 30.
- Jackson, M. L. 1958. Soil chemical analysis. Prentice – Hall, Inc., Englewood Cliffs, N. J.
- Jamal, A., Moon, Y., Abdin, M., Z., 2010. Sulphur -a general overview and interaction with nitrogen. Australian Journal of Crop Science. 4(7), 523-529.
- Jeschke, M., Dieckhoff, K. 2014. Crop Insights: Sulfur Fertility for Crop Production. Pioneer. Erişim: [https://www.pioneer.com/home/site/us/agronomy/library/template.CONTENT/guid.7786411D-9BC0-C084-8A66-CC7BE3A9C8E9] Erişim Tarihi: 27.10.2014.
- Joham, H., E., Amin, J., V.1967. The influence of foliar and substrate application of manganese on cotton.Plant and Soil, 1967, Volume 26, Number 2, 369-379.
- Jordan, H., V., Ensminger, L., E. 1958. The role of sulphur in soil fertility., Adv.Agron.,10: 408–32.
- Kacar, B. 2012. Temel bitki besleme. Nobel Yayınları, 206:18, İstanbul
- Kacar, B., İnal, A. 2008. Bitki analizleri. Nobel Yayınları.
- Kacar, B., Katkat, A. V. 2009. Bitki besleme. Nobel Yayınları, No: 849, Ankara.
- Kaisher, M., S., Rahman, M., A., Amin, M., H., A., Amanullah, A., S., M., Ahsanullah, A., S., M. 2010. Effects of sulphur and boron on the seed yield and protein content of mungbean. Bangladesh Reseach Publicationns Journal, Volume: 3, Issue: 4, Page: 1181-1186.
- Karabal, E., Yücel, M., Öktem, H., A. 2003. Antioxidant responses of tolerant and sensitive barley cultivars to boron toxicity. Plant Science, 164:925-933
- Karthikeyan, K. Shukla, L., M 2008. Effect of boron – sulphur interaction on their uptake and quality parameters of mustard (*Brassica juncea L.*) and sunflower (*Helianthus annuus L.*). Journal of the Indian Society of Soil Science, Vol. 56, No. 2, pp 225-230.
- Karthikeyan, K. Shukla, L., M. 2011. Different forms of boron and sulphur and their effect on Band S contents in mustard (*Brassica juncea L.*) and sunflower (*Helianthus ann us L.*). Agropedology, 21 (1), 28-34.

- Kaya, C., Tuna, A., T., Dikilitaş, M., Ashraf, M., Koskeroglu, S., Guneri, M. 2009. Supplementary phosphorus can alleviate boron toxicity in tomato. *Scientia Horticulturae* 121: 284–288.
- Kellog, E. C. 1952. *Our garden soils*. The Macmillon Company New York, 92.
- Keren, R. 1996. Boron (Chapter 21). *Methods of soil analysis, part 3. Chemical Methods-SSSA, Book Series no. 5*.
- Khurana, M., P., S., Sadana, U., S., Singh, B., 2008. Sulfur nutrition of crops in the Indo-gangetic plains of south Asia. *Sulfur: A missing link between soils, crops, and Nutrition. Agronomy, Monograph 50*.
- Klose, S., Bilen, S., Tabatabai, M. A., Dick, A., W. 2011. Sulfur cycle enzymes (Chapter 7). *Methods of Soil Enzymology*. Editor; Dick, R. P. *Methods of Soil Enzymology. SSSA Book Series. No: 9*.
- Kopáček, J., Hejzlar, J., Porcal, P., Posch, M., 2014. Sulphate leaching from diffuse agricultural and forest sources in a large central European catchment during 1900–2010. *Science of the Total Environment*, 470–471:543–50.
- Lakkineni, K., C. and Abrol, Y. P., 1994, Sulphur requirement of rape seed, mustard, peanut and wheat: a comparative assessment. *J. Agron. Crop Sci.* 169: 281–285.
- Lancaster, J., D., Murphy, B., C., Hurt, B., C., Arnold, B., L., 1962. Boron now recommended for cotton. *Missisipi Agr. Exp. Sta. Bul.* 635.
- Lehto, T. Ruuhola, T. Dell, B. 2010. Boron in forest trees and forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 260, 2053–2069.
- Liaqat, A., Mustaq, A., Qamar, M. 2011. Effect of Zn and B on seed cotton yield effect of foliar application of zinc and boron on seed cotton yield and economics in cotton-wheat cropping pattern. *Journal of Agricultural Research*; Vol. 49, Issue 2, p173.
- Lindsay, W. L., Norvell, W. A. 1978. Development of a DTPA Soil Test for Zn, Fe, Mn and Cu. *Soil Amer. J.* 42 (3): 421 – 428.
- Lordkaew, S., Konsaeng, S., Jongjaidee, J., Dell, B., Rerkasem, B., Jamjod, S., 2013. Variation in responses to boron in rice. *Plant Soil*, 363:287–295
- Lordkaew, S., Dell, B., Jamjo, S., Rerkasem, B. 2011. Boron deficiency in maize. *Plant Soil.* 342:207–220.

- Loue, A. 1968. Diagnostic petiolaire de prospection. Etudes sur la nutrition et la fertilisation potassiques de la vigne. Societe Commerciale des Potasses d'Alsace Services Agronomiques, P. 31 – 41.
- Mahajan, S., Tuteja, N. 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 444: 139–158
- Mahler, R.,J. 1989. Sulfur effects on cotton cultivars grown in a greenhouse. *J. Plant Nutr.* 12:187–206.
- Majidi, A., Rahnemaje, R., Hassani, A., Malakouti, M., J. 2010. Adsorption and desorption processes of boron in calcareous soils. *Chemosphere* 80 (2010) 733–739.
- Makhdum, M., I., A.Malik, M., N., Chaudhry, F., I., Din, A.,S.2001. Effects of gypsum as sulphur fertilizer in cotton. *Int. J. Agri. Biol.*, Vol. 3: No:4, 375-377.
- Mamatha, N., 2007. Effect of sulphur and micronutrients (Iron and Zinc) on yield and quality of cotton in a vertisol, Master of Science (Agriculture), College of Agriculture, Dharwad University of Agricultural Sciences, India.
- Marschner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, San Diego, California, USA.
- Mathew, J., George, S. 2012. Sulphur and boron influences soil quality indicators in a typical entisol. *Asian Journal of Soil Science*, Volume: 7, Issue: 1, 104-109.
- Matoh, T. 1997. Boron in plant cell walls (Chapter 5). *Plant and Soil* 193: 59–70.
- Matoh, T.,and M. Kobayashi. 1998. Boron and calcium, essential inorganic constituents of pectic polysaccharides in higher plant cell walls. *Journal of Plant Research* 111: 179–190.
- Mei, L., Shenga, O., Penga, S., Zhoua, G., Weia, Q., Li Q. 2011. Growth, root morphology and boron uptake by citrus rootstock seedlings differing in boron-deficiency responses. *Scientia Horticulturae* 129: 426–432.
- Mitchell, C., C., Baker, W., H. 2000. Cotton. Editör: Campbell, C., R., Reference sufficiency ranges for plant analysis in the southern region of the United States, Southern Cooperative Series Bulletin, 15-19, No: 394, Raleigh, N. C., USA.
- Moraghan, J. T. Mascagni, H. J. JR. 1991. Environmental and soil factors affecting micronutrient deficiencies and toxicities (Chapter 11). *Micronutrients in Agriculture*, 2nd ed.-SSSA Book Series, No: 4.

- Mullins, G., L. 1998. Cotton response to the rate and source of sulfur on a sandy Coastal Plain soil. *J. Prod. Agric.* 11:214–218.
- Nable, R., O., Banuelos, G., S., Paull, J., G., 1997. Boron toxicity. *Plant and Soil* 193: 181–198.
- Nadian, H., Najarzadegan, R., Saeid, K., A., Gharineh, M., H., Siadat, A., 2010. Effects of boron and sulfur application on yield and yield components of brassica napus 1. In a calcareous soil. *World Applied Sciences Journal* 11 (1): 89-95.
- Nasseem, M., G., Nasrallah, A., K. 1981. The effect of sulfur on the response of cotton to urea under alkali soil conditions. *Plant and Soil* 62, 255-263.
- Odunze, A. C. Mando, A. Sogbedji J., Ishiaku, Y. A. Bitrus, D. T. Ado, A. Y. Abu, S. Bello, H. 2012. Moisture conservation and fertilizer use for sustainable cotton production in the sub-humid savanna zones of Nigeria. *Archives of Agronomy and Soil Science*. Vol. 58, No. S1, S190–S194.
- Oliveira, R. H. Milanez, C. R. D. Moraes-Dallaqua, M. A. Rosolem C. A. 2006. Boron deficiency inhibits petiole and peduncle cell development and reduces growth of cotton. *Journal of Plant Nutrition*. 29: 2035–2048.
- Olsen, S. R., Sommers, E. L. 1982. Phosphorus availability indices. Phosphorus soluble in sodium bicarbonate. *Methods of Soil Analysis. Part II. Chemical and Microbiological Properties*. Editors: A. L. Page, R. H. Miller, D. R. Keeney, p. 404 – 430.
- Papadakis, I., E., Dimassi, K., N., Bosabalidis, A., M., Therios, I., N., Patakas, A., Giannakoula, A. 2004. Effects of B excess on some physiological and anatomical parameters of ‘Navelina’ orange plants grafted on two rootstocks. *Environmental and Experimental Botany*, 51:247–257.
- Pizer, N. H. 1967. Some advisory aspect. soil potassium and magnesium. *Tech. Bull.* No. 14 : 184.
- Qi, B. Z., 1989, The effect of sulphur nutrition on some physiological parameters in relation to carbon and nitrogen metabolism wheat and maize. *Acta Agron. Sin.* 15: 31-35.
- Quilchano, C., Haneklaus, S., Gallardo, J. F., Schnug, E., Moreno, G., 2002. Sulphur balanc in a broadleaf, non-polluted, forest ecosystem (central-wstern Spain). *Forest Ecology and Managment* 161: 205-214.

- Rajaie, M., Ejraie, A., K., Owliaie, H., R., 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.
- Rao, S.S. and Sahu, M.P., 1991, Effect of sulphur and foliar application of chemicals on cold tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.) physiological changes. *J. Agron. Crop Sci.*, 167: 320-325.
- Rashidi, M. Gholami, M. 2011. Response of yield and yield components of cotton to different rates of boron fertilizer. *American-Eurasian Journal of Agronomy*, 4 (1): 13-16.
- Razmjoo, K., Henderlong, P., R. 1997. Effect of potassium, sulfur, boron, and molybdenum fertilization on alfalfa production and herbage macronutrient contents. *Journal of Plant Nutrition*, 20:12, 1681-1696.
- Reid, R., J., Fitzpatrick, K., L., 2009. Redistribution of boron in leaves reduces boron toxicity. *Plant Signaling & Behavior* 4:11, 1091-1093.
- Reid, R., J., Hayes, J., E., Post, A., Stangoulis, J.,C., R., Graham, R.,D. 2004. A critical analysis of the causes of boron toxicity in plants. *Plant, Cell and Environment*, 25 :1405–1414.
- Reisenauer, H. M. 1967. Availability assays for the secondary and micro-nutrient anions: in *Soil Testing and Plant Analysis. Part I. Soil Testing*. Soil Science Society of America Inc., Madison, Wisconsin, 71-102.
- Reisenauer, H., M., Walsh, L., M., Hoelt, R., G., 1973. Testing soils for sulphur, boron, molybdenum, and chlorine. In *soil testing and plant analysis*. Eds. L M Walsh and J D Beaton. Rev. ed, pp173–200. Soil Sci. Soc. Am. Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Rending, V., V. 1986. Sulfur in agriculture, sulfur and crop quality. *Agronomy Monograph No: 27*.
- Rerkasem, B., Jamjod, S. 2004. Boron deficiency in wheat: a review. *Field Crops Research* 89: 173–186.
- Rezaei, H., Malakouti, M., J., 2001. Critical levels of iron, zinc and boron for cotton in varamin rigion. *J. Agric. Sci. Technol*, Vol. 3: 147-153.

- Rhoades, J. D. 1982. Soluble salts. Methods of soil analysis, part II. Chemical and Microbiological Properties. Editors: A. L. Page, R. H. Miller, D. R. Keeney, p. 167 – 179, Wisconsin, U. S. A.
- Rosolem, C. A. Costa, A. 2000. Cotton growth and boron distribution in the plant as affected by a temporary deficiency of boron. *Journal of Plant Nutrition*. 23:6, 815-825.
- Rosolem, C., A., Bogiani, J.,C., 2011. Physiology of boron stress in cotton. p. 113-124. In: Oosterhuis, D.M., ed. *Stress physiology in cotton*. The Cotton Foundation, Cordova, TN, USA.
- Römheld, V. Marschner, H. 1991. Function of micronutrients in plants (Chapter 9). *Micronutrients in Agriculture*, 2nd ed.-SSSA Book Series, No:4.
- Sawan, Z., M., Hafes, S., A., Basyony, A., E., Alkassas, A. 2006. Cottonseed, protein, oil yields and oil properties as affected by nitrogen fertilization and foliar application of potassium and a plant growth retardant. *World Journal of Agricultural Sciences* 2 (1): 56-65, 2006 ISSN 1817-3047.
- Schaff, B., E., Skogley, E., O. 1982. Diffusion of potassium, calcium and magnesium in Bozeman silt loam as influenced by temperature and moisture. *Soil Science Society of America Journal*, Vol: 46, No:3, 521-524.
- Schoenau, J., J., Malhi, S., S., 2008. Sulfur forms and cycling processes in soil and their relationship to sulfur fertility sulfur: a missing link between soils, crops, and nutrition. *Agronomy Monograph* 50, 1-10.
- Schrer, H., W. 2001. Sulphur in crop production -invited paper. *European Journal of Agronomy*, 14: 81–111.
- Shari, X., Q. Chen, B., Zhang, T., H., Li, F., L., Wien, B., Qian, J. 1997. Relationship between sulfur speciation in soils and plant availability, *The Science of the Total Environment* 199: 237-246.
- Shelp, B., J. 1993. Physiology and biochemistry of boron in plants. In: Gupta UC, ed. *Boron and its role in crop production*. Boca Raton: CRC Press, 53-85.
- Sheng, O., Song, S., Peng, S., Deng, X. 2009. The effects of low boron on growth, gas exchange, boron concentration and distribution of ‘Newhall’ navel orange (*Citrus sinensis* Osb.) plants grafted on two rootstocks. *Scientia Horticulturae*, 121: 278–283

- Shorrocks, V.M. 1997. The occurrence and correction of boron deficiency. *Plant Soil* 193, 121–148.
- Singh, J., P., Dahiya, D.,J., Narwal, R., P. 1990. Boron uptake and toxicity in wheat in relation to zinc supply. *Fertilizer Research*, 24: 105-110.
- Skok J. 1957. The substitution of complexing substances for boron in plant growth. *Plant Physiology* 32, 308-12.
- Stevens, G., Motavalli, P., Scharf, P., Nathan, M., Dunn, D. 2002. Crop nutrient deficiencies and toxicities. *Plant Protection Programs*, College of Agriculture, Food and Natural Resources, University of Missouri.
- Storz, G., Imlay, J., A. 1999. Oxidative stress. *Current Opinion in Microbiology*, 2:188-194.
- Şimek, M., H. 2006. Toprağa ve yaprağa uygulanan bor gübrelemesinin pamuğun büyümesi ve verimine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 104.
- Şimşek, M., H., 2006. Toprağa ve yaprağa uygulanan bor gübrelemesinin pamuğun büyümesi ve verimine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniveristesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tabatabai, M., A. 1994. Sulphur oxidation and reduction in soils, Part 2. *Microbiological and Biochemical Properties-SSSA, Book Series, No: 5.*
- Tabatabai, M., A. 1996. Sulphur. *Methods of soil analysis, Part 3. Chemical Methods-SSSA, Book Series, No: 5.*
- Takano, J., Miwa, K., Fujiwara, T. 2008. Boron transport mechanisms: collaboration of channels and transporters. *Trends in Plant Science*, Vol.13, No: 8.
- Tanaka, H. 1967. Boron adsorption by plant roots. *Plant and Soil* 27, 300-2.
- Tanaka, M., Fujiwara, T. 2008. Physiological roles and transport mechanisms of boron: perspectives from plants. *Eur. J. Physiol.* 456: 671–677.
- Tazeh, E., S., Aliasgharzadeh, N., Rameshknia, Y., Rad, S., N., Tahmasebpoor, B. 2012. Microbial sulfur oxidation effect on micronutrients availability of municipal compost for wheat plant. *Universal Journal of Environmental Research and Technology*, Volume 2, Issue 6: 551-559.

- Tepe, M., Aydemir, T. 2011. Antioxidant responses of lentil and barley plants to boron toxicity under different nitrogen sources. *African Journal of Biotechnology*, Vol. 10 (53), pp. 10882-10891.
- Thun, R., Hermann, R., Knickmann, E. 1955. *Die untersuchung von boden*. Neumann Verlag. Radelbeul und Berlin, 48.
- Tripler, E., Gal, A., G, Shani, U. 2007. Consequence of salinity and excess boron on growth, evapotranspiration and ion uptake in date palm (*Phoenix dactylifera* L., cv. Medjool). *Plant Soil*, 297:147–15.
- Turan, M., A., Taban, N., 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*, 37-2, 99-103.
- Wimmer, M., A., Eichert, T. 2013. Review: Mechanisms for boron deficiency-mediated changes in plant water relations. *Plant Science* 203– 204: 25– 32
- Wojcik, P., Wojcik, M., Klamkowski, K. 2008. Response of apple trees to boron fertilization under conditions of low soil boron availability. *Scientia Horticulturae*, 116: 58–64
- Wongmo, J., Jamjod, S., Rerkasem, B. 2004. Contrasting responses to boron deficiency in barley and wheat. *Plant and Soil* 259: 103–110.
- Yamauchi, M. 1971. The role of B in higher plants: Relationship between B and Ca on the pectin substances in plants. *Journal of the Science of Soil and Nature* 42, 207-13.
- Yaseen, M., Ahmed, W., Shahbaz, M. 2013. Role of foliar feeding of micronutrients in yield maximization of cotton in Punjab. *Turk J Agric For*, 37: 420-426.
- Yau, S., K., Ryan, J., 2008. Boron toxicity tolerance in crops: a viable alternative to soil amelioration. *Crop Science*, 48:854–865.
- Yin, X., Gwatymey, O., Main, C., Johnson, A. 2011b. Effects of sulfur application rates and foliar zinc fertilization on cotton lint yields and quality. *Agronomy Journal*, Volume 103 (6): 1794-1803.
- Yin, X., H., Gwathmey, C., O., Main, C., L. 2012. Sulfur effects on cotton yield componenets. *Better Crops*, Vol. 96, 1, 27-28.
- Yin, X., H., Main, C., L., Gwathmey, C., O. 2011a. Cotton yield and quality responses to sulfur applications. *Better Crops*, Vol. 95, 4, 28-29.

Zhao, D., Oosterhuis, D. M. 2002. Cotton carbon exchange, nonstructural carbohydrates, and boron distribution in tissues during development of boron deficiency. *Field Crops Research*, 78: 75–87.

Zhao, D., Oosterhuis, D., M. 2003. Cotton growth and physiological responses to boron deficiency. *Journal of Plant Nutrition*, 26:4, 855-867.

ÖZGEÇMİŞ

17.09.1979 yılında Diyarbakır'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Malatya'da tamamladı. Adanan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümünü bitirdi. Aynı üniversitede Tarım Ekonomisi alanında master yaptıktan sonra; Amerika Ohio'da bulunan The University of Akron'da Çevre Mühendisliği alanında ikinci bir master yaptı. 2009 yılından beri Muş Alparslan Üniversitesi'nde öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır.