

**ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI  
2013-DR-010**

**PAMUKTA (*Gossypium hirsutum* L.) BOR TOKSİSİTESİ  
VE HUMİK MADDE UYGULAMASININ ETKİLERİ**

**Mustafa Ali KAPTAN**

**Tez Danışmanı:  
Prof. Dr. Mehmet AYDIN**

**AYDIN**



**ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE**  
**AYDIN**

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı Doktora Programı öğrencisi Mustafa Ali KAPTAN tarafından hazırlanan “Pamukta (*Gossypium hirsutum* L.) Bor Toksikitesi ve Humik Madde Uygulamasının Etkileri” başlıklı tez, 29.11.2013 tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

Ünvanı	Adı Soyadı	Kurumu	İmzası
Başkan :	Prof. Dr. Mehmet AYDIN	ADÜ	.....
Üye :	Prof. Dr. Aydın ÜNAY	ADÜ	.....
Üye :	Prof. Dr. İbrahim ERDAL	SDÜ	.....
Üye :	Prof. Dr. M. Eşref İRGET	EGE Üniv.	.....
Üye :	Yrd. Doç. Dr. Saime SEFEROĞLU	ADÜ	.....

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu Doktora Tezi, Enstitü Yönetim Kurulunun..... sayılı kararıyla ...../...../2013 tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Cengiz ÖZARSLAN  
Enstitü Müdürü



**ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE**  
**AYDIN**

Bu tezde sunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kuralların gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

29/11/2013

Mustafa Ali KAPTAN



**ÖZET****PAMUKTA (*Gossypium hirsutum* L.) BOR TOKSİSİTESİ VE HUMİK MADDE UYGULAMASININ ETKİLERİ**

Mustafa Ali KAPTAN

Doktora Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet AYDIN

2013, 191 sayfa

Bu çalışma, farklı bor içeriklerine sahip sulama suyu (0.6–1.8–5.4–16.2 mg l<sup>-1</sup>) ve humik maddenin (0–20–40 kg da<sup>-1</sup>) pamuk bitkisinin (*Gossypium hirsutum* L.) gelişimi, besin elementi içerikleri, verim, verim unsurları, lif kalite özellikleri, toprağın besin elementi dengesi ve pamuğun fitoremediasyonda kullanılabilme potansiyelini belirlemek amacıyla 2011 ve 2012 yıllarında Adnan Menderes Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde yapılmıştır. Deneme bölünmüş parseller deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

Artan miktarlarda bor uygulamaları, toprak yarayışlı bor içeriğinin toksik seviyeye ulaşmasına ve bitkide bor toksisite belirtilerinin oluşmasına neden olmuştur. Sulama suyunda bor toksisite sınırının pamuk bitkisi için 1.8-5.4 mg B l<sup>-1</sup> arasında kaldığı belirlenmiştir. Gözlemi yapılan tüm parametrelerde bor toksisitesinin etkisi ikinci yılda daha şiddetli olmuştur. 2011 yılında kütlü verimi 16.2 mg B l<sup>-1</sup> uygulaması ile 0.6 mg B l<sup>-1</sup> a göre % 13.75, 2012 yılında ise % 73.32 oranında azalmıştır. Bitki bor içeriği 16.2 mg B l<sup>-1</sup> uygulaması ile 0.6 mg B l<sup>-1</sup> a göre ilk yıl % 468.56; ikinci yıl ise % 1152.08 oranında artmıştır. Bitkide bor birikiminin özellikle yaprakta ve generatif organlarda olduğu tespit edilmiştir. En yüksek bitki bor içeriği ilk yıl 1020 mg B l<sup>-1</sup>, ikinci yıl ise 2048 mg B l<sup>-1</sup> ile 16.2 mg B l<sup>-1</sup> uygulamasından elde edilmiştir. İki yıllık çalışma sonucunda pamuk fitoremediasyon kapasitesinin ortalama 0.23 kg B da<sup>-1</sup> ve fitoremediasyon potansiyelinin ortalama 1/57 olduğu, ikinci yıl pamuk fitoremediasyon kapasitesinin ilk yıla göre arttığı ancak bor toksisitesi şiddetlendikçe azaldığı belirlenmiştir. Toprağa uygulanan humik maddenin incelenen tüm özellikler üzerine önemli etkisinin olmadığı gözlenmiştir.

**Anahtar sözcükler:** bor, toksisite, humik madde, pamuk, fitoremediasyon





**ABSTRACT****THE EFFECTS OF BORON TOXICITY AND HUMIC SUBSTANCE ON  
COTTON (*Gossypium hirsutum* L.)**

Mustafa Ali KAPTAN

Ph.D. Thesis, Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet AYDIN

2013, 191 pages

This research was carried out to determine the effect of irrigation water contains different boron concentrations (0.6–1.8–5.4–16.2 mg l<sup>-1</sup>) and humic substances (0–20–40 kg da<sup>-1</sup>) on the growth, nutrients concentrations and uptake, yield, yield components and lint quality properties of cotton (*Gossypium hirsutum* L.), soil nutrient composition and to define the potential of phytoremediation capacity of cotton in the Research and Application Farm of Adnan Menderes University Agricultural Faculty during the 2011 and 2012 years. The experiment was a split plot design with four replications.

The boron applications caused the available boron contents of soil reach to the toxic level and boron toxicity symptoms were appeared on the plant. It was determined that B toxicity limit in the irrigation water for cotton plant was between 1.8-5.4 mg B l<sup>-1</sup>. Effect of boron toxicity on all of the measured parameters was more severe in the second year. Comparing with the control (0.6 mg B l<sup>-1</sup>), the seed cotton yield decreased at the high level B application (16.2 mg B l<sup>-1</sup>) by 13.75 % and 73.32 % in 2011 and 2012 respectively. Comparing with the control (0.6 mg B l<sup>-1</sup>), the plant boron concentration increased at the high level B application (16.2 mg B l<sup>-1</sup>) by 468.56 % and 1152.08 % in 2011 and 2012 respectively. The boron accumulation was identified especially in leaves and in the generative organs of the plant. The highest boron concentration was obtained from the 16.2 mg B l<sup>-1</sup> application as 1020 mg B l<sup>-1</sup> for the first year and 2048 mg B l<sup>-1</sup> for the second year. As a result of the two years experimental study, the phytoremediation capacity of cotton was found approximately 0.23 kg B da<sup>-1</sup> and the phytoremediation potential as approximately 1/57, the second year phytoremediation capacity increased compared to the first year results. But, the phytoremediation capacity decreased with increasing boron toxicity conditions. The humic substance application into soil showed any significant effect on the observed properties.

**Keywords:** boron, toxicity, humic substance, cotton, phytoremediation



## ÖNSÖZ

“Pamukta (*Gossypium hirsutum* L.) Bor Toksisitesi ve Humik Madde Uygulamasının Etkileri” başlıklı Doktora tez çalışmamın belirlenmesi, araştırılmanın yürütülmesi ve değerlendirilmesi sürecinin her aşamasında yol gösterici olan, görüş ve önerilerini paylaşan değerli hocam sayın Prof. Dr. Mehmet AYDIN’ a, katkı ve önerileri için sayın Prof. Dr. Aydın ÜNAY ve Yrd. Doç. Dr. Saime SEFEROĞLU’ na, arazi ve laboratuvar çalışmaları sırasında yardımcı olan Arş. Gör. Seçil KÜÇÜK’ e, Laborant Ersin KARADEMİR’ e, istatistiksel analizlerde yardımcı olan Öğr. Gör. Dr. Onur YILMAZ’ a; hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen tüm SERA TARIM Ltd. Şti. ve AYDIN MODERN SULAMA SİSTEMLERİ Ltd. Şti. ailesine, çalışma materyalinin temini için destek veren ETİ MADEN BANDIRMA BOR VE ASİT İŞL. MÜDÜRLÜĞÜ ile ALTINTAR Kim. Mad. San. ve Tic. Ltd. Şti. ve tez çalışmamı maddi olarak destekleyen ADÜ Araştırma Fon Saymanlığına, adlarını burada yazamadığım değerli arkadaşlarıma, bana vermiş oldukları emeklerinden dolayı değerli aileme, göstermiş olduğu sabır ve anlayıştan dolayı sevgili eşime ve aramıza yeni katılarak tez yazımında beni motive eden canım oğluma sonsuz teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI .....	iii
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI .....	v
ÖZET .....	vii
ABSTRACT .....	ix
ÖNSÖZ .....	xi
SİMGELER DİZİNİ.....	xvii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xxi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xxiii
EKLER DİZİNİ.....	xxvii
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ .....	13
2.1. Toprakta Borun Bulunuşu ile İlgili Çalışmalar .....	13
2.2. Sulama Suyunda Bor Kaynakları ile İlgili Çalışmalar .....	15
2.3. Borun Metabolik İşlevleri ile İlgili Çalışmalar .....	16
2.4. Borlu Gübreleme ile İlgili Çalışmalar .....	18
2.5. Bor Toksisitesi ile İlgili Çalışmalar .....	21
2.6. Humik Madde ile İlgili Çalışmalar.....	29
2.7. Borun Fitoremediasyonu ile İlgili Çalışmalar .....	32
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	35
3.1. Materyal .....	35
3.1.1. Deneme Alanı.....	35
3.1.2. Deneme Alanına Ait İklim Verileri.....	35
3.1.3. Toprak Materyali.....	36
3.1.4. Bitki Materyali .....	37
3.1.5. Sulama Suyu.....	37

3.1.6. Bor ve Humik Madde Kaynakları .....	38
3.2. Yöntem .....	39
3.2.1. Deneme Planı.....	39
3.2.2. Humik Maddenin Uygulanması ve Ekim .....	40
3.2.3. Sulama Yöntemi ve Bor Kirliliğinin Yaratılması.....	40
3.2.4. Gübreleme ve Diğer Kültürel İşlemler .....	44
3.2.5. Örnekleme Zamanları .....	45
3.2.6. Morfolojik gözlemler.....	45
3.2.6.1. Kütlü verimi.....	45
3.2.6.2. Koza sayısı.....	45
3.2.6.3. Bitki boyu .....	45
3.2.6.4. Toplam biyokütle verimi .....	46
3.2.7. Bitki Örneklerinin Analizi .....	46
3.2.7.1. Bitki örneklerinin kimyasal analizlere hazırlanması .....	46
3.2.7.2. Toplam azot .....	46
3.2.7.3. Fosfor.....	47
3.2.7.4. Potasyum, kalsiyum ve magnezyum .....	47
3.2.7.5. Demir, çinko, mangan ve bakır .....	47
3.2.7.6. Bor .....	47
3.2.8. Toprak Örneklerinin Analizi .....	48
3.2.8.1. Bünye.....	48
3.2.8.2. Kireç .....	48
3.2.8.3. Toplam eriyebilir tuz .....	48
3.2.8.4. Organik madde .....	49
3.2.8.5. pH .....	49
3.2.8.6. Alınabilir fosfor .....	49

3.2.8.7. Değişebilir K, Ca, Na ve Mg.....	49
3.2.8.8. Yarayırlı Fe, Cu, Zn ve Mn miktarı .....	49
3.2.8.9. Yarayırlı B miktarı.....	49
3.2.9. Lif Kalite Analizleri .....	51
3.2.10. Pamuğun Fitoremediasyon Kapasitesi .....	51
3.2.11. Pamuğun Fitoremediasyon Potansiyeli .....	51
3.2.12. İstatistiksel Analizler.....	51
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....	53
4.1. Verim ve Verim Unsurları .....	53
4.1.1. Kütlü Verimi .....	53
4.1.2. Koza Sayısı.....	57
4.1.3. Bitki Boyu .....	59
4.1.4. Toplam Biyokütle Verimi .....	61
4.2. Lif Kalite Özellikleri .....	68
4.2.1. Lif Uzunluğu .....	68
4.2.2. Lif İnceliği.....	70
4.2.3. Lif Dayanıklılığı.....	72
4.2.4. Çırçır Randımanı.....	74
4.3. Bitki Besin Elementi İçerikleri.....	76
4.3.1. Bitki Bor İçeriği .....	76
4.3.2. Bitki Azot İçeriği.....	83
4.3.3. Bitki Fosfor İçeriği .....	89
4.3.4. Bitki Potasyum İçeriği.....	94
4.3.5. Bitki Kalsiyum İçeriği.....	99
4.3.6. Bitki Magnezyum İçeriği .....	104
4.3.7. Bitki Demir İçeriği .....	109

4.3.8. Bitki Mangan İçeriği.....	114
4.3.9. Bitki Çinko İçeriği.....	119
4.3.10. Bitki Bakır İçeriği.....	124
4.4. Deneme Toprağının Bazı Kimyasal Özellikleri .....	129
4.5. Pamuğun Fitoremediasyonda Kullanılabilirliği.....	138
5. SONUÇ .....	143
KAYNAKLAR.....	151
EKLER .....	169
ÖZGEÇMİŞ.....	189



**SİMGELER DİZİNİ**

B	Bor
HM	Humik Madde
B <sub>1</sub>	0.6 mg B l <sup>-1</sup>
B <sub>2</sub>	1.8 mg B l <sup>-1</sup>
B <sub>3</sub>	5.4 mg B l <sup>-1</sup>
B <sub>4</sub>	16.2 mg B l <sup>-1</sup>
H <sub>1</sub>	0 kg HM da <sup>-1</sup>
H <sub>2</sub>	20 kg HM da <sup>-1</sup>
H <sub>3</sub>	40 kg HM da <sup>-1</sup>
N	Azot
P	Fosfor
K	Potasyum
Ca	Kalsiyum
Mg	Magnezyum
Na	Sodyum
Fe	Demir
Zn	Çinko
Mn	Mangan
Cu	Bakır
Mo	Molibden

Cl	Klor
Cd	Kadmiyum
As	Arsenik
EDTA	Etilen diamin tetra asetik asit
DTPA	Dietilen triamin penta asetik asit
DNA	Deoksiribo nükleikasit
RNA	Ribo nükleikasit
MDA	Malondialdehit
SOD	Süperoksit dismutaz
POX	Peroksidaz
CAT	Katalaz
APX	Askorbat peroksidaz
GR	Glutasyon reduktaz
CA	Sitrik asit
PE	Polietilen
BK	Buharlaşma kalıntısı
EKM	Erimiş katı maddeler
GS	Geçici sertlik
TS	Toplam sertlik
EC	Elektriksel iletkenlik
SAR	Sodyum absorpsiyon oranı

ADÜ	Adnan Menderes Üniversitesi
Y	Yaprak
G	Gövde
K	Kök
YS	Yaprak sapı
TA	Tarak
KO	Koza
TÖ	Taraklanma öncesi
T	Taraklanma
Ç	Çiçeklenme
H	Hasat
HS	Hasat sonrası



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Pamuk yaprağında tipik B toksisitesi.....	4
Şekil 1.2. Türkiye'nin jeotermal alanları. ....	8
Şekil 1.3. Büyük Menderes Grabeninde ortaya çıkan jeotermal alanlar. ....	9
Şekil 1.4. Oksitlenmiş humik madde molekülü. ....	12
Şekil 3.1. Deneme alanına ait Quickbird uydu görüntüsü.....	35
Şekil 3.2. Çalışmaya ait deneme planı. ....	39
Şekil 3.3. Denemede kullanılan damla sulama unsurlarından kollektör ve lateral hatlar. ....	41
Şekil 3.4. Denemede kullanılan damla sulama unsurlarından solenoid vana ve kontrol ünitesi.....	42
Şekil 3.5. Denemede kullanılan ana kollektör ve gübre tankları.....	43
Şekil 4.1. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2011 yılında farklı organlardaki B içeriklerine etkisi.....	79
Şekil 4.2. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2012 yılında farklı organlardaki B içeriklerine etkisi.....	81
Şekil 4.3. Denemenin ikinci yılında, B3 uygulaması ile ortaya çıkan bor toksisitesi .....	82
Şekil 4.4. Denemenin ikinci yılında, B4 uygulaması ile ortaya çıkan bor toksisitesi .....	82
Şekil 4.5. Denemenin ikinci yılında, B4 uygulaması ile ortaya çıkan bor toksisitesi .....	83
Şekil 4.6. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2011 yılında farklı organlardaki N içeriklerine etkisi.....	87
Şekil 4.7. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2012 yılında farklı organlardaki N içeriklerine etkisi.....	88
Şekil 4.8. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2011 yılında farklı organlardaki P içeriklerine etkisi .....	92

Şekil 4.9. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2012 yılında farklı organlardaki P içeriklerine etkisi.....	93
Şekil 4.10. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2011 yılında farklı organlardaki K içeriklerine etkisi.....	97
Şekil 4.11. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2012 yılında farklı organlardaki K içeriklerine etkisi.....	98
Şekil 4.12. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2011 yılında farklı organlardaki Ca içeriklerine etkisi .....	102
Şekil 4.13. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2012 yılında farklı organlardaki Ca içeriklerine etkisi .....	103
Şekil 4.14. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2011 yılında farklı organlardaki Mg içeriklerine etkisi .....	107
Şekil 4.15. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2012 yılında farklı organlardaki Mg içeriklerine etkisi .....	108
Şekil 4.16. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2011 yılında farklı organlardaki Fe içeriklerine etkisi.....	112
Şekil 4.17. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2012 yılında farklı organlardaki Fe içeriklerine etkisi.....	113
Şekil 4.18. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2011 yılında farklı organlardaki Mn içeriklerine etkisi .....	117
Şekil 4.19. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2012 yılında farklı organlardaki Mn içeriklerine etkisi .....	118
Şekil 4.20. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2011 yılında farklı organlardaki Zn içeriklerine etkisi .....	122
Şekil 4.21. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2012 yılında farklı organlardaki Zn içeriklerine etkisi .....	123
Şekil 4.22. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2011 yılında farklı organlardaki Cu içeriklerine etkisi .....	127
Şekil 4.23. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2012 yılında farklı organlardaki Cu içeriklerine etkisi .....	128

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Türkiye ve Dünya pamuk ekim alanları ile pamuk üretimi .....	2
Çizelge 1.2. Türkiye pamuk ekim alanı, üretim miktarı ve verimi. ....	2
Çizelge 1.3. Aydın ili pamuk yetiştiriciliğine ait bazı veriler.. ....	2
Çizelge 1.4. Bor gereksinimlerine göre bitkilerin gruplandırılması.....	6
Çizelge 1.5. Bitkilerin bora dayanıklılık derecesi açısından sulama sularının Bor sınıfları.....	6
Çizelge 1.6. Bitkilerin sulama suyundaki bora oransal dayanımları.....	7
Çizelge 3.1. Denemede alanına ait yetiştirme sezonlarına göre yıllık ve uzun yıllar bazı iklim parametreleri .....	36
Çizelge 3.2. Denemede alanına ait toprağın (0-30cm) bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri .....	37
Çizelge 3.3. Denemede kullanılan sulama suyunun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri. ....	38
Çizelge 3.4. Çalışmada kullanılan bor materyaline ait kimyasal özellikler. ....	38
Çizelge 3.5. Çalışmada kullanılan humik materyalinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri .....	38
Çizelge 3.6. Denemede kullanılan bor ve humik madde dozlarının sembolleri....	40
Çizelge 3.7. Çalışma boyunca, sulama suyu ile verilen bor miktarları.....	43
Çizelge 3.8. Denemenin yürütüldüğü yıllarda yapılan işlemlere ait çalışma takvimi .....	44
Çizelge 3.9. Denemenin yürütüldüğü yıllarda yapılan örnekleme dönemleri ve tarihleri.....	45
Çizelge 3.10. İki faktörlü, bölünmüş parseller tesadüf blokları deseni.....	52
Çizelge 4.1. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarında saptanan pamuk kütlü verimine ait varyans analizi .....	54
Çizelge 4.2. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarına ait pamuk kütlü verimleri. ....	55

Çizelge 4.3. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarında saptanan koza sayısına ilişkin varyans analizi. ....	57
Çizelge 4.4. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarına ait koza sayıları .....	58
Çizelge 4.5. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarında hasat zamanında ölçülen bitki boylarına ilişkin varyans analizi. ....	59
Çizelge 4.6. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarına ait hasat zamanı ölçülen ortalama bitki boyları . ....	60
Çizelge 4.7. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre, 2011 ve 2012 yıllarında örnekleme zamanlarında analiz edilen toplam biyokütle verimlerine ilişkin varyans analizi .....	61
Çizelge 4.8. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarında farklı örnekleme zamanlarında analiz edilen toplam biyokütle verimleri .....	64
Çizelge 4.9. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarında saptanan lif uzunluğuna ilişkin varyans analizi. ....	68
Çizelge 4.10. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarına ait lif uzunluğu değerleri .....	69
Çizelge 4.11. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarında saptanan lif inceliğine ilişkin varyans analizi.. ....	70
Çizelge 4.12. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarına ait lif inceliği değerleri.....	71
Çizelge 4.13. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarında saptanan lif dayanıklılığına ilişkin varyans analizi .....	72
Çizelge 4.14. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarına ait lif dayanıklılığı değerleri.....	73
Çizelge 4.15. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarında saptanan çırçır randımanına ilişkin varyans analizi. ....	74
Çizelge 4.16. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarına ait çırçır randımanı değerleri.....	75



- Çizelge 4.17. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre, 2011 ve 2012 yıllarında örnekleme zamanlarında analiz edilen bitki B içeriklerine ilişkin varyans analizi. .... 77
- Çizelge 4.18. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre, 2011 ve 2012 yıllarında örnekleme zamanlarında analiz edilen bitki N içeriklerine ilişkin varyans analizi. .... 85
- Çizelge 4.19. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre, 2011 ve 2012 yıllarında örnekleme zamanlarında analiz edilen bitki P içeriklerine ilişkin varyans analizi ..... 90
- Çizelge 4.20. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre, 2011 ve 2012 yıllarında örnekleme zamanlarında analiz edilen bitki K içeriklerine ilişkin varyans analizi. .... 95
- Çizelge 4.21. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre, 2011 ve 2012 yıllarında örnekleme zamanlarında analiz edilen bitki Ca içeriklerine ilişkin varyans analizi ..... 100
- Çizelge 4.22. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre, 2011 ve 2012 yıllarında örnekleme zamanlarında analiz edilen bitki Mg içeriklerine ilişkin varyans analizi. .... 105
- Çizelge 4.23. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre, 2011 ve 2012 yıllarında örnekleme zamanlarında analiz edilen bitki Fe içeriklerine ilişkin varyans analizi ..... 110
- Çizelge 4.24. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre, 2011 ve 2012 yıllarında örnekleme zamanlarında analiz edilen bitki Mn içeriklerine ilişkin varyans analizi. .... 115
- Çizelge 4.25. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre, 2011 ve 2012 yıllarında örnekleme zamanlarında analiz edilen bitki Zn içeriklerine ilişkin varyans analizi. .... 120
- Çizelge 4.26. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre, 2011 ve 2012 yıllarında örnekleme zamanlarında analiz edilen bitki Cu içeriklerine ilişkin varyans analizi ..... 125
- Çizelge 4.27. Farklı bor uygulamalarına göre, 2011 ve 2012 yıllarında analiz edilen 0-30 cm derinlikteki toprağın bazı kimyasal özellikleri..... 132

- Çizelge 4.28. Farklı humik madde uygulamalarına göre, 2011 ve 2012 yıllarında analiz edilen 0-30 cm derinlikteki toprağın bazı kimyasal özellikleri ..... 137
- Çizelge 4.29. Farklı bor uygulamaları ve örnekleme dönemlerine göre, bitki toprak üstü aksamlarına ile topraktan kaldırılan bor miktarları (2011). ..... 139
- Çizelge 4.30. Farklı bor uygulamaları ve örnekleme dönemlerine göre, bitki toprak üstü aksamlarına ile topraktan kaldırılan bor miktarları (2012) ..... 139
- Çizelge 4.31. Farklı bor uygulamalarına göre, 2011 ve 2012 yıllarında bitki toprak üstü aksamları ile topraktan kaldırılan bor miktarları ..... 140

**EKLER DİZİNİ**

EK-1. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2011 yılında analiz edilen bitki B içerikleri.....	169
EK-2. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2012 yılında analiz edilen bitki B içerikleri.....	170
EK-3. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2011 yılında analiz edilen bitki N içerikleri.....	171
EK-4. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2012 yılında analiz edilen bitki N içerikleri.....	172
EK-5. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2011 yılında analiz edilen bitki P içerikleri .....	173
EK-6. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2012 yılında analiz edilen bitki P içerikleri .....	174
EK-7. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2011 yılında analiz edilen bitki K içerikleri.....	175
EK-8. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2012 yılında analiz edilen bitki K içerikleri.....	176
EK-9. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2011 yılında analiz edilen bitki Ca içerikleri .....	177
EK-10. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2012 yılında analiz edilen bitki Ca içerikleri .....	178
EK-11. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2011 yılında analiz edilen bitki Mg içerikleri.....	179
EK-12. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2012 yılında analiz edilen bitki Mg içerikleri .....	180
EK-13. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2011 yılında analiz edilen bitki Fe içerikleri.....	181
EK-14. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2012 yılında analiz edilen bitki Fe içerikleri.....	182

EK-15. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2011 yılında analiz edilen bitki Mn içerikleri .....	183
EK-16. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2012 yılında analiz edilen bitki Mn içerikleri .....	184
EK-17. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2011 yılında analiz edilen bitki Zn içerikleri .....	185
EK-18. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2012 yılında analiz edilen bitki Zn içerikleri .....	186
EK-19. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2011 yılında analiz edilen bitki Cu içerikleri .....	187
EK-20. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2012 yılında analiz edilen bitki Cu içerikleri .....	188

## 1.GİRİŞ

Akdeniz iklim kuşağı içerisinde yer alan ve genel ekolojik özellikleri itibariyle zengin bir tarımsal potansiyele sahip olan Aydın yöresinde, tarımsal üretimin bugün için geniş anlamda buğday, pamuk ve mısır üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Doğal bitki örtüsünde yer alan bitkilerden biri olan pamuğun tekstil başta olmak üzere, barut ve film malzemesi yapımı gibi 50 çeşit sanayi koluna hammadde sağlayan en önemli tarımsal ürünlerden birisi olduğu, lifi ile tekstil, tohumu ile yağ, küspesi ile yem sanayinin önemli hammaddelerinden birisini oluşturduğu bilinmektedir (Özkan ve Kaya, 2002).

Pamuğun farklı sanayi kollarındaki kullanılabilirliği, hem ekonomik hem de sosyal açıdan birçok ülke ekonomisi için stratejik bir ürün olduğunun göstergesidir. Dünyada yaklaşık 34 milyon hektar alanda 24 milyon ton lif pamuk üretilmektedir. Türkiye, 2012 yılı verilerine göre dünyanın en büyük 7. pamuk üreticisi konumundadır (Anonim, 2012a). Türkiye’de yıllara göre değişmekle birlikte son 5 senedeki değerler göz önüne alındığında ortalama 503 bin hektar alanda pamuk ekimi yapılmakta ve 795 bin ton lif pamuk üretilmektedir (Çizelge 1.1). Ülkemizde pamuk üretimi en çok GAP, Ege, Çukurova ve Akdeniz bölgelerinde yapılmaktadır.

Dünya pazarında Türkiye için stratejik öneme sahip olan pamuğun, Ege bölgesinde gerek ürün fiyatlarının düşük ve girdi fiyatlarının yüksek, gerekse üreticinin üretim yapabileceği alternatif ürün çeşitliliğinin fazla olması ve küresel güçlerin politikaları sonucu, dünya fiyatlarıyla rekabet edilememesi, destekleme fiyatlarının yetersizliği ve pamuk ekim alanlarında başka alternatif ürünlerin tercih edilmesi gibi diğer çeşitli faktörlerin de etkisiyle üretim gittikçe azalmış ancak son yıllarda tekrar artışa geçmiştir (Anonim, 2011b) (Çizelge 1.2). Buna karşın özellikle Aydın ilinde makinalı hasadın yaygınlaşması ve uygulanacak olan başarılı destekleme politikalarıyla ekim alanların önümüzdeki yıllarda daha da artış göstereceği tahmin edilmektedir (Çizelge 1.3).

Çizelge 1.1. Türkiye ve Dünya pamuk ekim alanları ile pamuk üretimi (Anonim, 2012b; Anonim, 2013b)

Yıl	Ekim Alanı (1000 ha)		Üretim (1000 ton)	
	Türkiye	Dünya	Türkiye	Dünya
2008	495	32.833	673	26.061
2009	420	30.432	638	23.400
2010	481	30.212	817	22.337
2011	542	33.337	955	25.356
2012	488	35.825	858	26.855

Çizelge 1.2. Türkiye pamuk ekim alanı, üretim miktarı ve verimi (Anonim, 2012b)

Yıl	Ekim Alanı (ha)	Üretim (ton)		Verim (kg ha <sup>-1</sup> )	
		Kütlü	Lif	Kütlü	Lif
2008	495.000	1.820.000	673.400	3.680	1.360
2009	420.000	1.725.000	638.250	4.110	1.520
2010	480.682	2.150.000	816.718	4.470	1.700
2011	542.000	2.580.000	954.600	4.760	1.760
2012	488.496	2.320.000	858.400	4.750	1.760

Çizelge 1.3. Aydın ili pamuk yetiştiriciliğine ait bazı veriler (Anonim, 2011b).

Yıl	Ekilen Alan	Üretim Miktarı	Verim
	ha	ton	kg ha <sup>-1</sup>
2006	59.518	226.860	3.810
2007	57.650	198.948	3.480
2008	48.308	144.908	4.300
2009	50.840	188.678	4.550
2010	53.086	237.691	4.480

Sürekli bir değişim içerisinde olan dünya nüfusu 1960' lı yıllardan sonra hızlı bir artış süreci içerisine girmiştir. Bu hızlı artışa paralel olarak tarım, sanayi ve teknoloji alanındaki gelişmeler doğal kaynakların yanlış kullanımını ve çevre kirliliğini de beraberinde getirmiştir. Kaynak olarak kullanılan maddelerin ve geriye kalanların doğrudan ya da dolaylı olarak çevreye atılması sonucu kirlilik problemleri ortaya çıkmaktadır. Bu atıklar toprak, hava, yeraltı suyu ve yüzey sularını kirliletmektedir. Bu kirlenme genellikle insan faaliyetleri sonucu evsel, endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerden meydana gelen katı, sıvı ve gaz atıklardan

oluşmaktadır. Bu bağlamda toprak kirlenmesi de dünya genelinde ortaya çıkan büyük çevre problemlerinden birisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Toprak kirliliği, toprakta yaşayan canlılar ile bitkiler veya bu bitkilerle beslenen canlılara toksik etkide bulunacak düzeylerde çeşitli zararlı bileşiklerin birikerek, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini olumsuz etkilemek suretiyle verim kapasitesinin düşmesi şeklinde tanımlanabilir. Ekosistem içerisinde, toprak sistemi bağlantılı olduğu su ve hava sistemlerinin bünyesinde barındırdığı çoğu kirletici bileşikler için nihai depolama noktasıdır. Öte yandan karasal ekosistemin taşıyıcı unsuru olan toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinde meydana gelen değişimler, hem doğal hem de tarım ekosisteminin verimliliğini etkilemektedir.

Toprak kirliliğine sebep olan faktörler: 1- Pestisitlerin ve kimyasal gübrelerin bilinçsiz ve aşırı kullanımı. 2- Egzoz gazları, karbonmonoksit, kükürtdioksit, kurşun, kadmiyum vb. toksik maddelerin rüzgarlar ile taşınarak yağışlarla toprağa inmesi. 3-Endüstriyel ve kentsel atıkların doğrudan ya da dolaylı yollarla artılmadan toprağa verilmesi olarak sıralanmaktadır (Haktanır ve Arcak, 1998).

Bor kirliliği farklı şekillerde B kullanan sanayi atıklarının, göl, nehir ve akarsulara deşarjı veya bor açısından yaygın termal sularla sulama veya bu suların nehir ve ırmaklara deşarjı sonucu ortaya çıkmaktadır. Bor toksisitesi, kurak ve yarı kurak bölgeler için bitki gelişimini sınırlayan önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun yanında, toksik seviyedeki bor konsantrasyonu deniz sedimentlerinde, killi ve organik madde içeriği yüksek olan topraklarda da doğal olarak ortaya çıkmaktadır (Gupta vd., 1985). Genel anlamda B toksisitesinde, yaşlı yaprakların yaprak uçları sararır ve nekrozlar oluşur. Daha sonra belirtiler yaprak kenarlarına ve orta damara doğru yayılarak yapraklar yanık bir görünüm alır ve erkenden dökülür. Pamuk bitkisinde ki belirtiler ise yaşlı yapraklarda görülür ve yaprak ucundan itibaren kloroz ve nekrozların oluşur, sonraki aşamada ise belirtiler yaprak geneline yayılarak döküme sebep olur (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Pamuk yaprağında tipik B toksisitesi.

Bor toksisitesinin başlıca kaynakları sulama suyu, kuyu suları, drenaj suyunun toprağa uygulanması, gübreleme, baca külü (fly ash), endüstriyel atıklar ve kimyasallardır. Potansiyel kaynakların tümünde, sulama suyunun en önemli etkisi toprak bor içeriğinin artmasına neden olmasıdır. Bor konsantrasyonu genelde tuzlu topraklarda ya da tuzlu kuyu sularında yüksek miktarlarda bulunmaktadır (Dhankhar ve Dahiya, 1980).

Bor, yerkabuğunda yaygın olarak bulunan 51. Element olup doğada hiçbir zaman serbest halde bulunmaz. Doğada yaklaşık 230 çeşit bor minerali olduğu bilinmektedir. Yaygın olarak bulunan bor minerallerinden biri yapısında yaklaşık % 10 bor içerebilen Turmalin'dir. Ancak, sanayide alkali ve toprak alkali bor



mineralleri olan tinkal ( $\text{Na}_4\text{B}_4\text{O}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), kernit ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ), kolemanit ( $\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) ve uleksit ( $\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ) kullanılmaktadır. Dünyada, ticari B yatakları sınırlı olup, en çok Türkiye ve ABD'de bulunmaktadır (Anonim, 2011a).

Bor bitki besleme açısından mikro besin elementleri içinde metal olmayan tek elementtir. Bor bitkilerde; hücre çeperlerinin yapısını oluşturan pektin ve lignin bileşiklerinin sentezlenmesi; pektin ve lignin bileşikleri ile kompleksler oluşturarak ince, dayanıklı veya kuvvetli bir hücre çeperinin oluşumunu sağlaması; şekerlerin sentezi ve taşınması; hücre büyümesi; hücre bölünmesi ve nükleik asit (ribo ve deoksiribo nükleik asit) metabolizması; biyomembranların yapısal ve fonksiyonel özelliklerini kazanması ve korunması; fenol metabolizması; solunum; hormon metabolizması; karbonhidrat ve protein metabolizması gibi geniş bir yelpazede büyüme ve gelişmeyi düzenleyen olaylar içinde yer almaktadır (Marschner, 1995).

Bitkiler tarafından bor temelde pasif absorpsiyon yoluyla borik asit  $\text{B}(\text{OH})_3$ , aktif absorpsiyon yoluyla borat iyonları  $\text{B}(\text{OH})_4^-$ , şeklinde alınır. Bitki kökleri ile alınan bor miktarlarında kitle akımının payı yaklaşık % 65, difüzyonun payı % 32 kontakt değişimin katkısı ise yok denecek kadardır (Kacar ve Katkat, 2006). Bitki, organlarında hareketi sınırlı olan bor genelde immobil olarak nitelendirilmekte olup, borun alınması ve iletim borularında taşınmasının, bitkilerin su düzeni ile yakından ilgili olduğu bilinmektedir. Transpirasyonla buhar halinde su yitmesi sürdükçe B bitkide yukarı doğru taşınmakta ve bitkinin tepe organlarında birikmektedir ve yukarı doğru taşınan B bitki yapraklarında birikir. Yapraklarda biriken B miktarı ise yaprak ucu > yaprak ayası ortası > yaprak sapı şeklinde sıralanmaktadır (Oertli ve Roth, 1969).

Bitkilerde hareketsiz olması sonucunda, bor içeriği genç yapraklara göre yaşlı yapraklarda daha fazladır. Genellikle çift çenekli bitkilerin B içerikleri tek çenekli bitkilere göre daha fazladır (Çizelge 1.4). Bor noksanlığı için kritik seviyeler 1 kg kuru madde de buğday, arpa için 5-10 mg B iken, çift çenekli bitkilerde 20-70 mg B ve haşhaş ve benzeri bitkilerde ise 80-100 mg B şeklinde olarak bildirilmiştir (Bergmann, 1992).

Çizelge 1.4. Bor gereksinimlerine göre bitkilerin gruplandırılması (Berger, 1949)

Az	Orta	Fazla
Buğday	Üçgül	Elma
Yulaf	Tütün	Yonca
Arpa	Domates	Kırmızı pancar
Karabuğday	Mısır	Şeker pancarı
Soya fasulyesi	Marul	Şalgam
Bezelye	Şeftali	Lahana
Yeşil fasulye	Zeytin	Karnabahar
Patates	Pamuk	Kuşkonmaz
Çilek	Tatlı patates	Ayçiçeği
Ahududu	Yerfıstığı	Turp
Keten	Havuç	Kereviz

Bitkide noksanlığı ve fazlalığında önemli derecede ürün kayıplarına yol açan B besin elementinin toksisitesi ile noksanlığı arasındaki sınır çok dar olduğundan, topraklarda bor besin elementinin yönetimi oldukça zordur.

Toprağın bor tutunum karakteristikleri dikkate alındığında, bor içeriği yüksek sulama suyunun kullanılması sonucunda, kumlu bünyeye sahip topraklarda, tınlı-killi bünyeye sahip topraklara göre bitkilerde daha hızlı zararlanmaların görüldüğü belirtilmektedir (Keren ve Bingham, 1985). Bor toksisitesinin değerlendirilmesi için bitkinin tepkisi anahtar faktör olarak kabul edilmektedir. Tarla şartlarında toprak çözeltisindeki bor konsantrasyonu ile bitkinin tepkisi bir arada değerlendirilmektedir. Borun sulama suyunda duyarlı bitkiler için izin verilebilir konsantrasyonu  $0.33 \text{ mg B l}^{-1}$ , pamuk gibi yarı dayanıklı bitkiler için ise  $0.67 \text{ mg B l}^{-1}$  civarındadır (Çizelge 1.5).

Çizelge 1.5. Bitkilerin bora dayanıklılık derecesi açısından sulama sularının Bor sınıfları (Thorne ve Peterson, 1954).

Bor Sınıfı	Sulama suyu Bor Konsantrasyonu ( $\text{mg B l}^{-1}$ )		
	Hassas Bitkiler	Yarı Hassas Bitkiler	Dayanıklı Bitkiler
Çok İyi	< 0.33	< 0.67	< 1.00
İyi	0.33 - 0.67	0.67 - 1.33	1.00 - 2.00
Kullanılabilir	0.67 - 1.00	1.33 - 2.00	2.00 - 3.00
Sakıncalı	1.00 - 1.25	2.00 - 2.50	3.00 - 3.75
Kullanılamaz	> 1.25	> 2.50	> 3.75

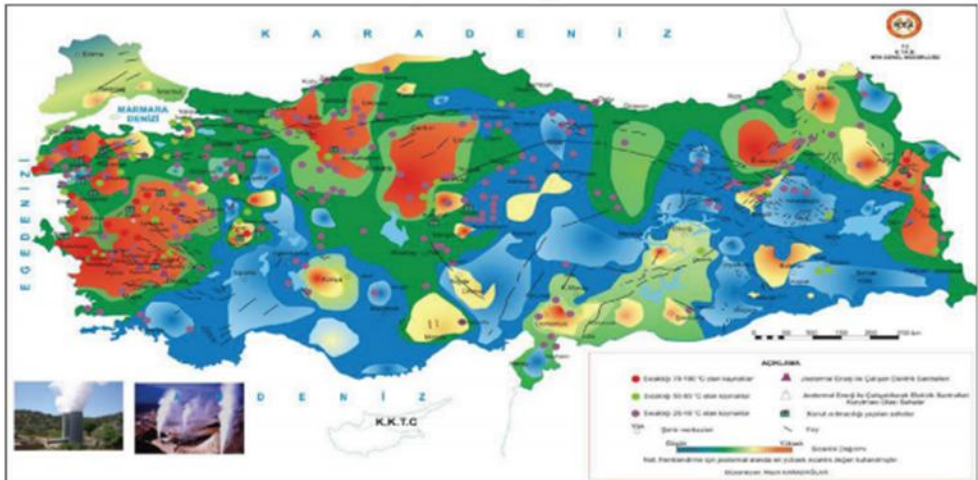
Bitkilerin bora dayanımları oldukça farklıdır. Bu dayanıklılık bitkiden bitkiye hatta çeşitler arasında da farklılık göstermektedir. Borun bitkilere toksik etkisi üzerinde iklim ve toprak özelliklerinin de etkisi bulunmaktadır (Çizelge 1.6).

Sonuçta, yüksek bor içerikli sulama sularının kullanımı ile bitkiler için izin verilebilen sınır aşılabilmektedir. Bu durum bitkiler için toksik etkilere sebep olup, verimde azalmalara yol açmaktadır. Bitkiler için toprak çözeltisindeki bor seviyesi, izin verilen sınırın altında olmalıdır.

Çizelge 1.6. Bitkilerin sulama suyundaki bora oransal dayanımları (Salinity Lab., 1954)

Hassas (0.5-1 mg B l <sup>-1</sup> )	Yarı Dayanıklı (1-2 mg B l <sup>-1</sup> )	Dayanıklı (2-4 mg B l <sup>-1</sup> )
Ceviz	Ayçiçeği	Kuşkonmaz
Enginar	Patates	Hayvan pancarı
Fasulye	Pamuk	Şeker pancarı
Erik	Domates	Yonca
Elma	Bezelye	Şalgam
İncir	Zeytin	Lahana

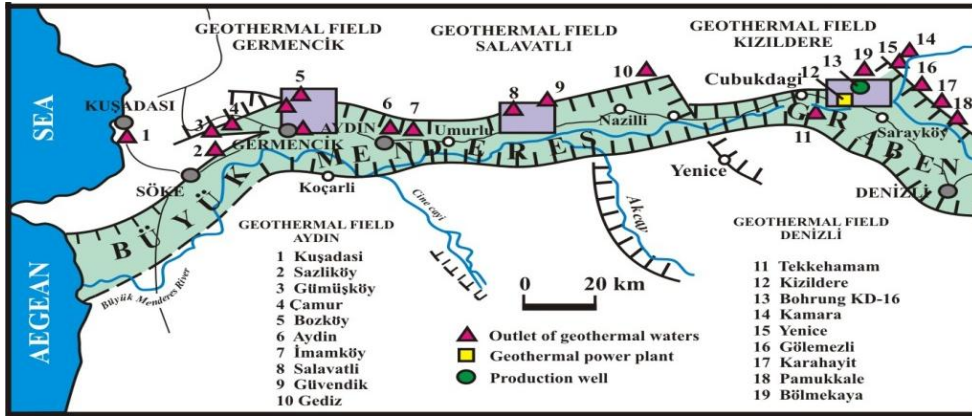
Ülkemiz dünyanın en büyük jeotermal kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya kuşağına dahildir. Çok sayıda ve farklı büyüklüklerde fay sistemleri kapsayan ülkemizde, sıcaklıkları 20-101 °C arasında olan 1500 civarında kaynak çıkışı olmakla beraber, rezervuar sıcaklıkları 30-242 °C arasında değişen 600'den fazla termal kuyu bulunmaktadır (Şekil 1.2.). Bu termal kaynakların %78'inin Ege bölgesinde yer aldığı belirlenmiştir (İlgar, 2005).



Şekil 1.2. Türkiye'nin jeotermal alanları (İlgar, 2005)

Bölgesel bazda incelendiğinde, Büyük Menderes grabeninin oluşumu sonucunda birçok noktada jeotermal su kaynakları oluşmuştur. Meydana gelen bu kaynakların bazılarında sıcak su çıkmakta, bazılarında ise soğuk su çıkmaktadır. Su sıcaklık farkının da etkisiyle bazı termal noktalarda suyun B konsantrasyonunun yüksek olduğu saptanmıştır (Gemici ve Tarcan, 2002).

Yüksek B konsantrasyonunun en önemli kaynağı, bor içeriği yüksek yer altı sıcak su kaynaklarının sulama sularına karışmasıdır. Bu durum Aydın bölgesi için önemli bir sorundur. Bölgede toplam 19 adet jeotermal sıcak su kaynağı bulunmaktadır (Şekil 1.3). Bu kaynakların birçoğu, atık sularını Büyük Menderes nehrine boşaltmaktadır ve bu sebeple Büyük Menderes nehrinde bor kirliliği son yıllarda oldukça artmıştır. Büyük Menderes nehrini besleyen yan kollardan bazıları 21.1 mg l<sup>-1</sup> ye varan yüksek değerlerde bor içermektedir (Gemici ve Tarcan, 2002).



Şekil 1.3. Büyük Menderes Grabeninde ortaya çıkan jeotermal alanlar (Koç, 2003)

Üreticilerin tarla ve bahçelerinde Büyük Menderes nehri suyunu kullanarak sulama yaptığı ve borun topraktaki hareketinin oldukça düşük olduğu dikkate alındığında, zamanla sulama sularıyla birlikte toprakta bor birikimi ve söz konusu sulama sularının uzun süre kullanılması sonucunda çoraklaşma olması beklenmektedir. Aydın vd. (2010) Aydın koşullarında yaptıkları survey çalışmasında toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile toprakların B konsantrasyonunu (0.43 – 2.34 mg kg<sup>-1</sup>) belirlemişlerdir.

Bor ile kirlenmiş toprakların ıslahı, tuzluluk problemi olan toprakların ıslahına göre daha zordur. Tuzlu ve borlu toprakların ıslahında, sadece yıkamanın

yapılması yeterli olmaktadır. Ancak bor, toprakta tuzların yıkanmasından daha yavaş yıkandığından çok daha fazla yıkama suyuna ihtiyaç duyulur. Yıkama işlemindeki başarı, sorunun boyutu ve alandaki dağılımının iyi bilinmesiyle yakından ilişkilidir (Anapalı ve Gemalmaz, 1992). Yıkama tercihen toprak neminin düşük ve taban suyunun derinde olduğu zaman yapılır. Borlu toprakların ıslahında tuzlu toprakların ıslahında kullanılan su miktarından 2 veya 3 misli daha fazla suya gereksinim vardır. Ayrıca ince bünyeli topraklardan borun yıkanması kaba bünyeli topraklara göre daha zordur (Çiftçi vd., 2004).

Borun topraktaki hareketinin çok yavaş olması topraktan yıkanmasını da güçleştirmektedir. Ancak Büyük Menderes havzası topraklarının genellikle kumlu bünyeye sahip olması yıkanma açısından bir avantaj olarak değerlendirilebilir olsa da bor içermeyen temiz sulama sularının kısıtlı olması ve daha fazla su kullanımı gerektirmesi gibi gerekçeler bu uygulamanın başarısını sınırlayıcı bir etmen olarak görünmektedir.

Ağır metallerin giderilmesinde kullanılan fiziksel ve kimyasal arıtma yöntemleri, yüksek maliyetleri ve arıtma sonucunda ortaya çıkan kirleticilerin son aşamada giderilmesinin zorlukları nedeniyle çevresel açıdan fazla tercih edilmemektedir.

Bitki yetiştiriciliği ile ağır metal ve diğer bir kısım kirleticilerin giderimi olarak tanımlanan fitoremediasyon (yeşil ıslah) yöntemi ise gerek ekonomik olması gerekse çevresel olarak kullanımı tercih edilmektedir. Fitoremediasyon çevredeki kirleticilerin eliminasyonunda yada onların zararsız hale getirilmesinde yeşil bitkilerin kullanımı olarak tanımlanmaktadır (Raskin vd., 1997). Son zamanlarda kullanılan fizikokimyasal arıtma tekniklerinin çoğu, düşük kirletici içeriğine sahip ve kirleticilerin yapay ve dağınık olarak bulunduğu geniş kirletilmiş alanların iyileştirilmesi için yeterince uygun olmayan tekniklerdir (Rulkens vd., 1998). Fitoremediasyon tekniğinde bitki yetiştiriciliği yapılarak, toprak ve/veya su ortamından, organik ve inorganik maddeler, kök bölgesinde hareketsizleştirmek, kökte ve bitkinin üst organlarında bünyelerine alarak depolama, kökleri aracılığıyla bitkinin üst organlarına taşınarak gövde ve yapraklarında metabolize etme ve buharlaştırma yoluyla toprakların temizlenmesini sağlayan doğal bir teknolojidir (Baker vd., 2000).

Fitoremediasyonda genellikle dikotiledon bitkiler tarafından daha çok metal absorbe edildiği bildirilmektedir. Topraklardan kirleticilerin bitkiler tarafından

fitoremediasyon yöntemiyle giderilmesi konusunda, birçok çalışma vardır. Bu çalışmalara göre bünyesinde element biriktirebilen yaklaşık olarak 45 bitki familyası bulunduğu bildirilmiştir. Hiperakümülatör bitki adı verilen bu bitkilerin çoğu Cu, Co, Cd, Mn, Ni, Se veya Zn elementlerini bünyelerinde 100 -1000 mg kg<sup>-1</sup> bitki seviyesinde biriktirebilmektedir (Reeves ve Baker, 2000).

Fitoremediasyon tekniği kullanılan bitkilere ve giderilecek kirleticilere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Yöntem seçiminde, kirleticilerin bitkiler tarafından alım ve giderim mekanizmaları, kirletici ortamının fiziksel ve kimyasal özellikleri, uygulanacak yöntemin kirleticiye uygunluğu, kirlilik konsantrasyonu, kirleticinin toprak içindeki derinliği ile iklim şartları gibi faktörlere dikkat edilmesi gerekmektedir (EPA, 2000). Farklı kirletici tiplerine yönelik uygulanabilir fitoremediasyon yöntemleri fitoekstraksiyon, fitodegradasyon, fitostabilizasyon, fitovolatilizasyon, rizodegradasyon, mikorizal simbiyoz, rizofiltrasyon, hidrolik kontrol, vejetatif örtü sistemleri ve kıyı tampon şeritleri şeklinde bilinmektedir.

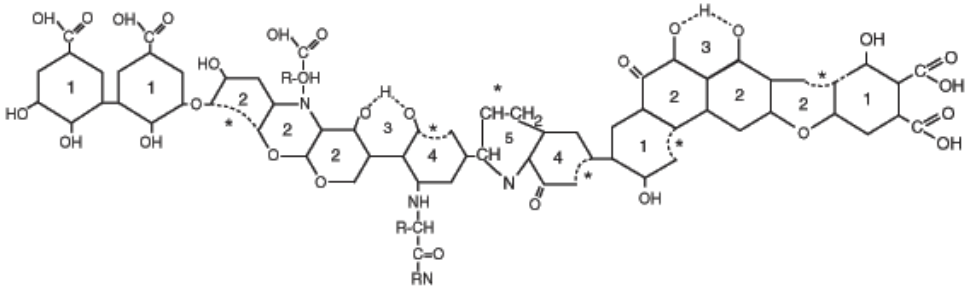
Fitoekstraksiyon, özellikle inorganik kirleticilerin bitkinin kökleri tarafından alınması ve bir kısmının toprak üstü aksamına (sap ve yaprak) taşınarak biriktirilmesi yöntemidir. Uzun vadeli bir ıslah programı olarak görülmelidir. Islah zamanı, kirletici tipine, yaygınlığına, yetiştirme periyodunun uzunluğuna ve tabii ki hiperakümülatör bitkinin etkinliğine bağlıdır. Normal şartlarda ıslah periyodu 1 ile 20 yıldır (Kumar vd., 1995; Blaylock ve Huang, 2000). Fitoekstraksiyon yönteminin uygulanabilmesi için kirli toprakların belirlenmesi ve analizi, doğal bitki örtüsünden bitki seçimi ve analizi, sera ve tarla denemeleri kurulması gibi ardışık prosedürlerin uygulanması gerektiği belirtilmektedir.

Bunlara paralel olarak, biyokütle üretiminin artırılması, kirleticinin biyoyararlanımının artırılması, şelatlayıcı maddelerin uygulanması, mikoriza kullanımı (Gonzalez-Chavez vd., 2002) ve Genomik yaklaşımlar (Kramer, 2005) gibi bazı uygulamalar ile ıslah potansiyeli artırılabilir.

Söke Ovası başta olmak üzere bölgemizde yoğun pamuk tarımı yapılan alanlarda toprakta var olan besin elementlerinin yarıyışlılığının artırılması ve besin elementlerinin alınımı ve taşınımını kolaylaştırmak amacıyla humik madde uygulamaları, yetiştiriciler tarafından son yıllarda yaygın bir şekilde yapılmaktadır (Ören ve Başal, 2006). Bu uygulamaların varlığı ve humik maddelerin bitki gelişimine olası katkıları dikkate alındığında, bölgemiz için oldukça tehlikeli bir

hal alan bor toksisitesine karşı bir inorganik toprak düzenleyicisi olarak kullanımının değerlendirilmesinin gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Humik maddeler genelde koyu kahve-siyah renkli, yüksek moleküler ağırlığa sahip, geniş spesifik yüzeyli, molekülleri ve iyonları dönüşümlü tutabilme gücüne sahip, toprakta kolaylıkla parçalanmayan dayanıklı, toprak organik maddesinin temelini oluşturan maddeler olarak tanımlanmaktadır. Humik maddeler bünyelerinde önemli oranda polifenoller, polikarboksilik asitler, karboniller ve alkolik bileşikler vd. gibi birçok önemli gruplarını bünyesinde barındırmaktadır ve doğada oksitlenmiş formdadır (Stevenson, 1994) (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Oksitlenmiş humik madde molekülü (Anonim, 2013a)

Yapılarında bulunan önemli kimyasal gruplar (örneğin fenolik ve alkolik bileşikler vb.) humik maddelere negatif (-) elektriksel yük kazandırmak suretiyle katyonları adsorbe edebilirler ve böylece topraklarda şelatör olarak görev yapabilirler. Kil minerallerine göre daha yüksek katyon değişim kapasitesine sahip olan humik maddeler, toprakların katyon değişim kapasitesini arttırarak toprak verimliliğini yükseltirler (Stevenson, 1994). Topraklarda bulunan humik maddelerin, bitkilerin beslenmesinde doğrudan ve dolaylı olarak etkili olduğu bildirilmektedir (Lobartini vd., 1997).

Humik madde kullanımının genel yararları: toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin iyileştirilmesi, toprağın katyon değişim ve su tutma kapasitesinin arttırılması, topraktaki çoğu metaller, mineraller ve organik bileşikler ile çözünebilir veya çözünemez kompleksler oluşturulması, topraktaki besin elementlerin bitki tarafından alınımının arttırılması, kök oluşumu ve gelişiminin desteklenmesi, köklerin kuvvetlendirilmesi ve saçak kök oluşumunun teşvik edilmesi şeklinde sıralanabilir.

Bu çalışmanın amacı, bor ve humik madde uygulamasının bitki gelişimi, bitki besin elementi içerikleri, bitki besin elementi alımı, verim, verim unsurları ve lif kalitesi üzerine etkilerini incelemek, bor x humik madde interaksyonunun olası etkisini ortaya çıkarmak, bor ve humik madde kaynaklarının toprakta yararılı besin elementi dengesi üzerine etkilerini incelemek ve pamuğun fitoremediasyon potansiyelini irdelemektir.



## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1. Toprakta Borun Bulunuşu ile İlgili Çalışmalar

Singh vd. (1976) toprak tekstürü ile toprakta bulunan kilin cins ve miktarlarının B alımı üzerine etki yaptığını ve bitkiler tarafından aynı miktarlarda B alınabilmesi için kaba tekstürlü topraklara göre ince tekstürlü topraklara daha fazla bor uygulanmasının gerektiğini bildirmişlerdir. Bitkilerin kil içeriği yüksek topraklara göre kumlu topraklardan daha fazla B aldığını ve bunun nedenin borun kil mineralleri tarafından adsorbe edilmesinin olduğunu belirterek, kil mineralleri içerisinde B adsorbsiyonunun en yüksek illit tarafından yapıldığını, bunu montmorillonitin izlediği ve en az adsorbsiyonun ise kaolin kil mineralinde görüldüğü ifade edilmiştir.

Cartwright vd. (1984) doğa şartlarında en yüksek bor içeriğinin, deniz sedimentleri, killi ve organik madde içeriği yüksek olan topraklarda belirlendiğini belirtmişlerdir. Ayrıca bor toksisitesinin başlıca kaynakları olarak; bor içeriği yüksek sulama suyu (nehir ve kuyu suları, drenaj sularının toprağa uygulanması), gübreleme, fly ash, endüstriyel atıklar ve kimyasallar olduğunu bildirmişlerdir.

Jin vd. (1987) farklı toprak fraksiyonlarındaki B dağılımını ve bitkiye elverişliliğini incelemek için yaptıkları laboratuvar ve sera çalışmasında, mısır dokusundaki B konsantrasyonunun, toprakların suda çözünebilir B,  $\text{CaCl}_2$  ile ekstrakte edilebilir B, mannitol ile değiştirilebilir B ve asidik hidroksiamin hidroklorür ile ekstrakte edilebilir B ile pozitif ilişkili olduğunu ve B elverişliliği ile ilgili bu dört fraksiyon toplamının toplam B' un sadece % 0.4- 7.6 sını oluşturduğunu ve mısır dokusundaki B konsantrasyonunun  $\text{NH}_4$ -oksalat'la ekstrakte edilebilir B (hem karanlıkta hem de U.V. altında) ve arta kalan B fraksiyonuyla ilişkisiz olduğunu tespit etmişlerdir. Bu ilişkiler amorf ve kristalin Fe ve Al oksihidroksitler ve silikatlardaki B ' un bitki alımı için nispeten elverişsiz olduğunu göstermiştir.

Hou vd. (1994) ardışık olmayan (non-sequential) ekstraksiyon yöntemi ile toplam B' un % 6.32'sini organik olarak bağlanmış B' un oluşturulduğunu bildirmişlerdir.

Yermiyaho vd. (1995) yaptıkları çalışmada, komposttaki organik madde içeriği arttıkça adsorbe edilen borun fraksiyonunun çarpıcı bir şekilde artış gösterdiğini

ve komposttaki organik madde içeriğinin %10 olması durumunda toprağa ilave edilen borun yaklaşık %90'nının topraktaki organik madde karışımı tarafından adsorbe edildiğini belirlemişlerdir.

Velioğlu ve Şimşek (2003) yaptıkları çalışmada, bitki bünyesindeki bor miktarının öncelikle toprak pH' sı ile ilgili olduğunu ifade etmişlerdir. Diğer önemli faktörler ise, bitki çeşidi toprağın bor içeriği, toprakta değişebilir iyonların tipi, topraktaki minerallerin miktar ve tipi, toprağın organik madde miktarı, toprağın sıcaklığı, toprağın ıslanma ve kuruma durumu, toprak-su oranı, ışık yoğunluğu ve genetik faktörleri olarak bildirmektedirler.

Harmankaya ve Gezgin (2005) yaptıkları çalışmada, Konya Ovası tarım topraklarından alınan farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip 19 toprak örneğinde farklı toprak fraksiyonlarındaki bor dağılımını ve bu fraksiyonların değişik toprak özellikleri ile olan ilişkilerini incelemişlerdir. Sonuç olarak toplam borun % 8.10' unu spesifik olarak adsorbe edilmiş B, % 5.26'sını Mn oksidroksetlere bağlanmış B, % 5.48' ini organik bağlanmış B, % 17.86' sını amorf Fe ve Al oksitlere bağlanmış B, % 10.84' ünü de kristalin Fe ve Al oksitlere bağlanmış B fraksiyonu meydana getirdiğini saptamışlardır. Toplam borun en büyük kısmını ise ortalama % 48.35 ile residual B fraksiyonunun oluşturduğunu bildirmişlerdir.

Kacar ve Katkat (2006) topraklarda bitkiye yararlı borun önemli bir bölümünün, organik maddeye bağlanmış şekilde olduğunu ve bu nedenle organik madde içerikleri yüksek olan topraklarda bor miktarının da çoğunlukla yüksek bulunduğunu belirterek bor miktarındaki artışın mikrobiyal parçalanma sonucu borun toprakta yararlı şekle dönüşünden kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Tabelin vd. (2012) yıkama yöntemleri ile kayalardan arsenik, bor ve selenyumun giderilmesi ile ilgili yaptıkları çalışmada arseniğin pH'ya bağımlı, selenyumun asit pH'ya bağımlı olduğunu, borun yıkanmasında ise pH'nın önemi olmadığını ortaya koymuşlardır.

## 2.2. Sulama Suyunda Bor Kaynakları ile İlgili Çalışmalar

Scofield (1936) bitkileri sulama sularının bor içeriklerine göre dayanıklı, yarı dayanıklı ve duyarlı bitkiler şeklinde sınıflandırma sistemine tabi tutmuş ve bu duruma göre, borun bazı sulama sularında toksik konsantrasyonlarda bulunması sonucunda sulama sularının kalitelerinin belirlenmesinde en az tuzluluk ve alkalilik tehlikesi yaratması kadar, önemli bir kriter olarak ele alınması gerektiğini ifade etmiştir.

Okay (1985) ülkemizin çok yüksek bor rezervlerinin ve jeotermal enerji kaynaklarımızın, pek öne çıkarılmayan yan etkisinin, neden oldukları bor kirlenmesi olduğunu belirtmiştir. Borun çözünen bir tuz şeklinde yataklanması nedeniyle, zengin bor yataklarına sahip olan ülkemizin doğal sularında bor seviyelerinin  $7 \text{ mg l}^{-1}$  seviyelerine ulaşabildiği ifade edilmiştir.

Ural (1995) bor içeriği yüksek sular ile yapılan sulama sonucu, Afyon, Aksaray, Bigadiç, Burdur, Konya-Ereğli, Eskişehir, Germencik-Ömerbeyli, Iğdır, Karasaz, Kayseri, Yüksekova ve Salihli yörelerindeki topraklarda, yüksek düzeyde bor kirliliği görülmesine neden olduğunu belirtmiştir. Ayrıca bor madenlerinde üretim sırasında su kaynaklarına boşaltılan borlu drenaj ve yıkama sularının, hem Simav Çayı'nı hem de Ulubat Gölü ile Marmara Denizini kirlettiği ve bu sebeple Simav, su toplama havzası içindeki 117.274 hektar tarım alanından 94.358 hektarının bor kirliliğinden etkilendiğini bildirmiştir.

Aydın ve Seferoğlu (1999) Menderes Havzasında Sulama yapılan bazı alanlarda sulama suyundan gelen borun toprak ve bitkideki durumunu incelemişlerdir. Yeraltı sıcak su kaynaklarının bulunduğu Germencik yöresindeki sulama sularının bor konsantrasyonlarının oldukça yüksek olduğu görülmüş ve sulama suyu B içeriklerinin 0.33 ile  $6,41 \text{ mg l}^{-1}$  arasında değiştiği bildirilmiştir.

Okur vd. (2001) Büyük Menderes nehriindeki kirliliğin boyutlarını aylık ve mevsimsel olarak saptamak amacıyla yaptıkları çalışmada, nehrin B konsantrasyonunun yıl boyunca eser -  $6.2 \text{ mg B l}^{-1}$  arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Boncukçuoğlu vd. (2003) bor ihtiva eden kil minerallerinin, atmosferik olayların etkisiyle suya bor vererek, bununda su ile borik asit oluşturduğunu

kaydetmişlerdir. Bu sebeple sıcak su kaynaklarında ve volkanik arazilerden çıkan sularda oldukça yüksek konsantrasyonlarda bor bulunduğunu belirtmiş ve bundan başka boratların deterjan olarak kullanıldığı yerlerde, göletlerde, depolanan endüstriyel ve atık sularda bor konsantrasyonunun yüksek olacağını vurgulamıştır.

Uygan ve Çetin (2004)' e göre sulama sularının ve bu sularla sulanan tarım alanlarının çeşitli toksik elementlerce kirlenmesi tarımsal üretimi sınırlayan en önemli faktörlerden birisidir. Sulama suyundaki B konsantrasyonu belirli sınırları aştığında, bitki büyümesi durmakta, bitki yaprağında sararma, yanma ve yarılmalar, olgunlaşmamış yapraklarda dökülme ve büyüme hızının yavaşlaması ile bitki veriminde azalmaların meydana geldiğini bildirmiştir.

Kanber (2007) Aydın ilinde bazı yer altı ve yüzey sularının kirlilik düzeylerini saptamak amacıyla yapılan çalışmada, sulama sularının B içeriklerinin: 0.47 ile 8.23 mg l<sup>-1</sup> arasında olduğu bildirmiştir.

### **2.3. Borun Metabolik İşlevleri ile İlgili Çalışmalar**

Paul vd. (1992) bitkilerdeki bor toksisitesinde, bitkinin genetik farklılıklarının rolü oldukça önemli olduğunu belirtmişlerdir. Arpa, buğday, yonca ve bezelye gibi türlerin, topraktaki veya besin çözeltisindeki yüksek konsantrasyondaki bora dayanma kapasitelerinin, bu bitkilerin genotipik farklılıklarından kaynaklandığını ortaya koymuşlardır. Bu farklılıkların, borun köklerden alınımı ve sürgünlere iletimi sırasında ortaya çıkan kısıtlamalardan ileri geldiğini ve bunun da, borun kök hücrelerinin plazma membranından sınırlı pasif geçişine izin verilmesi temeline dayandığını vurgulamışlardır.

Marschner (1995) borun, plazma membran bütünlüğünde ve fonksiyonlarında oynadığı rol, bor içeriği bakımından fakir ve zengin ortamda yetiştirilen ayçiçeği yapraklarında, potasyumun dışarı verilisindeki değişim ile izlenebileceğini belirterek, bor noksanlığı olan yapraklarda, efflux potasyum oranı, bor içeriği yüksek olan yaprağa göre daha fazla bulunduğunu belirtmiş ancak, potasyum çıkışının yapraklara ilave bor uygulaması ile durdurulmuştur. Bu durum borun hücre çeperi kararlılığını ve plazma membran bütünlüğünde oynadığı rolü gösterdiğini ifade etmiştir.

Çakmak vd. (1995) ayçiçeği bitkisinde yaptıkları çalışma sonucunda; borun plazma membranları üzerinde özel bir rolü olduğunu ve membran elemanlarını fenoliklerle kompleks oluşturarak koruduklarını ve bunu, fenoliklerin oksidasyonu ile yüksek toksik düzeylere ulaşması ve serbest oksijen radikallerinin oluşumunu önleyerek yaptıklarını belirtmişlerdir.

Prasad ve Power (1997) bitkilerin bor içerikleri üzerine en önemli etkileşimin Ca ve B arasında olduğu ve bitkilerdeki Ca:B oranına bağlı olarak bu etkileşimin değiştiğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar Ca:B oranı 10:45 olduğunda arpa bitkisinde bor toksisitesi görüldüğünü, bu oran 180 olduğunda optimum gelişme sağlandığını ve oranın 697 den daha fazla olduğu durumlarda B noksanlığı ortaya çıktığını rapor etmektedirler.

Mahboobi vd. (2000) toksik bor konsantrasyonları altında yaptıkları çalışmalarında, yaprak ve kök proteinleri incelemişler ve sonuç olarak stres koşullarındaki yapraklarda protein içeriğinin arttığı ve moleküler ağırlığı farklı, yeni proteinlerin sentezlendiği saptamışlardır.

Kaur vd. (2008) yüksek B konsantrasyonlarına dayanıklı çin lahanasının genetik mekanizmalarını inceledikleri çalışmalarında, elde ettikleri F1, F2, F3 döllerinde tolerans mekanizmalarını değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda, tolerans üzerine 2 önemli genin etkili olduğu ortaya koymuşlardır.

Demiray vd. (2011) bitkilerin doğada sürekli biyotik ve abiyotik stresle mücadele ettiklerini ve bor toksisitesinin önemli bir abiyotik stres olduğunu belirterek bor toksisitesinin bitkinin protein ekspresyonundaki değişimlere, aktivitesine, lokasyonuna ve konsantrasyonuna bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Yaptıkları bu çalışmada havuç bitkisinin kök hücrelerinde aşırı bor stresin ile bağlantılı proteinlerin tanımlanması ve Niasin' in protein profiline olan etkisini araştırmışlardır. Protein profilinin bor ve niacin varlığındaki değişimini sodyum dodesil sülfat poliakrilamid jel elektroforez (SDS PAGE) yöntemi ile incelemişler ve 6 farklı proteinin bitki savunma mekanizmasında tanımlandığını ifade etmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre bitki savunma mekanizmasında rol alan proteinlerin sentezi ve ekspresyonunun yetiştirme ortamındaki bor ve niacin varlığıyla değiştiğini ve şekillendiğini vurgulamışlardır.

## 2.4. Borlu Gübreleme ile İlgili Çalışmalar

El-Gharably ve Bussler (1985) pamuğun (*Gossypium herbaceum*-Etawa) alt ve üst kritik B seviyelerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada; Bor noksanlığı kritik seviyesinin köklerde 103, genç yapraklarda 61 ve yaşlı yapraklarda 78 mg kg<sup>-1</sup> olduğunu ve kritik toksisite seviyelerinin ise sırasıyla 129, 80 ve 91 mg kg<sup>-1</sup> olduğunu belirtmişlerdir. Pamuğun maksimum gelişimi, suya uygulanan 1 mg kg<sup>-1</sup> B dozundan elde edildiğini ortaya çıkarmışlardır. Yüksek B dozlarına bağlı olarak bitki Zn, Fe ve Mn içeriği azalırken B ve Cu konsantrasyonlarının arttığı, B uygulamaları ile ölçülen parametreler arasında önemli korelasyonların olduğu bildirilmiştir.

Alpaslan vd. (1996) tarafından sera koşullarında besin çözültüsüyle yetiştirilen buğday bitkisine, artan düzeylerde bor ve azot uygulanmış ve bitkilerin gelişmesi ile bor, azot ve nitrat kapsamları üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmalar sonucunda artan miktarlarda uygulanan B, buğday bitkisinin kuru madde miktarını ve nitrat kapsamını azaltırken, B kapsamını arttırmıştır. Azot uygulaması, bitkinin kuru madde miktarını, azot ve nitrat kapsamını arttırırken, Bor kapsamını azaltmıştır. Yüksek dozlarda azot uygulaması bitkide B toksisitesini azaltmıştır. Düşük B düzeylerindeyse bitkide nitrat biriktiği gözlemlenmiştir.

Guertal vd. (1998) 4 farklı lokasyonda yapraktan uygulanan B' lu gübrelerin pamuğun kuru madde verimine, bitki B içeriğine ve B alımına etkisini araştırmışlardır. Her bir bölgede, B uygulaması sonucu bitkilerin B alımının ve bitki B konsantrasyonunun önemli ölçüde değiştiği bildirilmiştir. Ayrıca bor kaynağı olarak, suda çözünebilirliği yüksek ve yapraktan beslemeye uygun olan sodyum boratın (Na<sub>2</sub>B<sub>8</sub>O<sub>13</sub>-4H<sub>2</sub>O) kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Güneş vd. (2000) domates bitkisinde, toprağa uygulanan 10 ve 20 mg kg<sup>-1</sup> bor düzeylerinde toksisite belirtilerinin ortaya çıktığını ve bu durumun bitkinin yaş ve kuru ağırlığını belirgin bir şekilde azalttığını belirterek çinko uygulaması ile borun gelişme üzerindeki sınırlayıcı etkisinin kısmen giderildiğini bildirmişlerdir.

Topal vd. (2002) yaptıkları çalışmalarında tarla şartlarında bir makarnalık buğday çeşidine belirli miktarlarda Bor uygulaması ile buğday bitkisinin gelişimine etkilerini araştırmışlardır. Elverişli B içeriği düşük olan kireçli bir toprakta yapılan

çalışmalar sonucunda dane veriminde, başakta dane sayısında ve başak sayısında artış meydana geldiğini gözlenlemiştir.

Ermiş (2002) arpa üzerinde yapılan bir araştırmada bitkilerin yapraklarına bor püskürtülmesiyle N, Cu ve Zn konsantrasyonlarının değişmediği; P, Ca, Mg ve Mn konsantrasyonlarının azaldığı; K ve B konsantrasyonlarının ise arttığını tespit edilmiştir.

Yorgancılar ve Babaoğlu, (2005) Orta Güney Anadolu tarım bölgesinde yaygın olarak yetiştirilen makarnalık (*Triticum durum* Desf., Kızıltan-91, Kunduru-1149, Selçuklu-97) ve ekmeçlik (*Triticum aestivum* L., Bezostaja-1, Gerek-79, Gün-91) buğday çeşitlerinde farklı bor uygulamalarının çimlenme üzerine etkileri in vitro ve saksı denemeleri ile incelemişler ve bitkilerin bor içeriklerinin 29.16 mg kg<sup>-1</sup> altına düştüğünde bitkilerde bor noksanlığının başlayacağını bildirmişlerdir.

Gülümser vd. (2005) yaptıkları çalışmada fasulyeye (*Phaseolus vulgaris* L.) yapraktan ve topraktan uygulanan farklı bor dozlarının (0, 0.5, 1.0, 1.5 ve 2.0 kg ha<sup>-1</sup>) verim ve verim unsurlarına etkilerini incelemişlerdir. Analiz sonucunda, bor dozlarının ilk bakla yüksekliğine, tanenin bor içeriğine, çimlenme oranına, 1000 tane ağırlığına ve tane verimine önemli düzeyde etkisi olduğunu bildirmişlerdir. Sonuç olarak, borun yapraktan ve topraktan uygulanmasının önemli derecede etkili olduğunu saptamışlardır.

Oluk vd. (2006) bor fazlalığının Ayçiçeği bitkisinin kök gelişimi ve anatomisi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Ayçiçeği tohumlarının in vitro (kontrollü) koşullarda çimlendirilip ortama belirli miktarlarda bor verilerek bitkinin kök gelişimine etkileri araştırmışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda bor fazlalığı kökün ksilem borusu sayısında bir azalmaya yol açarken lateral kök oluşumunda ise bir artışa neden olduğu belirlenmiştir.

Fontes vd. (2008) Brezilya koşullarında yetiştirilen pamuk çeşitleriyle yaptıkları çalışmada, toprağa artan dozlarda bor uygulanması sonucunda, bitki yaprak bor içeriğinin kimi türlerde doğrusal ve kuadratik olarak arttığını bildirmişlerdir.

Chatzissavvidis ve Therios, (2010) zeytin çeşitleri üzerine sulama suyu ile uygulanan B dozlarının (0.27, 0.5, 1, 2.5, 5 ve 10 mg B l<sup>-1</sup>) etkisini incelemişlerdir. 185 günlük yetiştirme periyodundan sonra bitkiler komponentlerine ayrılmış ve analizleri yapılmıştır. Sonuçlara göre yaprak sayısı

ile B dozunun negatif ilişki gösterdiği, çeşitler bazında yaprak ve bitki boyunda kısalma ile daralma gözlemlendiği ifade edilmiştir. Öte yandan yaprak ve gövdenin kuru ağırlığındaki değişimlerin önemsiz olduğu, N, P ve Fe içeriklerinin etkilenmediği, K, Ca ve Zn artan B dozlarına karşı azaldığı ve Mn, Mg içeriklerinin arttığı belirtilmiştir.

Koç (2011) yaptığı çalışmada, sulama ağı ile Aşağı Menderes havzasını sulayan büyük menderes nehrinin bor içeriğinin tarım arazilerine olan etkisini araştırmıştır. 2008-2009 yıllarında 7 farklı istasyonda yapılan ölçümlerde suların B içeriği 0.1 ile 0.43 mg B l<sup>-1</sup> değiştiğini, tarımsal alanlar ile havza yeraltı su kaynaklarının B kirliliğinden etkilendiğini ve topraklarda ve sızıntı ile yeraltı sularında, sulama ile 9153 kg B yıl<sup>-1</sup> aktarıldığı bildirilmiştir. Sulanan alanlarda B birikiminin 670 – 4521 g B ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup> olduğu ve toprakların, yeraltı sularının, çevre koşullarının olumsuz etkilendiği belirtilmiştir. Nazilli, Sultanhisar sulama sahalarının tehdit altında olduğu ve bu tehdidin Kızıldere jeotermal tesis ile Tekke termal kaplıcalardan kaynaklandığı ifade edilmiştir. Ayrıca meyve, sebze ve tahıl ürünlerinin sulama suyundaki B konsantrasyonundan olumsuz etkilendiği bildirilmiştir.

Panhwar vd. (2011) sera koşullarında, bor ve çinko noksanlığı olan topraklarda, farklı seviyelerdeki bor (0, 0.5, 1.0, ve 1.5 kg B ha<sup>-1</sup>) ve çinkonun (0 ve 5 kg Zn ha<sup>-1</sup>) mısır bitkisine ve toprak mikrobiyal dinamizmine olan etkisini incelemişlerdir. Sonuçlar incelendiğinde en yüksek bitki boyu (109 cm), kök uzunluğu (30,67), yaprak alan indeksi, klorofil içeriği ile kök gövde kuru ağırlığı 0,5 kg B + 5 kg Zn/ha uygulaması ile elde edildiğini bildirmişlerdir. Bor ve çinko kombinasyonu ile toprak bakteri popülasyonunda artışlar olduğu, en yüksek rizosfer bakteri popülasyonunun 0,5 kg B + 5 kg Zn/ha uygulamasında görüldüğü bildirilmiştir. Öte yandan 1,0 kg B + 5 kg Zn/ha uygulaması ile toprak bakteri popülasyonunda toksik etkinin görüldüğü bildirilmiştir. Borun biyokütle artışında önemli bir rolünün olmasına rağmen aşırı borun toprak bakteri habitatını zehirlediği bildirilmiştir. Sonuçta 0,5 kg B + 5 kg Zn/ha uygulamasının yüksek mısır verimi ile toprak mikrobiyal dinamizmi ile dost olabileceğini tartışmışlardır.

Ullah vd. (2012) yapraktan uygulanan B' un (% 0.1, 0.2, 0.3 ve 0.4) mandarinin vejetatif ile generatif gelişimine, verim ve meyve kalitesine olan etkisini araştırdıkları çalışmada; uygulanan bor, N, P, K, B ve Zn içeriklerini arttırdığı ve bazı vejetatif özellikler üzerine olumlu etkilerinin olduğu bildirilmiştir. Ayrıca



verim ve meyve kalitesi üzerine etkili parametreler üzerinde de önemli ölçüde artışlar olduğu beyan edilmiştir.

Apostol vd. (2013) 0.5, 1, 2 mM bor dozlarının 6 aylık banks çamı fidanlarında su ve besin elementi alımı üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada, 6 haftalık fidanlarda genel olarak borun bitki gelişimini önemli düzeyde etkilemediği, ilerleyen dönemlerde ise borun bitki gelişimini etkilediği görülmüştür. Bor uygulaması ile stoma iletkenliği, su alımı etkilenirken, K, P, Ca, Mg ve S alımları ile fotosentetik pigment içeriğinin kısa vadede etkilenmediği, ancak uzun dönem B uygulamalarında bu parametrelerin de olumsuz etkilenebileceği belirtilmiştir.

## **2.5. Bor Toksisitesi ile İlgili Çalışmalar**

Saatçi vd. (1988) farklı sulama yöntemlerinin turuncgillerin bor içeriğine olan etkisini araştırmışlardır. 0.5 mg l<sup>-1</sup> bor içeren sulama suyunun yağmurlama sistemi ile kullanılması sonucunda, turuncgil yapraklarında bor toksisitesi görülmüş ve yapraktaki bor miktarı 200-250 mg kg<sup>-1</sup> gibi yüksek bir konsantrasyonda bulunmuştur. Aynı su, karık sulama yöntemine göre verildiğinde ise turuncgil yapraklarındaki bor miktarının, 50-100 mg kg<sup>-1</sup> gibi normal sınırlar içerisinde bulunduğunu saptamışlardır.

Yadav vd. (1989) bor toksisitesinin, noksanlığı kadar yaygın olmasa da dünyanın kurak ve yarı kurak bölgelerinde büyük bir sorun oluşturduğunu bildirmişlerdir. Tuzluluk ve borun nohutun çimlenme, büyüme ve mineral bileşimi üzerine etkileri araştırdıkları çalışmalarında, yüksek bor içeriğine sahip tuzlu toprakların çimlenme ve büyüme üzerine olumsuz etkilerinin, tuzlu ve bor noksanlığı görülen topraklardan daha fazla olduğu belirtilmiştir.

Özkara (1991) farklı bor derişimlerdeki suların, fasulye, ayçiçeği ve çeltik bitkilerinin gelişmeleri, verimleri ve toprakta biriken bor miktarı ilişkilerini araştırmıştır. Sulama suyunun 0.5 ppm'den 16 ppm'e kadar değişen bor düzeyleri; fasulye, çeltik, ayçiçeği ürün verimini azaltıcı etki yapmışlardır. Sulama suyu bor düzeyi ile verim ilişkileri negatif, sulama suyu bor düzeyi ile toprakta bor birikimi pozitif yönde bulunmuştur.

Bergmann (1992) termik santrallerde enerji kaynağı olarak kullanılan linyit kömürlerinin kompozisyonunda 4-300 mg kg<sup>-1</sup> düzeyinde bulunan borun, uçucu küller (fly ash) ile çevreye yayılarak B toksisitesine yol açabileceğini kaydetmiştir.

Rozema vd. (1992)' a göre bor toksisitesine halofit bitkiler, glikofit bitkilerden daha toleranslıdır. Halofitik bitkiler çeşitli savunma mekanizmaları sayesinde yüksek bor konsantrasyonlarını tolere edebilmektedirler. Halofitik *Atriplex litoralis*, *Matricaria maritima* ve *Elymus* sp.' nin yapraklarında yüksek konsantrasyonlarda bor içermesine rağmen büyümelerinde herhangi bir azalma görülmez. Bunun nedeni sahip oldukları tuz salgı bezleri sayesinde yüksek bor konsantrasyonunu uzaklaştırabilmeleridir. Halofitik *Spartina anglica* bitkisi bor toksisitesine maruz bırakıldığında gövdedeki toplam borun yaklaşık % 20-28' ini salgı yoluyla bitkiden atabilmektedir. Halofitik *Plantago maritima* ise borun etkili olarak bağlanabildiği sorbitol üretir ve bu sayede B toksisitesini tolere etmektedir. Borun şekerle kompleks yapması, bor toksisitesine dayanıklılık ve toksisiteyi azaltma mekanizması olarak düşünülmektedir.

Nable vd. (1997) toprakların en önemli bor kaynaklarının sulama suları olduğunu, yüksek seviyede bor içeren toprakların ıslahının zor olduğunu ve en çok kullanılan yöntemin ise yıkama olduğunu belirtmişlerdir. Bunun yanısıra kireç, jips uygulamaları ve bor toleransı yüksek çeşit seçimlerinin de bir yöntem olduğunu vurgulamışlardır. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda bor toksisitesine karşı bitkinin verdiği bazı tepkilerin açıklığa kavuştuğu ve bora tolerant bitki çeşitlerinin beslenme mekanizmalarını kolaylaştırdığı belirtilmiştir. Yüksek bora karşı oluşan bu genetik değişimlerin, çoğu bitki için benzer olduğu ve aynı mekanizmayı kullandıkları belirtilirken anılan sistemin, bor alımının kök ve gövde yardımıyla azaltılması olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca bu tolerans mekanizmasının birkaç büyük eklemeli genlerin kontrolünde olduğu ve bazı türlerde tanımlanan bu genlerin spesifik kromozom yerlerinde olduğu bildirilmiştir. Sonuç olarak kayda değer bir başarının sağlandığını ve genetik değişimlerin sayesinde bitkilerin beslenmesinin kolaylıkla takip edilebildiği belirtilmiştir.

Güneş vd. (1999) mikro besin elementi olan çinkonun B toksisitesi ile ilişkisini değerlendirmek amacıyla yaptıkları çalışmada, kontrole ek olarak 3 farklı B dozu (5-10-20 mg B kg<sup>-1</sup>) ve 3 farklı Zn dozu (0-10-20 mg Zn kg<sup>-1</sup>) uygulamışlardır. Çalışmada B toksisitesinin etkileri 10- 20 mg B kg<sup>-1</sup> dozlarında görülmüş, çinkonun ise bor toksisitesinin olumsuz etkilerini azalttığı tespit edilmiştir.

Gemici ve Tarcan (2002) jeotermal sularında B ve Arseniğin (As) çevresel sorunlara ve kirlenmeye neden olan en önemli kirleticilerden olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada, İzmir Balçova termal alanında jeotermal su, yüzey suları ve yeraltı sularını temsil eden, sondaj ve kaynaklardan toplam 36 adet örnekleme noktasından su örneği alındığını ve örnekler üzerinde B ve As analizleri yapıldığını belirtmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre, B konsantrasyonunun 0.1–21.3 mg l<sup>-1</sup>, As konsantrasyonunun ise 0.7–1419.8 mg l<sup>-1</sup> arasında değiştiğini ifade etmişlerdir.

Wimmer vd. (2003) tuzluluk ile B toksisitesinin yarattığı stresin, buğday yapraklarında hücre içi ve dışı çözünür B konsantrasyonunu ciddi şekilde arttırdığını belirtmişler ve bunun nedeni olarak tuzun, suyun yapısını değiştirmesiyle ilişkilendirmişlerdir. Elde ettikleri bulgulara göre, hücre içi ve dışı protein yapısının kalitatif ve kantitatif olarak değiştiği ve bu değişimin hücre çeperinin yapısını da değiştirebileceği ifade edilmiştir.

Ardıç (2006) yaptığı çalışmada B toksisitesine toleransı bilinmeyen iki nohut türüne belirli miktarlarda B uygulayarak borun bitkilerin fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkisini araştırmıştır. Bitkilerde B toksisitesi belirtileri ilk olarak yapraklarda görülen nekrotik bölgeler olarak gözlemlenmiş, daha sonra da kök ve gövde gelişiminin etkilendiği görülmüştür. İki nohut çeşidinde oluşan zararlar ve biriken B miktarları birbirinden farklı olduğu görülmüştür. Bitkilerde B sırasıyla en fazla yaprak ve gövdede, en az ise köklerde birikmiştir. Ayrıca nohut çeşitlerinde birbirlerinden farklı olarak B toksisitesi sebebiyle enzim miktarlarında değişim görüldüğü ifade edilmiştir.

Baykal ve Öncel (2006) iki buğday türüne ait 2 genotipin B toksisitesine tepkilerini incelemiştir. Sera koşullarında yetiştirilen fidelere 0 ile 75 mg B kg<sup>-1</sup> aralığında değişik miktarlarda B uygulanarak buğday fidelerinin B toksisitesine olan toleransı araştırılmıştır. Deneme sonunda, bitkilerde fide boyu ve kuru madde miktarlarının azaldığı, B miktarının arttığı tespit edilmiş ve incelenen iki genotip arasında B toksisitesine toleransta önemli farklılıklar olduğu belirtilmiştir.

Kaur vd. (2006) B toksisitesine toleranslı çin lahanasının 2 farklı çeşidi olan (WWY Sarson ve Local) ile yaptıkları çalışmada, bora en dayanıklı çeşitlerin topraktan 4.29-54 mg B kg<sup>-1</sup> kaldırdığını belirtmişlerdir. Topraktan kaldırılan borun büyük kısmının gövdede biriktirildiği ortaya konmuştur.

Türkan (2006) bor toksisitesine toleranslı ve duyarlı olan iki buğday çeşidi fidelerinde farklı fosfor konsantrasyonlarının fide boyu, kuru madde ve oransal su içeriği miktarı üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Sonuç olarak bor toksisitesi altındaki fidelerin boy uzunluklarında ve oransal su içeriklerinde uygulanan fosfor konsantrasyonlarına bağlı olarak önemli bir değişiklik bulunmamıştır. Bor toksisitesi altındaki fidelerdeki azalan kuru madde miktarı fosfor konsantrasyonlarına bağlı olarak azalmıştır. Elde edilen sonuçlar bor toksisitesinin fosfor uygulamaları ile giderilebileceğini göstermiştir.

Ahmed vd. (2008) kurak koşullarda pamuğun kritik B toksisite seviyesini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada; artan B dozlarına bağlı olarak bitki kuru madde veriminin düştüğünü, en yüksek kuru madde veriminin 2 mg B kg<sup>-1</sup> dozunda elde edildiğini, buna karşın 5 mg B kg<sup>-1</sup> dozunda maksimum kuru madde veriminin % 90' nın elde edildiğini ve ilk toksisite belirtilerinin bu dozda görüldüğünü bildirmişlerdir. Ayrıca yüksek B dozlarında yaprak dokularında N, Ca, Mg, Mn, Zn ve Fe içeriklerinde azalma olduğu ancak P, K ve Cu içeriklerinde istatistiksel açıdan artış olduğu belirtilmiştir.

Chatzissavvidis vd. (2008) yaptıkları çalışmada zeytin çeşitlerinin yüksek bora (10 mg B l<sup>-1</sup>) olan olası toleranslarını incelemiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde yüksek borun bitki gelişimini azalttığı, öte yandan kültürel çeşitler ile deliceler, hatta anaç çelik kombinasyonları arasında dahi bitki organlarındaki B birikimlerinde değişiklikler gösterdikleri bildirilmiştir.

Oluk ve Latif (2008) yaptıkları bir çalışmada borun soya fasulyesinin büyümesi ve gelişmesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre tohum çimlenme oranları bor uygulamasından olumsuz olarak etkilenmemiştir. Fazla bor uygulamasının gövde boyunu arttırıcı yönde etki yaptığı ancak kök boyunda bir azalmaya yol açtığı belirlenmiştir. Ayrıca yüksek bor, bakla sayısını arttırmış, tohum tane ağırlığı ise azalmıştır.

Ardıç vd. (2009) nohut (*Cicer arietinum* L.) bitkisine ait Gökçe ve Küsmen çeşitleri ile yaptıkları çalışmada 3 farklı bor konsantrasyonlarının (0.05 mM-1.6 mM-6.4 mM) antioksidant enzim içeriklerine etkisini incelemiştir. Uygulama çeşitler arasında farklı etki yaratmakla birlikte, en yüksek B dozunun her iki çeşitte de kök uzunluğu ve kuru madde içeriğini olumsuz etkilediği belirtilmiştir. Yüksek dozlarda B uygulanan bitkilerde süperoksitdismutaz (SOD), peroksidaz (POX)

aktivitelerinin arttığı, katalaz (CAT) aktivitesinin de çeşitlere bağlı olarak değiştiği ortaya konmuştur. Araştırma bulguları Gökçe çeşidinin B stresine bağlı oksidatif strese karşı daha dirençli olduğunu göstermiştir.

Sheng vd. (2009) 2 farklı portakal çeşidi Newhall ve Skagg's Bonanza çeşitlerinde yapraktan uygulanan B konsantrasyonlarının ( $0.01-2.50 \text{ mg l}^{-1}$ ) etkilerini inceledikleri çalışmada,  $0.05 \text{ mg l}^{-1}$  B dozundan sonraki dozlarda her iki çeşitte de kuru madde içeriği, bitki ağırlığı ve kök hacminin olumsuz etkilendiği görülmüştür. Bunun yanı sıra diğer araştırma bulguları B uygulaması altında bitki gelişiminin Newhall çeşidine göre Skagg's Bonanza çeşidinde daha iyi olduğunu ortaya koymuştur.

Öztürk vd. (2010) 8 kanola çeşidinde bor toksisitesi ile ilgili yaptıkları çalışmada, bor toksisitesinin etkilerinin çeşitler arasında farklı olduğunu, ancak dane veriminin yaklaşık % 31 azaldığını belirtmişlerdir. Bunun yanı sıra toksik düzeyde bor ( $15 \text{ kg B ha}^{-1}$ ) uygulaması ile dane protein ve yağ içeriklerinin de azaldığını, yaprak B konsantrasyonunun ise arttığını ortaya koymuşlardır. Bulgular çeşitler arasında farklar gözetilerek değerlendirildiğinde, Star ve Pactol çeşitlerinin diğerlerine oranla toksik B konsantrasyonlarına daha dayanıklı olduğunu belirtmişlerdir.

Schnurbusch vd. (2010) Avustralya'da arpa ve buğdayda bor toksisitesine karşı toleransı belirlemek üzere yaptıkları survey çalışmasında, bor toksisitesine karşı bitkilerin göstermiş olduğu moleküler ve fizyolojik mekanizmaların belirlendiği belirtilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bilgiler ışığında bor toksisitesine dayanıklı arpa ve buğday çeşitlerinin geliştirilmesinin Avustralya'daki tarım için önemli olduğu vurgulanmıştır.

Guidi vd. (2011) serada topraksız kültür ortamında yetiştirilen domateslere sulama suyu ( $0-550 \text{ mg NaCl l}^{-1}$  ve  $0.5 - 2 \text{ mg B l}^{-1}$ ) vererek klorofil floresansını ölçmüşlerdir. Yüksek B konsantrasyonunun yaprak kenarlarında nekrozlar oluşturduğu, yüksek tuz seviyelerinde yüksek borun etkisinin azaldığı ve kök bölgesinde arttığı belirtilmiştir. Yaprığın ortasında ve kenarlarında klorofil floresansında önemli farklılıklar olduğu ve fotosentetik aktivitenin azaldığı belirtilmiştir.

Onthong vd. (2011) kauçuk, ahşap mobilya fabrika atıksularının büyük miktarlarda bor içerdiğini ve bitkilerde olağandışı belirtilere sebep olduğunu işaret etmişlerdir. Yaptıkları çalışma ile atıksulardan kaynaklanan bor kirliliğinin toprak profili boyunca nasıl değiştiğini ve domates yetiştirerek, temiz su ile karşılaştırmasını yapmayı amaçlamışlardır. Atıksulardan kaynaklanan bor toksisitesi bitki gelişimini azaltmış ve bitkinin yaşlı yapraklarında marjinal klorozlar ve nekrozlar meydana getirdiğini bildirmişlerdir. Saf su ( 167.5 mm, tarla kapasitesi) ile toprağın yıkanması sonucunda toprağın B içeriği (0-15 cm) 11,11 mg kg<sup>-1</sup> dan 2.83 mg kg<sup>-1</sup> a düştüğü ve borun alt toprak katmanlarında biriktiğini bildirmişlerdir. Yıkanan alanlarda temiz su kullanımı ile bitki yüksekliği, yaprak sayısı ve kuru madde verimi gibi parametrelerde kontrole göre artışlar meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Palta ve Gezgin (2011) tarafından Orta Anadolu koşullarında mısırdaki yapılan bir çalışmada, mısır çeşitlerinin B toksisitesine duyarlılıkları araştırılmıştır. Çalışmada saksılara 0-40 mg B kg<sup>-1</sup> aralığında değişik miktarlarda B uygulanmıştır. Sonuçta bitkilerin B konsantrasyonları arasındaki ilişkilerden yararlanılarak mısır çeşitlerinin B toksisitesine hassasiyetleri ortaya çıkarılmış ve yüksek bora hassasiyeti düşük olan çeşitlerin yüksek olan çeşitlere göre daha fazla Bor içerdikleri saptanmıştır.

Wang vd. (2011) bor toksisitesinin fotosentez kapasitesini düşürdüğü, reaktif oksijen türlerini ve membran lipid peroksidasyonunu arttırdığını bildirmişlerdir. Ayrıca orta seviye bor stresinin, reaktif oksijen türlerine olan süpürücü etkisi nedeniyle bitkinin dayanımını arttırabileceği vurgulanmıştır.

Banon vd. (2012a) kurak iklimlerde sulama sularında yüksek tuzluluk ve borun birlikte meydana geldiğini belirtmişlerdir. Yaptıkları sera çalışmasında, sardunya bitkisinde yüksek tuz (2-9 dS m<sup>-1</sup>) yüksek borun ( 1-10 mg l<sup>-1</sup>) ve interaksiyonlarının bitki gelişimi, su ilişkileri, gaz değişimi, fotokimyasal performansı ve iyon alımı üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Bor toksisitesinin toprak üstü aksamların kuru ağırlığını azalttığı ve olgun yaprakların kenarlarında yanmalar meydana getirirken, toprak üstü aksamlarda tuzluluğun azaldığı ve yapraklarda küçük gözle görülebilir zararlar meydana getirdiği bildirilmiştir. Yüksek tuz seviyesinde, düşük tuz seviyesine göre bor toksisitesinde azalmalar meydana geldiği hem görsel hem de nicelik bakımından tespit edildiği bildirilmiştir. Yüksek tuzluluk ve borun bitki gelişimini azalttığı, toksisite

görülme-yen yapraklarda fotokimyasal performansta zararlı etkilerinin olmadığı, etkileşimin negatif yönde etki yarattığı öte yandan evapotranspirasyon, yaprak tuz ve klor içeriği üzerine arttırıcı etki yaptığı bildirilmiştir.

Banon vd. (2012b) sera koşullarında yaptıkları saksı çalışmasında tuz (2 ve 6 dS m<sup>-1</sup>) ve bor (1 ve 6 mg l<sup>-1</sup>) interaksyonunun, kartopu bitkisinin bitki gelişimi, bitki su içeriği, klorofil floresansı, gaz değişimi ve Na, Cl ve B konsantrasyonları üzerine etkisinin incelemiştir. Aşırı bor ve tuzluluk ile bitki kuru madde ağırlığı azaldığı ve tuz ve bor interaksyonunun bitki kuru ağırlığı üzerindeki etkisinin önemsiz olduğu bulunmuştur. Tuzluluğun yaprakların Na ve Cl içeriklerini arttırdığı ve yapraklarda yaralanmalar meydana geldiği saptanmıştır. Ancak B toksisitesi ile yaprakların Na ve Cl içerikleri değişmemiş, yaşlı yapraklarda yanmalar meydana gelmiş ve yaprakların B içeriğinin 1385 mg kg<sup>-1</sup> çıktığı bildirilmiştir. Tuzluluğun bu değeri 425 mg kg<sup>-1</sup> düşürdüğü ve bunun B ile tuzun interaksyonunun etkisi olduğu bildirilmiştir. Tuzluluk, stoma iletkenliğini ve fotosentezi düşürürken yaprakların su parametreleri de etkilenmiştir. Sonuç olarak kartopu bitkisinin B toksisitesine hassas olduğu, tuzluluğun bor birikimini azalttığı ancak B toksisitesinden kaynaklanan zararlanmaları önleyemediği ve B toksisitesi ile tuzluluğun, kalitesi düşük ticari bitkilere neden olduğu vurgulanmıştır.

Choi vd. (2012) yaptıkları çalışmada gübre çözeltilerinin içindeki B konsantrasyonunun çilek gelişimine ve besin elementi alımına etkisi araştırılmıştır. Kuru ağırlık üzerinde doku testleri yapılarak bitkilerde bor toksisitesinin başladığı eşik belirlenmiştir. Gübre çözeltilerindeki bor seviyesi yükseldikçe bitkilerin gelişmesinin önemli ölçüde kısıtlandığı ve toksisite belirtilerinin yaşlı yapraklarda görüldüğünü, genç yapraklarda ise damarlararası klorozun ortaya çıktığı belirtilmiştir. Öte yandan çözeltide artan bor dozları ile dokuların K, Ca ve Mg içeriklerinin etkilenmediği, P içeriğinin ise düşme eğiliminde olduğu ve Fe ve Zn içeriklerinde dalgalanmalar olduğu vurgulanmıştır. Bitki gelişiminde % 10 azalma eşiği dikkate alındığında çeşitler arasında farklılık göstermek suretiyle 62.5 mg B kg<sup>-1</sup> seviyesinin üzerinde toksisitenin başladığı bildirilmiştir.

Masood vd. (2012a) yaptıkları çalışmada B ve tuz stresi interaksyonunun antioksidatif aktiviteler (toplam antioksidatif kapasite, luminol dönüştürücü peroksidaz kapasitesi, katalaz aktivitesi, glutasyon reduktaz enzim aktivitesi) karşısındaki etkinliği incelenmiştir. Buğday bitkisi hidroponik koşullarda yetiştirilmiş, çimlenmeden 6 hafta sonra analizlerinin yapıldığı belirtilmiştir.

Çalışmada 2.5 µM B (kontrol), 75 mM NaCl, 200 µM B ve 75 mM NaCl + 200 µM B uygulamalarının yapıldığı bildirilmiştir. Bulgulara göre tuz stresi altında gövde yaş, kuru ağırlığının ile bitki su içeriğinin azaldığı oysa enzimlerin antioksidatif aktivitelerinin arttığı ifade edilmiştir. Yüksek bor uygulamasının nekrozlara sebep olduğunu ancak gelişim parametrelerini etkilemediği belirtilirken, NaCl+ B uygulaması ile enzim aktivitelerinden sadece toplam antioksidatif kapasite ve luminol dönüştürücü peroksidaz kapasitesinin arttığı, diğerlerinin NaCl uygulaması ile benzer olduğu vurgulanmıştır. Tuz stres faktörünün B stresine göre daha fazla oksidatif stres yarattığı ifade edilmiştir.

Masood vd. (2012b) tuzluluk ve Bor toksisitesinin sık sık aynı anda ve karşılıklı interaksiyon şeklinde etkisinin bulunabileceğini bildirmişlerdir. Buğday bitkisine uzun dönem tuzluluk, bor toksisitesi ve bunların kombinasyonlarının etkisinin ölçülmesini amaçladıkları çalışmanın sonuçları incelendiğinde, tuz stresinde gövde yaş ve kuru ağırlığı, su içeriği, terleme oranı ve osmolaritesi azalırken Na<sup>+</sup> ve Cl<sup>-</sup> içeriklerinin arttığı bildirilmiştir. Yeterli bor uygulandığında simplast ve apoplastta tuz içeriğinin arttığı ancak bor konsantrasyonunun değişmediği bildirilmiştir. Bor toksisitesinde ise toplam ve çözünebilir bor içeriğinin eklenen tuz stresi sebebiyle azaldığı ortaya çıkarılmıştır. Bu sonuçlar ile toksik iyon konsantrasyonlarının etkisinin hafifletilmesinin sağlanması yapılmış ancak bitki gelişimindeki gerileme engellenememiştir.

Oluk vd. (2012) borun bitkilerin normal yaşamları için gerekli bir mikro besin elementi olduğunu, ancak B toksisitesinin dünya çapında kurak, yarı kurak tarım alanlarda bitki gelişimini sınırlayan önemli bir problem olduğunu bildirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada 2 domates çeşidi (SC2121, Safari F1) ile toksik B dozu (3 mM) deneme konusu olarak belirlenmiştir. Her iki çeşitte de çimlenmenin olumsuz etkilenmediğini ve gövde ve kök dokularının malondialdehid (MDA), süperoksitdismutaz (SOD), peroksidaz (POX), katalaz (CAT) askorbat peroksidaz (APX) ve glutasyon reduktaz (GR) içeriklerinin incelendiğini bildirmişlerdir. B toksisitesi ile kontrole göre, oksidatif zararın arttığı ve APX dışında antioksidant enzim aktivitesinin azaldığı, ayrıca köklerde sadece CAT aktivitesini, gövdede ise CAT, GR, SOD, POX ve APX aktivitelerini inhibe ettiği belirtilmiştir. Safari F1 çeşidinin oksidatif zarara uğramadığı diğer çeşide göre köklerinin daha iyi korunduğu, gövde dokularında ve diğer varyetelerde böyle benzer bir korumanın bulunmadığı bildirilmiştir.



Wimmer ve Goldbach (2012) tuz ve bor stresinin kurak ve yarı kurak bölgelerde sıklıkla görüldüğü belirtmişler ve stres koşullarının interaktif etkisini ortaya çıkarmışlardır. Ancak aynı türlerde antagonistik ya da sinergistik etkinin tam olarak açıklanmadığı belirtmişlerdir. Çalışma da 5 farklı B ve tuz stresine dayanıklı buğday genotipinin, hidroponik koşullarda düşük ve yüksek B konusunu ele almışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, bitkide tuzluluk, bor alım oranları, gövde B konsantrasyonu ve transpirasyon oranı B uygulamalarının etkisi altında olduğu belirtmişlerdir. Yüksek B uygulaması ile bitki B alımının pasif şekilde (difüzyon yada iyon kanalları) olduğu ve transpirasyonun toprak üstü organlarda B birikimini domine ettiği bildirmişlerdir. Düşük B uygulaması ile önemli oranda B alımının aktif yollarla yapıldığını ve transpirasyonun B birikiminde etkin faktör olmadığı belirtmişlerdir.

## **2.6. Humik Madde ile İlgili Çalışmalar**

Lee ve Bartlett, (1976) farklı ekstraksiyon metodları ile elde ettikleri humik asidin mısır ve alg gelişimi üzerine etkisini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, humik madde uygulamaları ile düşük organik madde içeriğine sahip topraklarda, mısır ve alg kuru madde miktarında sırasıyla % 30-50 ve % 100 lük bir artış bulmuşlardır.

Lobartini vd. (1997) toprak humik maddelerinin, bitkilerin beslenmesinde doğrudan ve dolaylı olarak etkili olduğunu belirtmişlerdir. Humik asidin dolaylı etkileri: suyun tutulması, drenaj ve havalanma gibi, toprakların fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi ile topraktaki besin elementlerinin yararlılığının değiştirilmesi ve kökler tarafından besin maddelerinin absorpsiyonu ile ilgilidir, Humik maddeler metalik iyonlar ile kilyetli bileşikler ya da metalik hidroksitler oluşturarak suda çözünebilir formları meydana getirirler. Aynı zamanda bu elementlerin birçoğunun çözünürlüğünü de kontrol ederler. Bitkilere doğrudan etkisinin ise kök gelişimi ve bitkiler tarafından absorbe edilen besin elementlerinin metabolizmalarını etkilemesi ile olduğunu bildirmişlerdir.

Dursun vd. (1999) humik maddelerin domates ve patlıcan bitkilerinin makro ve mikro besin elementi içeriklerine olası etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda humik asidin, domates ve patlıcan fidelerinin makro ve mikro besin içeriklerini kontrole göre arttırdığı bildirilmiştir.

Bidegain vd. (2000) kompostlaştırılmış kavak talaşından elde edilen humik maddelerin, deliceotu yapraklarında P içeriğini arttırarak, yaprakların kuru ağırlığını da arttırdığı vurgulamışlardır.

Sharif vd. (2002) yürüttükleri saksı denemesinde yetiştirdikleri mısır (*Zea mays* L.) fidelerine, 0, 50, 100, 150, 200, 250 ve 300 mg HM kg<sup>-1</sup> ile N, P ve K uygulamışlardır. Deneme sonucunda 50 ve 100 mg HM kg<sup>-1</sup> dozlarının, mısır gövde ağırlığında % 20'lik ve % 23'lük artışa sebep olduğunu ve toprağın % N içeriği ile bitki N alınımının kontrole göre belirgin olarak arttığı belirtilmiştir.

Pılanalı ve Kaplan (2002) katı ve sıvı formdaki humik madde uygulamalarının çilek meyve rengi üzerine etkisini araştırdıkları bir çalışmada; katı formdaki humik maddenin (% 85 humik asit, Agrolig) 0, 10, 20, 30, 40 kg da<sup>-1</sup> dozları dikimden önce; sıvı formdaki humik maddenin (% 15 humik asit, Blackjak) 0, 250, 500, 750, 1000 ml da<sup>-1</sup> ay<sup>-1</sup> düzeyleri ise damla sulama ile verilmiştir. Denemede humik madde ile beraber 20 kg da<sup>-1</sup> N, 10 kg da<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve 40 kg da<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O içeren gübreler damla sulama ile uygulanmıştır. Elde edilen bulgulara göre katı ve sıvı formdaki humik maddelerin, çilek meyve rengi üzerine önemli etkisinin olmadığı ve toprağın bitki besin madde kapsamları ile meyve rengi arasındaki ilişkilerde, sıvı humik madde uygulamalarının katı humik maddeden daha etkili olduğu bulunmuştur.

Turan ve Angin (2004) ısıtmalı sera koşullarında mısır ve ayçiçeği yetiştirerek, 100 mg kg<sup>-1</sup> B, 400 mg kg<sup>-1</sup> Cd, 10 mg kg<sup>-1</sup> Mo ve 100 mg kg<sup>-1</sup> Pb ile bulaşık topraklarda farklı dozlarda ve farklı organik kompleksleyici (şelatör) madde kullanarak şelatörlerin etkinliklerinin saptanmasını amaçlamışlardır. Şelatör madde olarak 0, - 2.5 – 5.0 – 10.0 mmol kg<sup>-1</sup> dozlarında ve EDTA, DTPA, CA (sitrik asit) ile HA (humik asit) kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, şelatör maddelerin kullanımı ağır metallerin alınabilirliğini ve bitkilerin alımını arttırmıştır. Mısır bitkisinin şelatör etkinlik sırası HA>CA>EDTA>DTPA şeklinde; ayçiçeği için HA>EDTA>CA>DTPA şeklindedir. HA uygulamasının her iki bitkide alımı arttıran en etkili şelatör olduğu belirlenmiştir. Ayrıca ayçiçeğinin mısıra göre daha fazla B, Cd ve Mo alımı gerçekleştirdiği belirlenmiştir.

Ören ve Başal (2006) yaptıkları çalışmada, humik asidin ve çinko uygulamasının farklı doz ve uygulama yönteminin (toprak altı, yaprak) pamukta verim, verim

komponentleri ve lif kalite özellikleri üzerine etkisi ile humik madde dozu ve yönteminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Sonuçlara göre 2005 yılında humik madde uygulama yönteminin incelenen parametreler üzerine bir etkisinin olmadığı, uygulama dozunun ise erkencilik, yüz tohum ağırlığı, koza ağırlığı ve verimi olumlu yönde etkilediği ve en iyi sonucun toprak altı 200 g da<sup>-1</sup> humik madde doz uygulamasından elde edildiği ifade edilmiştir.

Torun (2009) organik madde içeriği çok yüksek olan (yaklaşık % 50) Gytjtja'nın Zn noksanlığı ve B toksisitesine sahip topraklarda tahılların dane verimine ve toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkisini tarla koşullarında araştırmıştır. Tarla denemeleri ekimle birlikte toprağa uygulanan ve toprakta residüal olarak bulunan üç farklı Gytjtja (0, 10 ve 30 ton da<sup>-1</sup>) ve iki farklı Zn (0 ve 2.3 kg da<sup>-1</sup>) dozu ve Gerek-79 ve Aslım çeşitleri kullanılarak yürütülmüştür. Çalışma sonuçlarına göre, bakiye Gytjtjanın dane verimini % 18, ekimle birlikte uygulanan Gytjtjanın ise % 3-7 düzeyinde arttırdığı ifade edilmiş ve Gytjtja ilavesiyle toprakların alınabilir Zn konsantrasyonunun kısmen arttığı ve B konsantrasyonunun da azaldığı bildirilmiştir. Elde edilen sonuçların, B toksisitesinin ve Zn noksanlığının olduğu alanlara Gytjtja uygulanmasıyla bitkisel üretimin iyileştirilebileceği vurgulanmıştır.

Esringü (2012) yaptığı çalışmada 3 kirletici (Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, CdN<sub>2</sub>O- 4H<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>10 H<sub>2</sub>O) × 2 şelat [humik asit (HA) (0, 500, 1000, 2000 mg kg<sup>-1</sup>), EDTA (0, 3, 6, 12 mmol kg<sup>-1</sup>)] × 1 ajan (Bacillus M3 (kontrol, 1 tekrarlamalı, 2 tekrarlamalı, 3 tekrarlamalı 108 cfu ml<sup>-1</sup>)) konuları ele alınmıştır. Araştırma sonucunda HA ve EDTA şelat uygulamaları sonucunda bitkinin kök, gövde, tohum, toplam verim miktarlarında azalışlar bulunmuş, ancak Bacillus M3 108 cfu ml<sup>-1</sup> uygulamasında ise artışlar belirlenmiştir. Bitki aksamalarının Pb, Cd ve B element içerikleri ve yeşil islah parametreleri dikkate alındığında kök, gövde ve tohum aksamalarının element alımı üzerine en etkin şelat ve dozun 12 mmol kg<sup>-1</sup> EDTA uygulaması olduğunu bildirilmiştir. Toplam Pb, Cd ve B elementlerinin uzaklaştırılmasında HA 500 mg kg<sup>-1</sup> doz uygulamasının daha etkin olduğunu ortaya koyulmuştur. Ayrıca 500 mg kg<sup>-1</sup> HA uygulaması ile Pb, Cd ve B kirliliği bulunan alanların temizliği için sırasıyla 5, 24 ve 2 yıllık hasat periyoduna gereksinim duyulabileceğini bildirmiştir.

## 2.7. Borun Fitoremediasyonu ile İlgili Çalışmalar

Baghour vd. (2002) bir çalışmada 4 farklı plastik malç uygulaması ile farklı kök bölgesi sıcaklıklarının patates bitkisinde B ve Al içeriğine ve konsantrasyonuna etkisini araştırmışlardır. Denemede 4 farklı malç kullanılmıştır, T1: Şeffaf PE ( polietilen), T2: Beyaz PE, T3: Çok katmanlı Siyah ve Beyaz PE T4: Siyah PE. Malçsız uygulama T0 (kontrol) olarak belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, kök bölgesi sıcaklığı ile plastik örtü kullanımı arasında önemli pozitif ilişki bulunmuştur. Plastik örtü kullanımı ile ulaşılan sıcaklık değerleri T0: 16°C T1: 20°C T2: 23°C T3: 27°C T4: 30°C dir. Bu farklı toprak sıcaklığı koşulları, B konsantrasyonunu önemli ölçüde değiştirmiş ve en yüksek konsantrasyon ile bitkisel birikim T3 uygulamasında elde edilmiştir. Ayrıca T2 ve T3 uygulamaları, kökte, yumrulara ve yapraklarda yüksek Al konsantrasyonunu ve birikimini teşvik etmiştir.

Babaoğlu vd. (2004) *Gypsophila* bitkisinin bor için hiperakümülatör bitki olduğunu ve bu bitkinin toprak üstü organlarında oldukça yüksek konsantrasyonlarda B biriktirme yeteneğine sahip olduğunu bildirmiştir. Bitkinin komponentlerine göre bor içeriklerinin, yaprakta  $3345 \pm 341 \text{ mg B kg}^{-1}$ , tohumda  $2093 \pm 199 \text{ mg B kg}^{-1}$  ve köklerde  $51 \pm 11 \text{ mg B kg}^{-1}$  olduğu belirtilmiştir.

Utmazian ve Wenzel (2006) Latin Amerikada maden sahalarında fitoekstraksiyon yöntemi ile ilgili maliyet, etkinlik çalışması yapmışlar; elde edilen bulgularla fitoekstraksiyon yönteminin temel konseptini belirlemişler ve yöntemin etkinliğini kısıtlayan bazı faktörleri (uygulanan / çalışılan toprak derinliği ve zaman gereksinimi) ortaya koymuşlardır. Ayrıca halk desteği, yapılan yayınların azlığı, politikacıların olaylara bakışı konularında da yaklaşımlarda bulunmuşlardır.

Robinson vd. (2007) yaptıkları bir çalışmada hibrit kavak türlerinin (*Populus sp.*) fitoremediasyonda kullanım olanaklarını araştırmışlardır. Kavakların evapotranspirasyon gücünün, B birikimini ağaçların üst kısımlarında arttırdığını bildirmişlerdir. Başlangıçta kavağın odun kısmında  $30 \text{ mg B kg}^{-1}$  bor belirlenmiş, 2 yıllık yetiştirme periyodu sonunda kavak yapraklarının ortalama  $845 \text{ mg B kg}^{-1}$  bor, gövdenin ise  $21 \text{ mg B kg}^{-1}$  bor içerdiği bildirilmiştir. Kış aylarına girildiğinde yapraklar kesilmiş ve kesilen yaprakların dekompozisyonu incelendiğinde yaprak B içeriğinde % 14 oranında bir azalmanın olduğu görülmüştür. Yaprak B içeriği yaprakların yaşı ile doğru orantılı olarak arttığı ve yapılan gübre uygulamaların

yaprak B içeriğini düşürmeksizin ağaç gelişimini arttırdığı vurgulanmıştır. Sonuçta kesilen organların biyoenerji ya da B noksanlığı çeken topraklarda kaynak olarak kullanılabilmesi belirtilmiştir.

Santos ve Rodella (2007) insanoğlundan kaynaklanan metal kirliliğinin günümüzün en önemli konularından biri olduğunu ve fitoremediasyonun kirli toprakların ıslahında zararsız, ucuz ve etkili bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir. Organik ıslah materyallerinin (turba, humik mineral, solomax) metal ve B alımı üzerine etkinliğini araştırdıkları bu çalışmalarında, turba ve humik mineralin toprakların alınabilir Zn, Cu, Pb ve B içeriklerini azalttıkları ancak toksisite belirtilerine engel olmadıkları belirtilmiştir. Ayrıca turba ve humik minerallerin kirli toprakların ıslahı için birer potansiyel oldukları ifade edilmiştir.

Angin vd (2008) yaptıkları saksı denemesinde 4 farklı bor dozları ( 0, 45, 90, 180 kg ha<sup>-1</sup>) ile 4 farklı humik madde dozları (0, 100, 200, 400 kg ha<sup>-1</sup>) uygulanmışlardır. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde; bor uygulamalarının verime etkisinin bulunmadığı ancak bitki kök ve gövdesinde bor içeriğinin çok yükseldiğini bildirmişlerdir. Ayrıca en yüksek bor alımının 400 kg ha<sup>-1</sup> humik madde uygulaması ile elde edildiğini duyurmuşlardır. Sonuçta humik madde ilavesiyle vetiver grass bitkisinin fitoremediasyonda kullanılabilmesini bildirmişlerdir.

Rees vd. (2011) bazı bitki türlerinin bor toksisitesine toleransını araştırdıkları bir saksı çalışmasında, yetiştirme ortamına farklı bor dozları vererek (13- 280 mg B kg<sup>-1</sup>) dört farklı bitki türünün kavak (*Populus nigra x euramericana*), *Salix viminalis*, *Brassica juncea*, ve *Lupinus albus* bor toksisitesine karşı toleranslarını karşılaştırmışlardır. Kavak bitkisinin toprağa uygulanan 93 mg B kg<sup>-1</sup> dozuna kadar etkilenmediği, 168- 280 mg B kg<sup>-1</sup> arasında gelişiminin düzenli olarak azaldığı ve bu dozlarda diğer türlerin yaşayamadığı bildirilmiştir. Kavak yaprak B konsantrasyonu 900 mg B kg<sup>-1</sup> altındayken kavak yaprak alanının % 10' un altında bir oranda toksisite belirtisi görüldüğü, kloroz belirtisinin 1000-2000 mg B kg<sup>-1</sup> seviyesinde ve nekrotik lekelerin ise 2000 mg B kg<sup>-1</sup> dozunun üzerinde ortaya çıktığını bildirmişlerdir. Ayrıca ortalama yaprak B içeriğinin 3500 mg B kg<sup>-1</sup> bulunduğunu, nekrotik lekelerde ise konsantrasyonun 7000 mg B kg<sup>-1</sup> üzerine çıktığı bildirilmiştir. Sonuç olarak, kavağın bor biriktirme yeteneğinin bora karşı hipertoleransı ile açıklanabileceğini ve yüksek miktarda bor biriktirebilmesi nedeniyle B bulaşık alanlarda bitkisel ıslahta kullanılabilmesini vurgulamışlardır.

Giansoldati vd. (2012) hardalda yaptıkları çalışmada azotun borun fitoekstraksiyonunu arttırdığını belirtmişlerdir. Borun fitoekstraksiyonu en yüksek azot dozunda meydana gelmiştir. Oksidatif enzimlerin (süperoksit dismutaz, katalaz, askorbat peroksidaz) analiz sonuçlarına dayanılarak azot uygulamasının fazla borun sebep olduğu oksidatif stresi azalttığını belirtmişlerdir.

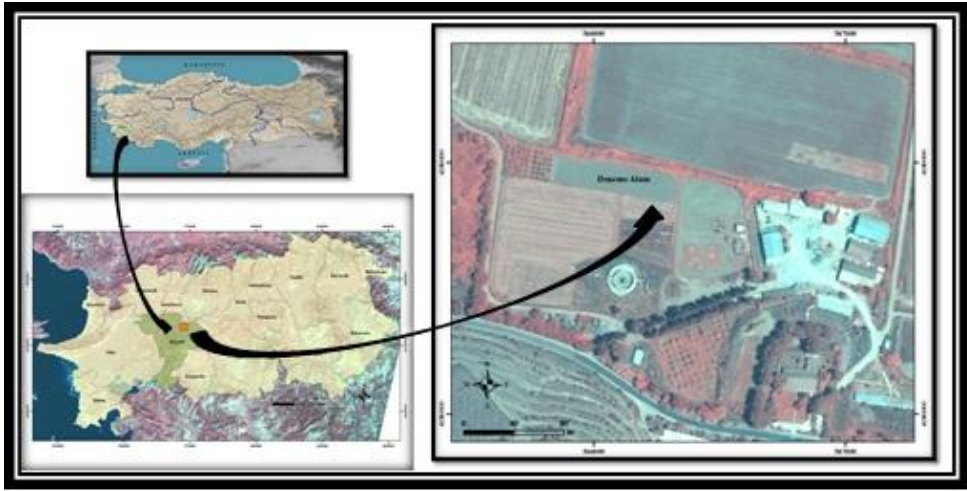
Taştan vd. (2012) yaptıkları çalışmada tek hücreli yeşil alglerden biri olan *Chlorella* sp. türlerinin bor ile kirlenmiş sularda, boru ortamdan temizleyebilme yeteneğinin araştırıldığı çalışmada *Chlorella* sp. türlerinin boru temizlemede etkili faktörün ortam pH'sı olduğunu bildirmişlerdir. Maksimum borun temizlendiği pH aralıkları 5-9 olduğunu bildiren araştırmacılar *Chlorella* sp. türlerinin borun biyolojik olarak temizlenmesinde kullanılabilecek yeni bir tür olduğunu vurgulamışlardır.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Deneme Alanı

Çalışma, 2011 ve 2012 yetiştirme periyodunda Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi uygulama çiftliğinde yürütülmüştür. Deneme alanı  $37^{\circ}45'46''K$  enlemleriyle  $27^{\circ}45'15''D$  boylamları arasında olup alana ait uydu görüntüsü Şekil 3.1. de verilmiştir.



Şekil 3.1. Deneme alanına ait Quickbird uydu görüntüsü

##### 3.1.2. Deneme Alanına Ait İklim Verileri

Akdeniz ikliminin hâkim olduğu bölgede yazlar sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçer. Büyük Menderes vadisi, diğer Ege ovaları gibi batıda denize doğru açılan bir oluk biçimindedir. Bölgenin yıllık yağış gereksinimi 500–700 mm olmasına karşın yetiştirme dönemi kurak olduğundan mutlak suretle sulama gerekli olmaktadır. Deneme alanına ait yetiştirme sezonlarına göre yıllık ve uzun yıllar temel iklim parametreleri Çizelge 3.1' de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneme alanına ait yetiştirme sezonlarına göre yıllık ve uzun yıllar bazı iklim parametreleri

Yıl	İklim Parametreleri	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
2011	Ortalama Sıcaklık (°C)	19.18	24.72	27.49	26.87	23.49	15.43
	Oransal Nem (%)	71.55	56.70	54.58	53.23	58.93	74.48
	Yağış (mm)	49.00	50.00	0.40	0.00	38.40	72.40
2012	Ortalama Sıcaklık (°C)	20.08	27.02	29.60	27.89	22.69	19.88
	Oransal Nem (%)	73.39	55.30	50.74	45.32	52.70	72.39
	Yağış (mm)	43.60	2.40	3.20	0.00	0.00	60.40
Uzun Yıllar	Ortalama Sıcaklık (°C)	20.90	25.90	28.40	27.40	23.30	18.40
	Oransal Nem (%)	54.00	46.50	43.40	46.00	51.70	62.50
	Yağış (mm)	34.00	13.40	3.30	2.00	12.30	41.90

İklim verilerine göre 2012 yılının 2011 yılına göre daha kurak ve sıcak geçtiği, 2011 yılı Mayıs-Ekim ayları arasında 210.2 mm, 2012 yılının aynı dönemlerinde 109.6 mm yağış görülmüş ve uzun yıllar ortalamasının 106.9 mm olduğu belirtilmiştir. Ayrıca uzun yıllar ortalamasına göre 2012 yılında Haziran- Ağustos döneminde daha yüksek ortalama sıcaklık görülmüştür.

### 3.1.3. Toprak Materyali

Deneme alanına ait toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.2' de verilmiştir. Toprak analiz sonuçlarına göre toprağın bünyesi kumlu tınlı, toprak reaksiyonu 1:2.5 ekstrasyon yöntemine göre hafif alkali, organik maddesi düşük ve kireçli olduğu bildirilmiştir. Toprağın besin elementi içeriklerine bakıldığında, magnezyum, sodyum ve çinko değerlerinin düşük olduğu, fosfor, potasyum, kalsiyum, demir, mangan ve bakır değerlerinin ise yeterli olduğu bildirilmiştir. Toprağın bor içeriğinin ise kritik olduğu belirlenmiştir.



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

Bünye <sup>1</sup>	Kum	Kil	Silt	Saturasyon
	%	%	%	(ml)
SL	67.80	9.78	22.42	37.20
pH <sup>2</sup>	Tuz	Org. Madde <sup>3</sup>	CaCO <sub>3</sub>	N <sup>4</sup>
	%	%	%	%
8.31	0.0040	0.90	6.47	0.10
P <sup>5</sup>	K <sup>6</sup>	Ca <sup>6</sup>	Mg <sup>6</sup>	Na <sup>6</sup>
		mg kg <sup>-1</sup>		
26	173	3399	255	10
Fe <sup>7</sup>	Zn <sup>7</sup>	Mn <sup>7</sup>	Cu <sup>7</sup>	B <sup>8</sup>
		mg kg <sup>-1</sup>		
18.44	1.28	5.90	2.92	0.92

<sup>1</sup> Bouyoucos; <sup>2</sup> 1:2.5 Saturasyon; <sup>3</sup> Walkley-Black; <sup>4</sup> Kjeldahl; <sup>5</sup> Olsen; <sup>6</sup> A. Asetat; <sup>7</sup> DTPA; <sup>8</sup> Azomethin-H

### 3.1.4. Bitki Materyali

Araştırma materyali olarak Carmen pamuk çeşidi (*Gossypium hirsutum* L. Carmen) kullanılmıştır. Bu çeşit verimli, lif kalite özellikleri iyi ve geçici bir çeşittir. Genellikle bitki orta boylu, konik biçimli, sapları kalın ve sağlamdır (Harem, 2007). Ayrıca kloster bitki yapısına sahip olduğu için sık ekime ve makineli hasada uygun, su kaynaklı stres koşullarına son derece dayanıklı, her türlü arazi ve iklim koşullarına adaptasyon kabiliyeti çok yüksek ve kuraklıktan kaynaklanan tarak ve çiçek dökülmelerine karşı son derece dayanıklıdır (Anonim, 2013b).

### 3.1.5. Sulama Suyu

Çalışmada ADÜ (Adnan Menderes Üniversitesi) Ziraat Fakültesi Uygulama Çiftliğinde kullanılan eski şebeke hattına verilen, sulama suyu kullanılmıştır. Kullanılan sulama suyunun özellikleri incelendiğinde, pH' nın hafif alkali, EC kullanılabilir, SAR değeri düşük, B iyi, Cl<sup>-1</sup> ve SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> iyi, HCO<sub>3</sub><sup>-1</sup> sakıncalı ve sulama suyu sınıfı C<sub>3</sub>S<sub>1</sub> olarak belirlenmiştir. (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Denemede kullanılan sulama suyunun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

BK	EKM	pH	EC	GS	TS	SAR	Sınıf	
mg l <sup>-1</sup>	mg l <sup>-1</sup>		µS cm <sup>-1</sup>	Alman		me l <sup>-1</sup>		
0.12	0.80	7.75	973	20.16	32.48	1.04	C <sub>3</sub> S <sub>1</sub>	
		Hafif Alkali	Kullanılabilir	Sert	Çok Sert	İyi		
K	Ca	Na	Mg	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	B
								mg l <sup>-1</sup>
0.18	4.78	1.87	1.72	0	4.69	0.86	0.024	0.6
					Sakıncalı	Çok iyi	Sorun yok	İyi

BK: Buharlaşma kalıntısı, EKM: Erimiş katı maddeler, EC: Elektriksel iletkenlik, GS: Geçici sertlik, TS: Toplam sertlik, SAR: Sodyum absorpsiyon oranı

### 3.1.6. Bor ve Humik Madde Kaynakları

Bor kaynağı olarak Etibor Maden İşletmesinden temin edilen, % 20.8 oranında suda çözünür B içeren “Etidot-67” ticari isimli Disodyum oktaborat (Na<sub>2</sub>B<sub>8</sub>O<sub>13</sub>.4H<sub>2</sub>O) kullanılmıştır. Kullanılan materyale ait kimyasal özellikler Çizelge 3.4 de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Çalışmada kullanılan bor materyaline ait kimyasal özellikler

	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	Safiyet
		%	
Etidot-67	67	14	99.90

Humik madde kaynağı olarak, Ticari bir firmadan ( İmalatçı Firma: American Colloid Company, İthalatçı Firma: Altıntar Kimyasal Mad. San. Tic. Ltd. Şti. ) temin edilen “Agrolig” ticari isimli, leonarditten elde edilen granüler humik madde kullanılmış ve materyale ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Çalışmada kullanılan humik materyalinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Toplam Organik Madde	75 (% w/w)
Toplam Humik ve Fulvik Asit	65 (% w/w)
Maksimum Nem Oranı	22 (% w/w)
Üründe Kullanılan Hammadde	Leonardit
pH	3.5-5.0

### 3.2. Yöntem

Çalışma, Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi uygulama çiftliğinde 2011 ve 2012 yıllarında yürütülmüştür.

Denemede dört farklı bor (B) dozu ile üç farklı humik madde (HM) dozu konusu ele alınmıştır. Bor dozları 0.6 – 1.8 – 5.4 – 16.2 mg B kg<sup>-1</sup> öte yandan humik madde dozları ise 0 (kontrol) – 20 – 40 kg HM da<sup>-1</sup> olacak şekilde planlanmıştır. Bor mutlak gerekli besin elementi olduğu için ve sulama suyunun bor içermesi nedeniyle kontrol uygulaması konulmamıştır. Bor haricinde diğer besin elementlerinin konsantrasyonları sulama suyu ve toprak uygulamalarında sabit tutulmuştur.

#### 3.2.1. Deneme Planı

Deneme, iki faktörlü bölünmüş parseller tesadüf blokları desenine göre her bir parsel 6 m eninde (sekiz sıra pamuk ekilecek şekilde), 10 m uzunluğunda 4 tekrarlamalı olacak şekilde hazırlanmıştır. Deneme planı Şekil 3.2’ de verilmiştir. Denemede ana parselleri B dozları ve alt parselleri ise HM dozları oluşturmuştur.

B1 H1	B1 H2	B1 H3		B2 H1	B2 H2	B2 H3		B3 H1	B3 H2	B3 H3		B4 H1	B4 H2	B4 H3
B2 H2	B2 H3	B2 H1		B1 H2	B1 H3	B1 H1		B4 H2	B4 H3	B4 H1		B3 H2	B3 H3	B3 H1
B3 H3	B3 H1	B3 H2		B4 H3	B4 H1	B4 H2		B1 H3	B1 H1	B1 H2		B2 H3	B2 H1	B2 H2
B4 H1	B4 H2	B4 H3		B3 H1	B3 H2	B3 H3		B2 H1	B2 H2	B2 H3		B1 H1	B1 H2	B1 H3

Şekil 3.2. Çalışmaya ait deneme planı

Denemede dört farklı B dozu ile üç farklı HM dozu konusu ele alınmıştır. Bor dozları 0.6 – 1.8 – 5.4 – 16.2 mg B kg<sup>-1</sup> öte yandan humik madde dozları ise 0 (kontrol) – 20 – 40 kg HM da<sup>-1</sup> şeklindedir. Uygulama konuları ile bunlar için kullanılan semboller Çizelge 3.6’ da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Denemede kullanılan bor ve humik madde dozlarının sembolleri

Bor		Humik Madde	
Doz (mg B kg <sup>-1</sup> )	Sembol	Doz (kg HM da <sup>-1</sup> )	Sembol
0.6	B <sub>1</sub>	0	H <sub>1</sub>
1.8	B <sub>2</sub>	20	H <sub>2</sub>
5.4	B <sub>3</sub>	40	H <sub>3</sub>
16.2	B <sub>4</sub>		

### 3.2.2. Humik Maddenin Uygulanması ve Ekim

Deneme planına göre humik madde kaynağı olarak kullanılan materyal, el ile toprak yüzeyine serpilmiş ve daha sonra tırmık ve diskaro ile toprağa denemenin birinci yılında 16 Mayıs 2011 tarihinde, denemenin ikinci yılında ise 04.05.2012 tarihinde karıştırılmıştır. Deneme bitkisinin ekim planına göre, ekim sıklığı 70×3.5 cm olacak şekilde 2011 yılında 20 Mayıs, 2012 yılında ise 23 Mayıs'da ekim yapılmıştır. 2012 yılı ekimleri 2011 yılı denemesi üzerine çakılı olarak (aynı parseller aynı koordinatlara gelecek şekilde) planlanmıştır. Daha sonra tekleme ve seyreltme çapası yapılarak bitki sıklığı 7000 bitki da<sup>-1</sup> olacak şekilde 70×20 cm sıra arası ve üzeri mesafe ayarlanmıştır.

### 3.2.3. Sulama Yöntemi ve Bor Kirliliğinin Yaratılması

Pamuğun sulaması, damla sulama yöntemi ile yapılmış (her sıraya bir adet lateral boru yerleştirilerek) ve her parsele eşit miktarda su verilmesine özen gösterilmiştir. İlk sulamalar her iki yılda da ekim öncesinde yapılmış olup yetiştirme dönemindeki ilk sulamalar ise toprakların gravimetrik nem analizleri yapıldıktan sonra tarla kapasitesi % 60 altına düştüğünde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.3. Denemede kullanılan damla sulama unsurlarından kolektör ve lateral hatlar

2011 yılında toprağın nem analizi 28.06.2011 tarihinde yapılmış olup elde edilen sonuçlara göre 29.06.2011 tarihinden itibaren yaklaşık 3 gün boyunca damla sulama sistemi ile sulama yapılmıştır. 2012 yılında yine toprağın nem analizi 26.06.2012 tarihinde yapılmış ve sonuçlara göre 27.06.2012 tarihinden itibaren yine yaklaşık 3 gün boyunca sulama yapılmıştır. Sonraki sulamalar gün aşırı olmak koşuluyla, günlük buharlaşma kaybı dikkate alınarak yapılmıştır.



Şekil 3.4. Denemede kullanılan damla sulama unsurlarından solenoid vana ve kontrol ünitesi

Sulama suyunda istenilen B konsantrasyonunun sağlanması için temin edilen Etidot-67 ticari isimli bor kaynağının, günlük dozları hesaplanarak, uygulanacak parsellere göre ayrı ayrı yerleştirilen gübre tanklarına konulmuş ve kesintisiz sulamanın yapılması sağlanmıştır.



Şekil 3.5. Denemede kullanılan ana kollektör ve gübre tankları

Denemenin birinci yılında damla sulama sistemi ile toprağa verilen su miktarı 487.4 ton da<sup>-1</sup> ve ikinci yılda ise 552.5 ton da<sup>-1</sup> olup sulama suyu ile birlikte verilen bor miktarları Çizelge 3.7' de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Çalışma boyunca, sulama suyu ile verilen bor miktarları (kg B da<sup>-1</sup>)

Dozlar	2011 Sezonu	2012 Sezonu	Toplam
B1	0.30	0.33	0.63
B2	0.87	1.00	1.87
B3	2.63	2.98	5.61
B4	7.90	8.95	16.85

### 3.2.4. Gübreleme ve Diğer Kültürel İşlemler

Çalışmanın her iki yılında yapılan toprak analiz sonuçlarına göre 25 kg da<sup>-1</sup> potasyum sülfat bazlı 15-15-15 Kompoze (Gold) ve 10 kg da<sup>-1</sup> Amonyum Nitrat (%33 N) gübreleri verilmiştir. Kompoze gübre, ekim öncesinde toprak altına, amonyum nitrat ise fertigasyon şeklinde ve tek seferde denemenin ilk yılında 04.07.2011, ikinci yılda ise 06.07.2012 tarihinde verilmiştir.

Çizelge 3.8' de denemenin yürütüldüğü yıllarda yapılan işlemlere ait çalışma takvimi verilmiştir. Aşağıda verilen takvim, yapılan işlemlere göre sıralanmış olup yetiştirme sezonları içerisinde 2 kez herbisit ve 3 kez insektisit uygulaması yapılmış ancak bu işlemler çalışma takvimine eklenmemiştir.

Çizelge 3.8. Denemenin yürütüldüğü yıllarda yapılan işlemlere ait çalışma takvimi

Yapılan İşlemler	2011 Sezonu	2012 Sezonu
Humik madde uygulaması	16.05.2011	04.05.2012
Ekim	20.05.2011	23.05.2012
Çıkış	25.05.2011	30.05.2012
Ara işleme freze	06.06.2011	13.06.2012
Çapa	10.06.2011	19.06.2012
Damla sulama sisteminin kurulması	16.06.2011	26.06.2012
1. Örnekleme	17.06.2011	22.06.2012
Toprak nem analizi	28.06.2011	26.06.2012
Taraklanma dönemi (taslakların görülmesi)	28.06.2011	01.07.2012
İlk sulama (nem analiz sonuçlarına göre)	29.06.2011	27.06.2012
Üst gübreleme	04.07.2011	06.07.2012
2. Örnekleme	07.07.2011	18.07.2012
Çapa	11.07.2011	04.07.2012
İlk kozaların görülmesi	25.07.2011	18.07.2012
Sulama suyu bor konsantrasyonlarının kontrolü	30.07.2011	19.07.2012
3. Örnekleme	01.08.2011	08.08.2012
İlk koza açılması	30.08.2011	04.09.2012
4. Örnekleme	08.09.2011	20.09.2012
Sulamanın bitirilmesi	11.09.2011	09.09.2012
Hasat (1. El)	30.09.2011	09.10.2012
5. Örnekleme	19.10.2011	01.11.2012
Hasat (2. El)	25.10.2011	01.11.2012



### 3.2.5. Örnekleme Zamanları

Bitki örnekleri, pamuğun fenolojik dönemlerine uyacak şekilde, taraklanma öncesi, taraklanma, çiçeklenme, hasattan önce ve hasat sonu dönemlerinde alınmıştır (Çizelge 3.9). Çalışmada incelenen özelliklere ilişkin veriler, her parselin başından ve sonundan 1 m ve kontrol için bırakılan 4 sıra atıldıktan sonra geriye kalan (6 sıra ve 8 m uzunluğunda) dört sıradaki bitkilerden elde edilmiştir. Her bir parselde ve her dönemde bitki örneklerinin gözlemleri ve analizleri için rastgele 6 bitki seçilmiştir (Oosterhuis vd., 1983). Tüm analizler için rastgele seçilen 6 bitki, topraktan kökleriyle beraber sökülüştür.

Çizelge 3.9. Denemenin yürütüldüğü yıllarda yapılan örnekleme dönemleri ve tarihleri

Örnekleme No	Dönem	2011 Sezonu	2012 Sezonu
1	Taraklanma Öncesi	17.06.2011	22.06.2012
2	Taraklanma	07.07.2011	18.07.2012
3	Çiçeklenme	01.08.2011	08.08.2012
4	Hasat	08.09.2011	20.09.2012
5	Hasat Sonu	19.10.2011	01.11.2012

### 3.2.6. Morfolojik gözlemler

Morfolojik gözlemler örnekleme zamanlarına paralel olarak yapılmıştır. Her bir parselde rastgele 10 bitki seçilmiş ve bitki boyu, tarak sayısı ve koza sayısı gibi bazı gözlemler yapılmıştır.

#### 3.2.6.1. Kütlü verimi

I. ve II. el hasatta her parselden toplanan kütlü pamuk tartılıp dekara oranlanarak bulunmuştur.

#### 3.2.6.2. Koza sayısı

Hasat zamanında açmış veya toplanabilecek durumda olan kozalar adet olarak sayılmış ve bitki başına ortalaması alınmıştır.

#### 3.2.6.3. Bitki boyu

Bitkilerin toprak yüzeyi seviyesinden olan yüksekliği cm olarak belirtilmiştir.

### **3.2.6.4. Toplam biyokütle verimi**

Toplam biyokütle verimi, organlarına ayrılan bitkilerin toplam ağırlığı üzerinden bitki başına düşen ağırlığı g cinsinden ifade etmektedir.

### **3.2.7. Bitki Örneklerinin Analizi**

Her parselden alınan bitki örnekleri delikli plastik poşetler içerisinde bekletilmeden laboratuvara getirilmiş ve ilk olarak yüzeydeki kirlilikleri gidermek için önce musluk suyu ile dikkatlice yıkanmış ve daha sonra iki kez saf sudan geçirilmiştir. Bitki örneklerinin kurutma kağıdı ile fazla suyu alınmış ve kök, gövde, yaprak, yaprak sapı, tarak/koza şeklinde komponentlere ayrılarak 70 °C 'ye ayarlanmış etüvde 48 saat tutulmuştur.

#### **3.2.7.1. Bitki örneklerinin kimyasal analizlere hazırlanması**

Kurutulan bitki örnekleri bitki öğütücüsü (IKA A-11 Basic) ile öğütülmüş ve plastik poşetler içerisine konularak kimyasal analizlerde kullanıma hazır hale getirilmiştir.

Kurutulmuş ve öğütülmüş bitki örneğinden 0.5 g tartılıp ve porselen kül kabına konulmuştur. Daha sonra kül kabı soğuk haldeki kül fırınına yerleştirilmiştir. Kül fırınının sıcaklığı giderek yükseltilmiş ve 500±50°C' de yakma işlemi yapılmıştır. Ortamda kömürleşmiş parçacıklar kalmadığı ve kül gri renkli olduğu zaman kül kapları fırından çıkarılarak ve soğumaya bırakılmıştır. Besin elementlerinin ekstraksiyonu için 10 ml 1N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile ekstraksiyon işlemi yapılarak bozundurma sonlandırılmıştır. Elde edilen süzüklerde B, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn elementleri belirlenmiştir.

#### **3.2.7.2. Toplam azot**

Yaprak örneklerinin toplam N içeriği modifiye edilmiş Kjeldahl yöntemi ile belirlenmiştir. Bu amaçla 0.25 g örnek yaş yakma ünitesinde (Velp Scientifica, DK20) yakılmış ve destilasyon ünitesinde (Velp Scientifica, UDK 126A) destile edilmiştir. Destilat 0.1 N HCl ile pembe renk alana kadar titre edilmiştir. Sonuçlar % olarak ifade edilmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

### 3.2.7.3. Fosfor

Kuru yakma uygulanarak analize hazır hale getirilen örneklerde P, vanadomolibdo fosforik sarı renk yöntemine göre spektrofotometre cihazında (UV-160 A Shimadzu) belirlenmiştir. Sonuçlar % olarak ifade edilmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

### 3.2.7.4. Potasyum, kalsiyum ve magnezyum

Kuru yakma uygulanarak analize hazır hale getirilen örneklerdeki K ve Ca içeriği flame fotometre cihazı (Jenway PFP7) ile Mg içeriği ise atomik absorpsiyon spektrofotometre cihazı (Varian SpetrAA 220FS) ile belirlenmiştir. Sonuçlar % olarak ifade edilmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

### 3.2.7.5. Demir, çinko, mangan ve bakır

Kuru yakma uygulanarak analize hazır hale getirilen örneklerin Fe, Zn, Mn ve Cu ölçümleri atomik absorpsiyon spektrofotometre cihazı (Varian SpetrAA 220FS) ile yapılmıştır. Sonuçlar mg kg<sup>-1</sup> olarak ifade edilmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

### 3.2.7.6. Bor

Azomethin-H' in bor ile oluşturduğu kompleksteki renk intensitesinin 430 nm dalga boyunda kolorimetrik olarak ölçülmesi esasına dayanmaktadır.

### Gerekli kimyasal maddeler

1 N Sülfürik Asit Solüsyonu : 27.8 ml sülfürik asit (%96; d=1.84 g/ml) içinde az miktarda da saf su bulunan litrelik balon jöjeye konur ve sonra 1000 ml' ye tamamlanır.

Maske Edici Buffer Solüsyonu: 250 g amonyum asetat 500 ml saf suda eritilir. Üzerine 125 ml asetik asit ilave edilir. Üzerine 6.7 g EDTA' nın disodyum tuzu (titriplex III) ve 6 ml thioglycolique asit ilave edilir. Karıştırılarak litreye tamamlanır ve renkli şişeye aktarılır (Bu işlemler dikkatli bir şekilde çeker ocakta yapılmalıdır).

Azomethin-H Solüsyonu: 0.9 gr Azomethin-H tartılır. İçinde bir miktar saf su bulunan 25 ml' lik beherglasta ve sıcak su banyosu üzerinde hafifçe çalkalanarak

şeffaf ve berrak olana kadar ısıtılır. Üzerine 2 g askorbik asit ilave edilir. 100 ml balonjojeye boşaltılır ve saf su ile tamamlanır.

### **Yöntem**

Kuru yakma analizi sonucunda elde edilen ekstraktan 2 ml alınarak tüplere konur, üzerine 4 ml maske edici buffer solüsyonu ve 2 ml Azomethin-H solüsyonu ilave edilir. Aynı işlemler standartlar için de yapılır, 2 saat bekletilir ve spektrofotometrede 430 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunur.

### **Stok çözelti ve standart serinin hazırlanması**

Borik asit stok çözelti ( $100 \text{ mg B l}^{-1}$ ) : 0.572 g borik asit ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) 100 ml hacim içerisinde çözülür. 100 ppm' lik stok çözülden 10 ppm' lik çalışma solüsyonu hazırlanarak 1- 2- 3- 4 ppm' lik standart seri çözeltileri hazırlanır (Wolf, 1974).

### **3.2.8. Toprak Örneklerinin Analizi**

Her iki sezonun öncesinde ve sonrasında burgu yardımıyla toprak örnekleri alınmış ve aşağıdaki yöntemlere göre analizleri yapılmıştır.

#### **3.2.8.1. Bünye**

Hidrometre yöntemi ile toprak örneklerinin % kum, % silt ve % kil miktarları belirlenmiş, bünye sınıfı tekstür üçgeninden bulunmuştur (Bouyoucos,1951).

#### **3.2.8.2. Kireç ( $\text{CaCO}_3$ )**

Toprak örneklerinin  $\text{CaCO}_3$  içerikleri Scheibler kalsimetresi ile ölçülmüş sonuçlar %  $\text{CaCO}_3$  olarak hesaplanmıştır (Çağlar, 1949). Sınıflandırma Aeroboe ve Falke'ye göre yapılmıştır (Evliya, 1964).

#### **3.2.8.3. Toplam eriyebilir tuz**

Elektriksel iletkenlik, toprak saturasyon ekstraktında Elektriki iletkenlik aleti ile mmhos  $\text{cm}^{-1}$  olarak ölçülmüş ve sonuçlar % tuza çevrilmiştir (Rhoades, 1982). Sınıflandırma Soil Survey Staff (1951)'a göre yapılmıştır.

#### **3.2.8.4. Organik madde**

Toprak örneklerinin organik madde içerikleri modifiye edilmiş Walkey-Black metoduna göre belirlenmiş ve sonuçlar % olarak hesaplanmıştır (Black, 1965). Sınıflandırma Thun vd. (1955)' a göre yapılmıştır.

#### **3.2.8.5. pH**

Havada kurutulmuş ve 2 mm'lik elekten elenmiş toprak örneği 1:2.5 sulandırılarak süspansiyon çalkalama makinesinde 30 dakika çalkalanmış cam elektrotlu pH metrede ölçüm yapılmıştır (Jackson, 1958).

#### **3.2.8.6. Alınabilir fosfor**

Analize hazır hale getirilmiş toprak örnekleri Olsen metoduna göre pH'sı 8.5'e ayarlı 0.5 M sodyum bikarbonat çözeltisi ile ekstrakte edilmiş ve elde edilen süzükteki fosfor (P) spektrofotometre ile belirlenmiştir (Olsen and Dean, 1965).

#### **3.2.8.7. Değişebilir K, Ca, Na ve Mg**

Analize hazır hale getirilmiş toprak örnekleri pH'sı 7.0'ye ayarlı 1N Amonyum Asetat çözeltisi ile ekstrakte edilmiş ve elde edilen süzükte, K, Ca, Na ölçümleri flamefotometre ile Mg ise Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre ile yapılmıştır (Kacar, 2008).

#### **3.2.8.8. Yarayırlı Fe, Cu, Zn ve Mn miktarı**

Toprak örneklerinin mikro element kapsamlarının belirlenmesi DTPA yöntemi ile yapılmıştır. pH'sı 7.3'e ayarlı 0.005 M DTPA çözeltisi ile ekstrakte edilmiş ve elde edilen süzükte Fe, Cu, Zn ve Mn ölçümleri Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre ile yapılmıştır (Lindsay and Norvell, 1978).

#### **3.2.8.9. Yarayırlı B miktarı**

Azomethin-H' ın bor ile oluşturduğu kompleksteki renk intensitesinin 430 nm dalga boyunda kolorimetrik ölçülmesi esasına dayanmaktadır.

### **Gerekli kimyasal maddeler**

Ekstraksiyon çözeltisi (Morgan Solüsyonu): 100 g sodyum asetat ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ) 1 litrelik hacim içerisinde yaklaşık 800 ml suda çözülerek pH' sı 4.8' e asetik asit ile ayarlanarak 1000 ml hacmine tamamlanır.

Maske Edici Buffer Solüsyonu: 250 g amonyum asetat ( $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ) 500 ml saf suda eritilir. Üzerine 125 ml konsantre asetik asit ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) eklenir. Üzerine 6.7 g EDTA (Triplex III) ve 6 ml thioglycolique asit (% 80) ilave edilir. Karıştırarak litreye tamamlanır ve renkli şişeye aktarılır (bu işlem çeker ocakta yapılmalıdır).

Azomethin-H: 0.9 g Azomethin-H ( $\text{C}_{17}\text{H}_{12}\text{NNaO}_8\text{S}_2$ ) tartılır. İçine bir miktar saf su bulunan 25ml'lik beherglasta ve sıcak su banyosu üzerinde hafifçe çalkalanarak şeffaf ve berrak olana kadar ısıtılır. Üzerine 2 g askorbik asit ( $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_6$ ) ilave edilir. 100 ml balon jöjeye boşaltılır ve saf su ile tamamlanır.

Aktif Kömür: Toprakların içindeki organik maddeden kaynaklanan renk farklılığını gidermek için spatül ucuyla (~0.1g) her örneğe ilave edilir.

### **Yöntem**

12.5 g toprak örneği 25 ml ekstraksiyon çözeltisi aktif kömür ile 5 dakika çalkalanıp, filtre kağıdından süzülür. Elde edilen süzükten 4 ml' lik hacim alınıp deney tüpüne aktarılır. Üzerine 1 ml Maske Edici Buffer solüsyonu eklenir ve çalkalanır. Üzerine 1 ml Azomethin-H eklenir ve renklendirme işlemi gerçekleştirilmiş olur. Çözelti çalkalanır ve 1 saat karanlık bir yerde bekleme süresinden sonra spektrofotometrede 430 nm dalga boyunda ışık absorpsiyonu belirlenerek toprağın yarayışlı B kapsamı saptanmış olur. Aynı yolla tanık çözeltisi de ekstrakte edilir ve renklendirilerek renk absorpsiyonu belirlenir.

### **Stok çözelti ve standart serinin hazırlanması**

Borik asit stok çözelti ( $100 \text{ mg B l}^{-1}$ ) : 0.572 g borik asit ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) 100 ml hacim içersinde çözülür. Stok çözeltisinden 0- 0.1- 0.2- 0.3- 0.4- 0.5 ppm' lik standart seri çözeltileri hazırlanır. Hazırlanan standart çözeltiler benzer şekilde renklendirilerek 1 saat bekleme süresi sonunda örneklerle birlikte spektrofotometrede 430 nm dalga boyunda ışık absorpsiyonları belirlenir. Oluşan

standart seri ve bunlara karşılık okunan absorbands değerleriyle bir standart kurve çizilerek örneklerin B kapsamları belirlenir (Wolf, 1971).

### **3.2.9. Lif Kalite Analizleri**

Her parselden toplanan hasat olgunluğuna erişmiş 20 adet koza örneğinin çırçırılmasından sonra elde edilen lif pamuk üzerinde HVI (High Volume Instruments) cihazı kullanılarak lif uzunluğu (mm), lif inceliği (micronaire ), lif dayanıklılığı (g/tex ) ve çırçır randımanı (%) özellikleri incelenmiştir.

### **3.2.10. Pamuğun Fitoremediasyon Kapasitesi**

Bitki bünyesinde bor birikiminin en yoğun olduğu dönemde alınan bitki örneklerinden topraktan kaldırılan bor miktarı hesaplanmış ve toksisite uygulamalarına göre hesaplamalar yapılarak bir dekar alandan kaldırılan bor miktarı g cinsinden elde edilmiş ve ortalama değeri alınmıştır.

### **3.2.11. Pamuğun Fitoremediasyon Potansiyeli**

Bir vejetasyon süresi boyunca, bitki başına topraktan kaldırılan bor miktarının, toprakta biriken bor miktarına bölünmesi ile elde edilmiştir. Sonuçlar yıl bazında verilmiş ve bu hesaba göre topraktaki kirliliğin kaç yılda temizleneceği hesaplanmıştır.

### **3.2.12. İstatistiksel Analizler**

Çalışmada, kütlü verim değerlerinin her iki yılda farklı çıkması nedeniyle elde edilen verilerin varyans analizi her yıl için ayrı ayrı bölünmüş parseller tesadüf blokları deneme desenine (Çizelge 3.10) uygun olarak "SPSS" istatistik analiz hazır paket programı kullanılarak  $p < 0.05$  olasılık seviyesine göre yapılmıştır. Değerlendirmeler neticesinde varyans analiz tabloları, faktörlerin önem seviyeleri  $p < 0.05$  olasılık değerine göre en küçük önemli fark (LSD) belirlenerek oluşturulmuştur.

Çizelge 3.10. İki faktörlü, bölünmüş parseller tesadüf blokları deseni

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi
Tekerrür	r-1
Faktör A (B)	a-1
Hata	(r-1) (a-1)
Faktör B (HM)	b-1
Faktör A*Faktör B	(a-1) (b-1)
Hata	a(r-1) (b-1)

Bor uygulamalarının, gözlemi yapılan organlarda meydana getirdiği yüzde değişimini belirlemek için aşağıdaki formüller üzerinden hesaplama yapılmıştır (Taban ve Erdal, 2000):

$$B2/B1 \text{ için değişim (\%)} = 100 * (B1 - B2) / B1$$

$$B3/B1 \text{ için değişim (\%)} = 100 * (B1 - B3) / B1$$

$$B4/B1 \text{ için değişim (\%)} = 100 * (B1 - B4) / B1$$



## **4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA**

Bu bölümde çalışmaya ilişkin bulgular sunulmuŐ ve bu bulgular konu ile ilgili literatürler eŐliĐinde tartışılmıştır.

### **4.1. Verim ve Verim Unsurları**

Verim ve verim unsurları başlığı altında kütlü verimi, koza sayısı, bitki boyu ve toplam kuru madde verimi olmak üzere dört özellik incelenmiştir. Kütlü veriminin yıllara bağlı olarak değişim göstermesi ve bu değişimin istatistiksel açıdan önemli olması sebebiyle bu çalışmaya ait incelenen tüm özellikler yıllara göre ayrı ayrı incelenmiştir.

#### **4.1.1. Kütlü Verimi**

Çizelge 4.1' de istatistiki değerlendirmelerden görüldüğü gibi denemenin yürütüldüğü yıllar birlikte değerlendirildiğinde yıl, bor ve yıl\*bor interaksiyonu önemli ( $p < 0.01$ ) bulunmuştur. Varyans analizini yıllara göre ayrı ayrı incelediğimizde, 2011 ve 2012 yıllarında sadece bor faktörü  $p < 0.01$  düzeyinde önemli olmuştur.

Çizelge 4.1. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarında saptanan pamuk kütlü verimine ait varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler Ortalaması	
		2011 Yılı	2012 Yılı
B	3	8458.71**	207711,49**
HM	2	127.03	3285,50
B x HM	6	884.31	3186,40
Hata	24	1505.27	3813,15
2 Yıl Birleştirilmiş			
Yıl	1	407151.51**	
B	3	143880.21**	
Yıl x B	3	72289.93**	
Hata	18	9207.74	
HM	2	1602.21	
Yıl x HM	2	1810.51	
B x HM	6	2525.61	
Yıl x B x HM	6	1545.12	
Hata	48	2659.18	

Çizelge 4.2' de 2011 ve 2012 yıllarına ait pamuk kütlü verimi değerlerine ait ortalamalar ile LSD değerleri sunulmuştur. Çalışmanın birinci yılı bor dozlarına göre değerlendirildiğinde artan bor dozlarına bağlı olarak kütlü verimin azaldığı saptanmış ve bu azalışların istatistiksel açıdan önemli olduğu bulunmuştur. En yüksek kütlü veriminin 452.5 kg da<sup>-1</sup> ile B1 dozundan elde edildiği ve bunu 428.3 kg da<sup>-1</sup> ile B2 dozunun takip ettiği görülmektedir. En düşük kütlü verimi B4 dozunda 390.3 kg da<sup>-1</sup> ile elde edilmiştir. B1' e göre B2 de % 5.34, B3 de % 9.47 ve B4 de % 13.75 oranında azalış görülmüştür.

Birinci yıl sonuçları, humik madde uygulamaları açısından irdelendiğinde en yüksek kütlü veriminin 423.4 kg da<sup>-1</sup> ile H1 dozundan elde edildiği, bunu humik maddenin H2 dozunun 418.9 kg da<sup>-1</sup> değeri ile takip ettiği görülmüştür. Artan humik madde uygulamalarına bağlı olarak kütlü veriminde azalışlar olduğu ancak bu azalışların istatistiksel açıdan önemsiz olduğu görülmektedir.

2011 yılı bor x humik madde interaksyonu bakımından sonuçlar incelendiğinde, uygulanan borun verime olumlu yansımaları gözlenmemiş öte yandan humik madde

uygulamalarının olumlu etkisi ise görülmüşse de istatistiksel olarak bu farklar önemsizdir.

Çizelge 4.2. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarına ait pamuk kütlü verimleri (kg da<sup>-1</sup>)

	2011				2012			
	H1	H2	H3	Ort.	H1	H2	H3	Ort.
B1	448.3	450.7	458.4	452.5 a	377.3	398.0	341.7	372.3 a
B2	430.9	416.3	437.7	428.3 ab	353.7	377.7	415.3	382.2 a
B3	428.9	400.2	399.8	409.6 bc	314.7	336.3	265.7	305.6 b
B4	385.5	408.5	376.8	390.3 c	94.7	112.0	91.3	99.3 c
Ort.	423.4	418.9	418.2	420.2	285.1	306.0	278.5	289.9
LSD B	34.51				54.93			
LSD HM	-				-			
LSD B x HM	-				-			

Çalışmanın ikinci yılı bor uygulamaları için incelendiğinde, artan bor dozlarına bağlı olarak kütlü veriminde önemli azalmalar saptanmıştır. En yüksek kütlü verimi 382.2 kg da<sup>-1</sup> ile B2 dozundan elde edildiği ve bunu 372.3 kg da<sup>-1</sup> ile B1 dozunun izlediği görülmektedir. En düşük kütlü verimi ise B4 dozundan 99.3 kg da<sup>-1</sup> ile elde edilmiştir. B1' e göre B2 de % -2.66, B3 de % 17.93 ve B4 de % 73.32 oranında azalış görülmüştür.

Humik madde uygulamalarında ise durum, önceki yıla göre farklılık göstererek en yüksek verim değeri 306.0 kg da<sup>-1</sup> ile H2 dozundan elde edilmiş ve bunu humik maddenin H1 dozunun 285.1 kg da<sup>-1</sup> değeri ile takip ettiği görülmüştür. Artan humik madde dozlarıyla kütlü veriminde artış ortaya çıksa da istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur.

2012 yılı bor x humik madde interaksyonu bakımından sonuçlar incelendiğinde, uygulamalar arasında farklılıklar gözlenmişse de bu farklar istatistiksel olarak önemsizdir.

Elde edilen bu bulgulara göre artan bor uygulamalarının pamuk kütlü verimini azalttığı görülmüştür. Özellikle sulama suyu toksisite sınırının üzerinde olan dozlarda verim kaybının yüksek olduğu görülmektedir. Denemenin birinci yılında sulama suyu ile verilen borun toprakta inkubasyona uğradığı ve bu sebeple

toksisitenin vejetasyonun geç dönemlerinde görüldüğü saptanmıştır. Buna bağlı olarak aşırı düzeyde verim kaybının olmadığı gözlenirken denemenin ikinci yılında ise topraktaki bakiye borun etkisiyle kontrol parsellerine göre verim kaybının çok daha yüksek olduğu ve hatta bitkinin ölüm derecesine geldiği görülmüştür. B3 dozu uygulaması, pamuk bitkisinin bor toksisitesine karşı toleransını yansıtırken B4 dozu uygulaması ile bitkinin toksisiteyi tolere edemediği görülmüştür. Ayrıca denemenin birinci yılında B1 uygulaması ile en yüksek kütlü verimi elde edilirken ikinci yılda en yüksek verim B2 uygulaması ile elde edildiği saptanmıştır. Bu durum pamuğun bor isteğinin diğer bitkilere kıyasla daha yüksek olması ve sulama suyu bor konsantrasyonunun (B2:  $1.8 \text{ mg B kg}^{-1}$ ) pamuk için belirtilen kritik seviye olması ve neticede optimum konsantrasyonun etkinliği ile açıklanabilir. Elde edilen bulgular farklı araştırmacıların (Eaton, 1944; Oertli ve Roth, 1969; Cartwright vd., 1986; Nable vd., 1997; Reid, 2010) buldukları sonuçlar ile uyumludur.

Humik madde uygulamaları değerlendirildiğinde, bu çalışma ile humik madde uygulamasının faydalı etkisi kısmen görülmüş olsa da istatistiksel bir değer taşımadığı ve etkisinin belirsiz olduğu sonucuna varılmıştır. Denemenin birinci yılında bor uygulamasının kontrol parsellerinde kütlü veriminde artış sağlanırken diğer parselerde verim değerlerinde dalgalanmaların varlığı söz konusudur. Verimde yaşanan dalgalanmalar incelendiğinde denemenin ilk yılında humik madde uygulamasının etkisiz olduğu ve bunun topraktaki diğer mineral maddeler ve inkubasyon zamanıyla ilgili olduğu düşünülmektedir. Denemenin ikinci yılında kontrol uygulamasına göre H2 uygulamasının verimi arttırdığı, H3 uygulamasının ise azalttığı saptanmıştır. H3 uygulaması sonucunda kütlü verimindeki azalışın sebebi üzerine tartışıldığında, artan bor dozlarının etkisiyle humik asidin beklenen aksine bitki bor alımını daha da arttırmış olabileceği ve böylece verimi olumsuz etkilemiş olabileceği düşünülmüştür. Elde edilen bu bulgular önceki çalışmalardaki (Butler ve Ladd, 1971; Evangelou vd., 2004; Ören ve Başal, 2006; Karakaya ve Paksoy, 2008) sonuçlar ile uyumludur.

Yıllar beraber incelendiğinde, denemenin ikinci yılında verim değerlerin ortalama % 31 düştüğü görülmüştür. Bu azalışın sebepleri arasında toprakta bor birikiminin olabileceği, ama yine de en iyimser kütlü veriminin B2H2 uygulamasından elde edilebileceği söylenebilir.

#### 4.1.2. Koza Sayısı

Çizelge 4.3' de kareler ortalaması değerlerinden görüldüğü gibi denemenin yürütüldüğü 2011 ve 2012 yıllarında sadece bor faktörü önemli ( $p < 0.05$ ) bulunmuştur.

Çizelge 4.3. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarında saptanan koza sayısına ilişkin varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler Ortalaması	
		2011 Yılı	2012 Yılı
B	3	16.75*	124.28*
HM	2	5.10	10.79
B x HM	6	8.52	7.21
Hata	24	4.57	4.01

Çizelge 4.4'de 2011 ve 2012 yıllarına ait koza sayılarına ilişkin ortalama ve LSD değerleri verilmiştir. 2011 yılında bor uygulamaları bakımından B2 dozu 16.67 ortalama bitki koza sayısı ile en yüksek değeri vermiş, bunu B1 dozu 15.29 değeri ile izlemiştir. En düşük değer ise B4 dozundan 13.77 ortalama koza sayısı ile elde edilmiştir. B1' e göre B2 de % -9.03, B3 de % 0.65 ve B4 de % 9.94 oranında azalış görülmüştür. Sonuçta artan bor dozlarıyla ortalama bitki koza sayısının azaldığı ve oluşan ayrımın istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir.

Yine birinci yıl sonuçlarına göre humik madde uygulamaları bakımından en yüksek ortalama bitki koza sayısı 15.88 ile H3 dozundan elde edilmiş, bunu H1 dozu 14.98 ortalama değeri ile izlemiştir. Artan humik madde dozlarıyla ortalama bitki koza sayısındaki artış göze çarpsa da istatistiksel açıdan anlamsız bulunmuştur.

2011 yılı, bor x humik madde interaksyonu bakımından incelendiğinde, ortaya çıkan sonuçlarda farklılık gözlenirse de bu farklılıklar istatistiki açıdan önemsizdir.

Çizelge 4.4. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarına ait koza sayıları (adet bitki<sup>-1</sup>)

	2011				2012			
	H1	H2	H3	Ort.	H1	H2	H3	Ort.
B1	14.81	14.19	16.88	15.29 ab	10.08	12.67	9.92	10.89 a
B2	15.81	15.31	18.88	16.67 a	10.75	8.83	10.83	10.14 ab
B3	16.31	15.00	14.25	15.19 ab	7.25	10.17	8.00	8.47 b
B4	13.00	14.81	13.50	13.77 b	2.17	5.08	3.92	3.72 c
Ort.	14.98	14.83	15.88	15.23	7.56	9.19	8.17	8.31
LSD B	1.90				1.78			
LSD HM	-				-			
LSD B x HM	-				-			

Denemenin ikinci yılında bor uygulamaları bakımından B1 dozu 10.89 ortalama bitki koza sayısı ile en yüksek değeri vermiş, bunu B2 dozu 10.14 değeri ile takip etmiştir. En düşük değer ise B4 dozundan ortalama 3.72 olarak elde edilmiştir. B1' e göre B2 de % 6.89, B3 de % 22.22 ve B4 de % 65.84 oranında azalış görülmüştür. Sonuçta bor toksisitesi belirgin bir biçimde ortalama koza sayısını düşürmüştür, artan bor dozlarıyla ortalama bitki koza sayısının azaldığı ve oluşan ayrımın istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir (Çizelge 4.4).

Humik madde uygulamaları bakımından denemenin ikinci yılı incelendiğinde en yüksek ortalama bitki koza sayısı 9.19 değeri ile H2 dozundan elde edilmiş, bunu H3 dozu 8.17 ortalamasıyla izlemiştir. Toprağa uygulanan humik asidin bitki koza sayısını arttırsa da bu artış istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.4).

2012 yılına ait veriler bor x humik madde interaksyonu bakımından incelendiğinde, elde edilen sonuçlarda farklılık gözlense de bu farklılıklar istatistiki açıdan önemsizdir.

Elde edilen bulgular tartışıldığında, bor toksisitesinin bitki metabolizması üzerindeki inhibe edici etkisi denemenin ikinci yılında net olarak ortaya çıkmıştır. Denemenin birinci yılında daha öncede benzer şekilde ifade edildiği gibi borun topraktaki inkubasyonu ile alakalı durum olduğu ve bu sebeple artan bor dozu uygulamalarına bağlı olarak koza sayısındaki azalışın daha az olduğu görülmüştür. Kontrol parsellerinde elde edilen bulgular ile Görmüş (2005) yaptığı çalışmada elde edilen koza sayıları benzerlik göstermiştir. Ancak bor toksisitesinin koza sayıları üzerine etkisini içeren bir çalışma bulunamamıştır.

Humik asidin koza sayısı üzerine etkisi düşünüldüğünde, denemenin birinci yılında artan humik madde uygulamalarının bitki koza sayısı üzerine olumlu etkisi olduğu, ikinci yılda sadece H2 uygulamasının olumlu etki yarattığı ve en iyi sonucu verdiği ancak istatistiksel açıdan bu değişimin bir karşılığı olmadığı görülmüştür. Elde edilen bu bulgular Ören ve Başal (2006) yaptığı çalışma ile paralellik göstermektedir.

#### 4.1.3. Bitki Boyu

Çizelge 4.5’ de istatistiki değerlendirmelerden görüldüğü gibi denemenin yürütüldüğü 2011 yılında bor, 2012 yılında ise bor ve humik madde faktörleri önemli ( $p < 0.01$ ) bulunmuştur.

Çizelge 4.5. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarında hasat zamanında ölçülen bitki boylarına ilişkin varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler Ortalaması	
		2011 Yılı	2012 Yılı
B	3	125.79**	303.96**
HM	2	39.91	187.45**
B x HM	6	34.52	12.64
Hata	24	18.05	22.84

Çizelge 4.6’ da denemenin yürütüldüğü 2011 ve 2012 yıllarında, hasat döneminde yapılan gözlemlere ait bitki boyu verilerinin ortalama ve LSD değerleri verilmiştir. 2011 yılı bor uygulamaları bakımından incelendiğinde B1 dozu 82.90 cm ortalama bitki boyu ile en yüksek değeri vermiş, bunu B2 dozu 82.16 cm ile izlemiştir. En düşük değer ise B4 dozundan 76.13 cm ortalama boy değeriyle elde edilmiştir. B1’ e göre B2 de % 0.89, B3 de % 5.77 ve B4 de % 8.16 oranında azalış görülmüştür. Sonuçta artan bor dozlarıyla ilişkili olarak bitki boyunun azaldığı ve oluşan farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu görülmektedir.

Birinci yıl sonuçlarına göre humik madde uygulamaları bakımından en yüksek bitki boyu 81.13 cm ile H3 dozundan elde edilmiş, bunu H2 dozu 80.29 cm ile izlemiştir. Humik madde uygulamasının artan dozlarına karşılık bitki boyunda pozitif değişimler olsa da istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur.

2011 yılındaki veriler bor x humik madde interaksyonuna göre değerlendirildiğinde elde edilen sonuçlar farklı olsa da istatistiki açıdan önemsizdir.

Çizelge 4.6. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarına ait hasat zamanı ölçülen ortalama bitki boyları (cm)

	2011				2012			
	H1	H2	H3	Ort.	H1	H2	H3	Ort.
B1	79.23	81.95	87.53	82.90 a	75.42	76.83	81.75	78.00 a
B2	79.60	82.43	84.45	82.16 a	77.00	72.58	79.33	76.31 ab
B3	76.45	78.13	79.78	78.12 b	70.33	72.67	76.92	73.31 b
B4	77.00	78.65	72.75	76.13 b	63.25	64.50	72.00	66.58 c
Ort.	78.07	80.29	81.13	79.83	71.50 b	71.65 b	77.50 a	73.55
LSD B	3.78				4.25			
LSD HM	-				3.58			
LSD B x HM	-				-			

Denemenin ikinci yılında bor uygulamaları bakımından B1 dozu 78.00 cm bitki boyu ile en yüksek değeri vermiş, bunu B2 dozu 76.31 cm değeri ile takip etmiştir. En düşük değer ise B4 dozundan 66.58 cm olarak elde edilmiştir. B1' e göre B2 de % 2.17, B3 de % 6.02 ve B4 de % 14.64 oranında azalış görülmüştür. Sonuçta artan bor dozları bitkiyi ölüm noktasına getirirse de bitki boyundaki maksimum değişim % 15 i geçmemiştir. Ayrıca artan bor dozlarıyla oluşan boy farklarının istatistiksel açıdan önemli olduğu görülmektedir.

Humik madde uygulamaları bakımından denemenin ikinci yılı incelendiğinde en bitki boyu 77.50 cm değeri ile H3 dozundan elde edilmiş, bunu H2 dozu 71.65 cm ile izlemiştir. Toprağa uygulanan humik madde bitki boyunu arttırmış ve bu artış istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. 2012 yılındaki veriler bor x humik madde interaksyonuna göre değerlendirildiğinde elde edilen sonuçlar ayırım gösterse de istatistiksel olarak önemsizdir.

Ortaya çıkarılan sonuçlar, diğer verim-verim unsurlarına benzer şekilde denemenin ilk yılı ile ikinci yılı arasında farklılık oluşmuş ve bu farklılığın kaynağı olarak topraktaki bakiye borun etkisi olduğu bilinmektedir. Öte yandan artan bor uygulamaları ile bitki boyu arasında negatif bir ilişkinin olduğu ve sulama suyundaki bor konsantrasyonu arttıkça bitkinin yükselemediği görülmüştür. Bu bulgular önceki yıllarda Ardıç (2006); Chatzissavvidis vd.



(2008); Fontes vd. (2008); Ochiai vd. (2008); Keskin (2010); Yau (2010); tarafından yapılan çalışmaların sonuçları ile uyum içersindedir. Elde edilen bulgular humik madde uygulamaları bakımından tartışıldığında, özellikle denemenin ikinci yılında humik asidin olumlu etkisinin istatistiksel olarak önemli bulunması ile birlikte, humik asidin bitki gelişimini desteklediği ve bitki büyümesine katkıda bulunduğu görülmüştür. Elde edilen bu sonuçlar Selçuk (2009); Demir (2010); Akıncı (2011) ile paralellik göstermektedir.

#### 4.1.4. Toplam Biyokütle Verimi

Çizelge 4.7' de kareler ortalamaları değerlerinden görüldüğü gibi denemenin yürütüldüğü 2011 yılında çiçeklenme, hasat ve hasat sonrası dönemde sadece bor faktörü istatistiksel açıdan önemli ( $p < 0.01$ ) bulunmuştur.

2012 yılına ait kareler ortalamaları değerleri incelendiğinde taraklanma dönemi öncesinde bor ( $p < 0.01$ ) ve bor x humik madde interaksyonu önemli ( $p < 0.05$ ) bulunmuştur. Taraklanma döneminde bor x humik madde interaksyonu ( $p < 0.01$ ), çiçeklenme döneminde ise bor faktörü ( $p < 0.01$ ) önemli bulunmuştur. Hasat döneminde bor ( $p < 0.01$ ), bor x humik madde interaksyonu ( $p < 0.05$ ) ve son olarak hasat sonrası dönemde bor ( $p < 0.01$ ) ve bor x humik madde interaksyonu ( $p < 0.05$ ) önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.7. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre, 2011 ve 2012 yıllarında örnekleme zamanlarında analiz edilen toplam biyokütle verimlerine ilişkin varyans analizi

		Kareler Ortalaması				
Varyasyon Kaynağı	SD	2011 Yılı				
		TÖ	T	Ç	H	HS
B	3	0.06	60.52	774.09**	1824.78**	869.45**
HM	2	0.08	28.24	215.79	47.22	291.79
B x HM	6	0.02	22.37	111.37	229.03	207.94
Hata	24	0.03	22.08	118.82	159.65	184.93
		2012 Yılı				
B	3	2.75**	44.83	1492.24**	16258.24**	1161.19**
HM	2	0.26	35.48	51.76	25.59	206.19
B x HM	6	1.11*	71.33**	49.28	804.85*	426.93*
Hata	24	0.4	17.78	68.62	294.56	162.63

TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası

Çizelge 4.8’de denemenin yürütüldüğü 2011 ve 2012 yıllarında, pamuğun farklı fenolojik dönemlerinde alınan bitki örneklerine ait toplam biyokütle verimlerinin ortalama ve LSD değerleri verilmiştir.

2011 yılı bor uygulamaları bakımından incelendiğinde taraklanma öncesi dönemde B3 uygulaması 2.01 g ile en yüksek toplam biyokütle verimi vermiş, bunu B1 uygulaması 2.00 g ile izlemiştir. En düşük değer ise B4 uygulamasından 1.86 g değeriyle elde edilmiştir. B1’ e göre B2 de % 4.50, B3 de % -0.50 ve B4 de % 7.00 oranında azalış görülmüştür. Sonuçta artan bor dozlarına bağlı olarak toplam biyokütle veriminde dalgalanmalar söz konusu olup elde edilen farklılığın istatistiksel açıdan önemsiz olduğu görülmektedir. Taraklanma döneminde B1 uygulaması 18.95 g ile en yüksek toplam biyokütle verimi vermiş, bunu B3 uygulaması 15.65 g ile izlemiştir. En düşük değer ise B4 uygulamasından 14.14 g değeriyle elde edilmiştir. B1’ e göre B2 de % 24.85, B3 de % 17.63 ve B4 de % 25.38 oranında azalış görülmüştür. Sonuçta artan bor dozlarına bağlı olarak toplam biyokütle veriminde azalışlar görülmüş ancak bu ayrımlılığın istatistiksel açıdan önemsiz olduğu bulunmuştur. Çiçeklenme döneminde B2 uygulaması bitki başına 70.81 g ile en yüksek toplam biyokütle verimi vermiş, bunu B1 uygulaması 68.32 g ile izlemiştir. En düşük değer ise B4 uygulamasından 54.91 g değeriyle elde edilmiştir. B1’ e göre B2 de % -3.65, B3 de % 16.94 ve B4 de % 19.63 oranında azalış görülmüştür. Sonuç olarak B2 uygulamasından B1 uygulamasına göre daha yüksek verim elde edilmişse de artan bor dozlarına bağlı olarak toplam biyokütle veriminde azalışlar görülmüş ve bu değişimlerin istatistiki açıdan önemli olduğu ortaya çıkarılmıştır. Hasat döneminde B2 uygulaması bitki başına 114.08 g ile en yüksek toplam biyokütle verimi vermiş, bunu B1 uygulaması 109.20 g ile izlemiştir. En düşük değer ise B4 uygulamasından 85.95 g değeriyle elde edilmiştir. B1’ e göre B2 de % -4.47, B3 de % 3.37 ve B4 de % 21.29 oranında azalış görülmüştür. Sonuçta B2 uygulamasından B1 uygulamasına göre daha yüksek verim elde edilmişse de artan bor dozlarına bağlı olarak toplam biyokütle veriminde azalışlar görülmüş ve bu değişimlerin istatistiksel olarak önemli olduğu ortaya çıkarılmıştır. Hasat işlemlerinin ardından yapılan örneklemede B2 uygulaması bitki başına 68.32 g ile en yüksek toplam biyokütle verimi vermiş, bunu B1 uygulaması 64.58 g ile izlemiştir. En düşük değer ise B4 uygulamasından 48.69 g değeriyle elde edilmiştir. B1’ e göre B2 de % -5.79, B3 de % 6.60 ve B4 de % 24.61 oranında azalış görülmüştür. Sonuçta B2 uygulamasından B1 uygulamasına göre daha yüksek verim elde edilmişse de artan bor dozlarına bağlı

olarak toplam biyokütle veriminde azalışlar görülmüş ve bu değişimlerin istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur.

Humik madde uygulamaları bakımından 2011 yılı taraklanma öncesi sonuçlarına göre en yüksek toplam biyokütle verimi bitki başına 1.99 g ile kontrol uygulamasından elde edilmiş, bunu H2 uygulaması 1.97 g ile takip etmiştir. Humik maddenin artan dozlarına karşılık biyokütle veriminde azalışlar olsa da istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur. Taraklanma döneminde elde edilen sonuçlara göre en yüksek toplam biyokütle verimi bitki başına 17.24 g ile H3 uygulamasından elde edilmiş, bunu H1 uygulaması 15.25 g ile takip etmiştir. Humik maddenin artan dozlarına karşılık biyokütle veriminde artışlar görülse de H2 uygulamasındaki kontrole göre verim kaybının dalgalanma yarattığı ve bu sebeple oluşan ayrımın istatistiksel açıdan önemsiz olduğu bulunmuştur. Çiçeklenme döneminde elde edilen sonuçlar incelendiğinde en yüksek toplam biyokütle verimi bitki başına 66.73 g ile H3 uygulamasından elde edilmiş, bunu H1 uygulaması 61.80 g ile takip etmiştir. Humik maddenin artan dozlarına karşılık biyokütle veriminde artışlar görülse de H2 uygulamasındaki kontrole göre verim kaybının dalgalanma yaratarak sonuçları etkilediği ve bu sebeple oluşan ayrımın istatistiksel açıdan önemsiz olduğu bulunmuştur. Hasat zamanında yapılan örneklemeden elde edilen sonuçlar incelendiğinde, en yüksek toplam biyokütle verimi bitki başına 105.63 g ile H3 uygulamasından elde edilmiş, bunu H1 uygulaması 103.06 g ile takip etmiştir. Humik maddenin artan dozlarına karşılık biyokütle veriminde artışlar görülse de H2 uygulamasındaki kontrole göre verim kaybının dalgalanma yaratarak sonuçları etkilediği ve bu sebeple oluşan ayrımın istatistiksel açıdan önemsiz olduğu bulunmuştur. Hasat sonrası dönemde elde edilen sonuçlar incelendiğinde, en yüksek toplam biyokütle verimi bitki başına 63.44 g ile H1 uygulamasından elde edilmiş, bunu H2 uygulaması 62.40 g ile takip etmiştir. Humik maddenin artan dozlarına karşılık toplam biyokütle verimindeki azalışlar belirgin biçimde ortaya çıkmış ancak istatistiksel açıdan önemsiz olduğu görülmüştür.

2011 yılında yapılan bütün örnekleme dönemlerinde toplam biyokütle verimi bor x humik madde interaksiyonu bakımından incelendiğinde, tüm dönemlerde farklılıklar ortaya çıkmışsa da istatistiksel olarak önemsiz olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.8. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarında farklı örnekleme zamanlarında analiz edilen toplam biyokütle verimleri (g bitki<sup>-1</sup>)

	2011					2012				
	T.Ö	T	Ç	H	HS	T.Ö	T	Ç	H	HS
B1	2.00	18.95	68.32 a	109.20 a	64.58 a	3.87 a	18.04	49.51 a	130.08 a	62.49 a
B2	1.91	14.24	70.81 a	114.08 a	68.32 a	3.03 bc	19.60	52.67 a	129.90 b	56.31 ab
B3	2.01	15.61	56.74 b	105.52 a	60.32 a	3.42 ab	20.94	40.67 b	101.03 c	47.85 bc
B4	1.86	14.14	54.91 b	85.95 b	48.69 b	2.78 c	16.47	27.76 c	51.97 c	39.96 c
H1	1.99	15.25	61.80	103.06	63.44	3.19	17.36	41.58	102.00	52.80
H2	1.97	14.72	59.55	102.37	62.40	3.42	20.32	41.64	104.53	47.63
H3	1.86	17.24	66.73	105.63	55.58	3.22	18.61	44.73	103.21	54.52
B1H1	2.08	16.34	64.83	110.15	61.23	3.06	16.09	47.64	131.04	59.10
B1H2	2.08	16.08	64.95	101.32	69.99	4.80	18.35	45.72	138.20	57.77
B1H3	1.84	24.43	75.16	116.12	62.53	3.77	19.69	55.18	121.00	70.59
B2H1	1.89	14.43	65.29	111.53	70.50	3.27	18.67	50.65	147.35	49.66
B2H2	1.98	14.47	65.65	109.32	62.71	2.88	16.19	53.09	116.33	58.33
B2H3	1.86	13.83	81.49	121.38	71.75	2.95	23.94	54.26	126.01	60.93
B3H1	2.02	16.20	59.28	111.41	64.47	3.68	20.85	41.51	89.81	44.12
B3H2	2.01	15.05	56.34	105.03	63.71	3.13	26.73	36.70	112.31	48.22
B3H3	1.99	15.58	54.61	100.11	52.78	3.44	15.23	43.80	100.98	51.23
B4H1	1.99	14.04	57.81	79.13	57.59	2.74	13.81	26.54	39.81	58.34
B4H2	1.82	13.27	51.26	93.82	53.20	2.88	20.02	31.06	51.26	26.18
B4H3	1.77	15.12	55.66	84.91	35.27	2.71	15.57	25.67	64.83	35.34
Ort.	1.94	15.74	62.69	103.69	60.48	3.28	18.76	42.65	103.25	51.65
LSD B	-	-	9.70	11.24	12.10	0.57	-	7.37	15.27	11.34
LSD HM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LSD B x HM	-	-	-	-	-	1.25	8.28	-	33.69	25.03

TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası

2012 yılı bor uygulamaları bakımından incelendiğinde, taraklanma öncesindeki dönemde B1 uygulaması 3.87 g ile en yüksek toplam biyokütle verimi vermiş, bunu B3 uygulaması 3.42 g ile izlemiştir. En düşük değer ise B4 uygulamasından 2.78 g değeriyle elde edilmiştir. B1' e göre B2 de % 21.71, B3 de % 11.63 ve B4 de % 28.17 oranında azalış görülmüştür. Sonuçta artan bor dozlarına bağlı olarak toplam biyokütle veriminde azalmalar söz konusu olmuş ve ortaya çıkan bu farklılığın istatistiksel açıdan önemli olduğu bulunmuştur. Taraklanma döneminde B3 uygulaması 20.94 g ile en yüksek toplam biyokütle verimi vermiş, bunu B2 uygulaması 19.60 g ile izlemiştir. En düşük değer ise B4 uygulamasından 16.47 g değeriyle elde edilmiştir. B1' e göre B2 de % -8.65, B3 de % -16.08 ve B4 de % 8.70 oranında azalış görülmüştür. Sonuçta artan bor dozlarına bağlı olarak toplam biyokütle veriminde dalgalanmalar söz konusu olup ortaya çıkan bu ayrımlılığın istatistiksel açıdan önemsiz olduğu görülmektedir. Çiçeklenme döneminde B2 uygulaması bitki başına 52.67 g ile en yüksek toplam biyokütle verimi vermiş, bunu B1 uygulaması 49.51 g ile izlemiştir. En düşük değer ise B4 uygulamasından 27.76 g değeriyle elde edilmiştir. B1' e göre B2 de % -6.37, B3 de % 17.86 ve B4 de % 43.94 oranında azalış görülmüştür. Sonuç olarak B2 uygulamasından B1 uygulamasına göre daha yüksek toplam biyokütle verimi elde edilmişse de artan bor dozlarına bağlı olarak toplam biyokütle veriminde azalışlar görülmüş ve bu azalışların istatistiki açıdan önemli olduğu ortaya çıkarılmıştır. Hasat döneminde B1 uygulaması ile bitki başına 130.08 g ile en yüksek toplam biyokütle verimi elde edilmiş, bunu B2 uygulaması 129.90 g ile izlemiştir. En düşük değer ise B4 uygulamasından 51.97 g değeriyle elde edilmiştir. B1' e göre B2 de % 0.14, B3 de % 22.33 ve B4 de % 60.05 oranında azalış görülmüştür. Sonuçta artan bor dozlarına bağlı olarak toplam biyokütle veriminde azalmalar belirgin bir biçimde ortaya çıkmıştır ve bu farklılığın istatistiksel açıdan önemli olduğu bulunmuştur. Hasat sonrasında yapılan örneklemede B1 uygulaması bitki başına 62.49 g ile en yüksek toplam biyokütle verimi vermiş, bunu B2 uygulaması 56.31 g ile izlemiştir. En düşük değer ise B4 uygulamasından 39.96 g değeriyle elde edilmiştir. B1' e göre B2 de % 9.89, B3 de % 24.42 ve B4 de % 36.06 oranında azalış görülmüştür. Sonuçta artan bor dozlarına bağlı olarak toplam biyokütle veriminde azalmalar belirgin bir biçimde ortaya çıkmıştır ve bu farklılığın istatistiksel açıdan önemli olduğu bulunmuştur.

Humik madde uygulamaları bakımından 2012 yılı taraklanma öncesi sonuçlarına göre en yüksek toplam biyokütle verimi bitki başına 3.42 g ile H2 uygulamasından

elde edilmiş, bunu H3 uygulaması 3.22 g ile takip etmiştir. Taraklanma döneminde elde edilen sonuçlara göre en yüksek toplam biyokütle verimi bitki başına 20.32 g ile H2 uygulamasından elde edilmiş, bunu H3 uygulaması 18.61 g ile takip etmiştir. Çiçeklenme döneminde elde edilen sonuçlar incelendiğinde en yüksek toplam biyokütle verimi bitki başına H3 uygulamasından 44.73 g ile elde edilmiş, bunu H2 uygulaması 41.64 g ile takip etmiştir. Hasat zamanında yapılan örneklemeden elde edilen sonuçlar incelendiğinde en yüksek toplam biyokütle verimi bitki başına 104.53 g ile H2 uygulamasından elde edilmiş, bunu H3 uygulaması 103.21 g ile izlemiştir. Hasat sonrası dönemde elde edilen sonuçlar incelendiğinde en yüksek toplam biyokütle verimi bitki başına 54.52 g ile H3 uygulamasından elde edilmiş, bunu H1 uygulaması 52.80 g ile takip etmiştir. Tüm dönemlerde humik maddenin artan dozlarına karşılık toplam biyokütle veriminde artışlar görülse de bu artışların istatistiksel açıdan önemsiz olduğu bulunmuştur.

2012 yılının taraklanma öncesi dönemi bor x humik madde interaksyonu bakımından incelendiğinde, en yüksek toplam biyokütle verimi B1H2 uygulamasından bitki başına 4.80 g miktarında elde edilmiş ve bunu B1H3 uygulaması 3.77 g değeri ile takip etmiştir. En düşük toplam biyokütle verimi ise B4H3 uygulamasından bitki başına 2.71 g miktarında elde edilmiş ve bu sonucu B4H1 uygulaması 2.74 g değeriyle takip etmiştir. Elde edilen bu sonuçlar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur.

İkinci yıl taraklanma dönemi bor x humik madde interaksyonu bakımından incelendiğinde, en yüksek toplam biyokütle verimi B3H2 uygulamasından bitki başına 26.73 g ile elde edilmiş ve bunu B2H3 uygulaması 23.94 g değeri ile takip etmiştir. En düşük toplam biyokütle verimi ise B4H1 uygulamasından bitki başına 13.81 g miktarında elde edilmiş ve bu sonucu B3H3 uygulaması 15.23 g değeriyle takip etmiştir. Ortaya çıkan sonuçlara göre elde edilen bu ayrımlılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur.

Çiçeklenme dönemi bor x humik madde interaksyonu bakımından incelendiğinde, elde edilen sonuçlar ayırım göstermişse de istatistiksel olarak önemsizdir.

Hasat zamanında alınan örnekler bor x humik madde interaksyonu bakımından incelendiğinde; en yüksek toplam biyokütle verimi B2H1 uygulamasından bitki başına 147.35 g ile elde edilmiş ve bunu B1H2 uygulaması 138.20 g değeri ile takip etmiştir. En düşük toplam biyokütle verimi ise B4H1 uygulamasından bitki

başına 39.81 g ile elde edilmiş ve bu sonucu B4H2 uygulaması 51.26 g değeriyle takip etmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ortaya çıkan bu farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur.

Hasat işlemleri sonrasında alınan örnekler bor x humik madde interaksyonu açısından incelendiğinde; en yüksek toplam biyokütle verimi B1H3 uygulamasından bitki başına 70.59 g miktarında elde edilmiş ve bunu B2H3 uygulaması 60.93 g değeri ile takip etmiştir. En düşük toplam biyokütle verimi ise B4H2 uygulamasından bitki başına 26.18 g ile elde edilmiş ve bu sonucu B4H3 uygulaması 35.24 g değeriyle takip etmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ortaya çıkan bu farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur.

Bor uygulamaları bakımından elde edilen sonuçlar tartışıldığında, toplam biyokütle verimi ile artan bor dozları arasında negatif bir ilişki var olmakla birlikte, sulama suyu içinde bor konsantrasyonu arttıkça bitki biyokütle veriminin düştüğü görülmüştür. Biyokütle veriminin azalması şöyle açıklanabilir: fotosentetik organların çok fazla seviyede B elementi içermeleri organlarda doku parçalanmasına neden olmakta, bu durum ise fotosentez ürünlerinde azalmaya ve böylece bitki biyokütle veriminin de azalmasına yol açmaktadır. Bulgular, Alpaslan ve Güneş (2001); Sotiropoulos vd. (2002); Sarı (2009); Hasnain vd. (2011) elde ettikleri sonuçlarla paralellik taşımaktadır.

Humik madde uygulamaları bakımından değerlendirme yapıldığında, toprağa iki yıl boyunca uygulanan humik maddenin biyokütle verimine ilişkin etkisi pozitif olsa da net gözlenememiş ve uygulama dozları arasında farklılıklar bulunmuştur. Ortaya çıkan bu durum, kütlü verimi ile biyokütle verimi arasındaki ilişki ile açıklanabilir. 2012 yılında en iyi kütlü verimi H2 uygulamasından elde edilmiş ve bu sebeple en düşük toplam biyokütle içeriği bu uygulama alanlarından elde edilmiştir. Öte yandan en düşük kütlü verimi ile en yüksek toplam biyokütle verimi H3 uygulamasından elde edilmiştir. Elde edilen bu bulguların Lee ve Bartlett, 1976; Bozbek ve Ünay, 2005 yılında buldukları sonuçlarla uyum içinde olduğu bulunmuştur.

## 4.2. Lif Kalite Özellikleri

Lif kalite özellikleri başlığı altında lif uzunluğu (mm), lif inceliği (micronaire), lif kopma dayanıklılığı (g/tex) ve çırçır randımanı (%) olmak üzere dört özellik incelenmiştir.

### 4.2.1. Lif Uzunluğu (mm)

Çizelge 4.9’ da istatistiksel değerlendirmelerden görüldüğü gibi denemenin birinci yılında lif uzunluğu değerleri üzerinde hiçbir faktörün ve interaksiyonun etkisi istatistiksel açıdan önemli çıkmamıştır. Ancak denemenin ikinci yılında lif uzunluğu üzerine bor x humik madde interaksiyonu ( $p < 0.01$ ) önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.9. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarında saptanan lif uzunluğuna ilişkin varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler Ortalaması	
		2011 Yılı	2012 Yılı
B	3	0.33	0.47
HM	2	0.59	0.21
B x HM	6	0.37	1.03**
Hata	24	0.28	0.25

Çizelge 4.10’de 2011 ve 2012 yıllarına ait lif uzunluğuna ilişkin ortalama ve LSD değerleri verilmiştir. Denemenin birinci yılında bor uygulamaları bakımından B4 uygulaması 28.82 mm lif uzunluğu ile en yüksek değeri vermiş, bu değeri B2 uygulaması 28.64 mm ile takip etmiştir. En düşük lif uzunluğu B3 uygulamasından 28.43 mm olarak elde edilmiştir. Sonuçta artan bor dozları ile lif uzunluğunun arttığı ancak elde edilen ayırımın istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür.

Humik madde uygulamaları bakımından en yüksek lif uzunluğu değeri 28.79 mm ile H3 uygulamasından elde edilmiş ve bunu H2 uygulaması 28.63 mm ile izlemiştir. Artan humik madde uygulamalarına paralel olarak lif uzunlukları artmış ancak oluşan farklılığın istatistiksel açıdan önemsiz olduğu bulunmuştur.

Elde edilen veriler bor x humik madde interaksiyonu bakımından incelendiğinde, ortaya çıkan sonuçlarda farklılık gözlemlense de bu farklılıklar istatistiksel açıdan önemsizdir.



Çizelge 4.10. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarına ait lif uzunluğu değerleri (mm)

	2011				2012			
	H1	H2	H3	Ort.	H1	H2	H3	Ort.
B1	28.33	28.61	28.71	28.55	27.23	28.06	27.67	27.65
B2	28.40	28.58	28.95	28.64	27.76	27.21	27.65	27.54
B3	28.44	28.70	28.14	28.43	27.54	27.79	28.24	27.86
B4	28.47	28.64	29.36	28.82	28.13	26.85	27.17	27.38
Ort.	28.41	28.63	28.79	28.61	27.67	27.48	27.68	27.61
LSD B	-				-			
LSD HM	-				-			
LSD B x HM	-				0.99			

Denemenin ikinci yılında bor uygulamaları bakımından B3 uygulaması 27.86 mm lif uzunluğu ile en yüksek değeri vermiş, bunu B1 uygulaması 27.65 mm değeri ile takip etmiştir. En düşük değer ise B4 uygulamasından 27.38 olarak elde edilmiştir. Artan bor uygulamalarının lif uzunluğu üzerine etkisinin belirsiz olduğu görülmüştür.

Humik madde uygulamaları bakımından en yüksek lif uzunluğu değeri 27.68 mm ile H3 uygulamasından elde edilmiş ve bunu H1 uygulaması 27.67 mm ile izlemiştir. Artan humik madde dozlarına karşı lif uzunluklarında dalgalanmalar gözlenmiş ve aynı zamanda oluşan farkların istatistiksel açıdan önemsiz olduğu bulunmuştur.

Denemenin ikinci yılına ait veriler bor x humik madde interaksyonu bakımından incelendiğinde, B3H3 uygulaması 28.24 mm lif uzunluğu ile en yüksek değeri vermiş ve bu değeri B4H1 uygulaması 28.13 mm ile takip etmiştir. En düşük değer ise B4H2 uygulamasından 26.85 mm olarak elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar istatistiki açıdan önemli bulunmuştur.

Elde edilen bu sonuçlar irdelendiğinde; bor uygulamalarının lif uzamasına ve lif uzunluğuna etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar Ahmed vd., 2010; Rosolem ve Bogiani, 2011 bildirdiği sonuçlar ile paralellik göstermektedir. Sözkonusu araştırmacılar lif kalite parametrelerinin büyük ölçüde genotipik olduğunu ancak çevre ve iklim şartlarının kısmen etkisinin olduğunu belirtmişlerdir. Bor toksisitesinin, pamuk lif oluşumu, gelişimi, uzaması ve diğer özellikleri ile ilgili metabolik süreçlerini etkilemesinin gen kaynaklı olarak

manipüle edildiği düşünülmektedir. Öte yandan humik madde uygulamalarının etkisinin olumlu olsada istatistiksel açıdan önemsiz olduğu görülmüş ve bu bulgunun Ören (2007) sonuçlarıyla benzerlik taşıdığı belirlenmiştir.

#### 4.2.2. Lif İnceliği (micronaire, mic)

Çizelge 4.11' de istatistiksel değerlendirmelerden görüldüğü gibi denemenin birinci yılında lif inceliği üzerine hiçbir faktör istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır. Denemenin ikinci yılında lif inceliği üzerine bor ( $p < 0.01$ ) ve bor x humik madde interaksyonu ( $p < 0.05$ ) istatistiki açıdan önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.11. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarında saptanan lif inceliğine ilişkin varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler Ortalaması	
		2011 Yılı	2012 Yılı
B	3	0.14	0.45**
HM	2	0.14	0.01
B x HM	6	0.06	0.20*
Hata	24	0.08	0.07

Çizelge 4.12'de 2011 ve 2012 yıllarına ait lif inceliğine ilişkin ortalama ve LSD değerleri verilmiştir. Denemenin birinci yılında bor uygulamaları bakımından B1 uygulaması 5.23 mic lif inceliği ile en yüksek değeri vermiş, bu değeri B3 uygulaması yaklaşık olarak 5.23 mic ile takip etmiştir. En düşük lif inceliği B4 uygulamasından 5.00 mic olarak elde edilmiştir. Sonuçta artan bor uygulamaları ile lif inceliğinin azaldığı ancak elde edilen ayrımın istatistiksel olarak önemli olmadığı saptanmıştır.

Humik madde uygulamaları bakımından en yüksek lif inceliği değeri 5.24 mic ile H1 uygulamasından elde edilmiş ve bunu H2 uygulaması 5.18 mic ile izlemiştir. Artan humik madde dozlarına paralel olarak lif inceliği azalmış ancak oluşan farkların istatistiksel açıdan önemsiz olduğu bulunmuştur.

Elde edilen veriler bor x humik madde interaksyonu bakımından incelendiğinde, ortaya çıkan sonuçlarda farklılık gözlenirse de bu farklılıklar istatistiki açıdan önemsizdir.

Çizelge 4.12. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarına ait lif inceliği değerleri (mic)

	2011				2012			
	H1	H2	H3	Ort.	H1	H2	H3	Ort.
B1	5.28	5.19	5.24	5.23	4.86	4.87	4.94	4.89a
B2	5.21	5.18	5.08	5.16	5.01	4.99	4.83	4.94a
B3	5.38	5.38	4.93	5.23	5.14	4.58	4.77	4.83a
B4	5.08	4.97	4.96	5.00	4.22	4.62	4.69	4.51b
Ort.	5.24	5.18	5.05	5.16	4.81	4.76	4.81	4.79
LSD B	-				0.24			
LSD HM	-				-			
LSD B x HM	-				0.52			

Denemenin ikinci yılında bor uygulamaları bakımından B2 uygulaması 4.94 mic lif inceliği ile en yüksek değeri vermiş, bunu B1 uygulaması 4.89 mic değeri ile takip etmiştir. En düşük değer ise B4 uygulamasından 4.51 mic olarak elde edilmiştir. B1' e göre B2 de % -1.09, B3 de % 1.25 ve B4 de % 7.74 oranında azalış görülmüştür. Sonuçta artan bor dozlarına paralel olarak lif inceliği değerleri azalmıştır.

Humik madde uygulamaları bakımından en yüksek lif inceliği değeri 4.81 mic ile H3 uygulamasından elde edilmiş ve bunu H1 uygulaması yaklaşık olarak 4.81 mic ile izlemiştir. Artan humik madde uygulamalarına karşı lif inceliği değerlerinde dalgalanmalar gözlenmiş, neticede farkların istatistiksel açıdan önemsiz olduğu bulunmuştur.

Denemenin ikinci yılına ait veriler bor x humik madde interaksyonu bakımından incelendiğinde, B3H1 uygulaması 5.14 mic lif inceliği ile en yüksek değeri vermiş ve bu değeri B2H1 uygulaması 5.01 mic ile takip etmiştir. En düşük değer ise B4H1 uygulamasından 4.22 mic olarak elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur.

Tüm bulgular ışığında, bor uygulamaları ile lif inceliği arasında negatif ilişkinin bulunduğu ve artan bor dozlarıyla lif inceliğinin azaldığı görülmüştür. Humik madde uygulamaları bakımından irdelendiğinde, humik maddenin birinci yılda lif inceliğini azalttığı, ikinci yılda ise etkisiz kaldığı görülmüştür. Elde edilen bu bulguların Rosolem ve Bogiani, (2011) açıkladığı lif kalitesinin büyük ölçüde kalıtsal olduğu bulgusu ile çelişmektedir.

### 4.2.3. Lif Dayanıklılığı (g/tex)

Çizelge 4.13' de istatistiksel değerlendirmelerden görüldüğü gibi denemenin birinci yılında hiçbir faktörün etkisi gözlenmemiştir. Çalışmanın ikinci yılında, lif dayanıklılığı üzerine bor ( $p < 0.01$ ) ve humik madde ( $p < 0.05$ ) uygulamaları istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.13. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarında saptanan lif dayanıklılığına ilişkin varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler Ortalaması	
		2011 Yılı	2012 Yılı
B	3	0.24	10.62**
HM	2	0.46	7.40*
B x HM	6	1.24	2.02
Hata	24	2.51	1.58

Çizelge 4.14'de 2011 ve 2012 yıllarına ait lif dayanıklılığına ilişkin ortalama ve LSD değerleri verilmiştir. Denemenin birinci yılında bor uygulamaları bakımından B1 uygulaması 33.18 g/tex lif dayanıklılığı ile en yüksek değeri vermiş, bunu B4 uygulaması 33.12 g/tex değeri ile takip etmiştir. En düşük değer ise B2 uygulamasından 32.85 g/tex olarak elde edilmiştir. Sonuçta artan bor uygulamalarının lif dayanıklılığı sonuçlarında dalgalanmalar yarattığı ve bu sebeple borun etkisinin belirsiz olduğu saptanmıştır.

Humik madde uygulamaları bakımından en yüksek lif dayanıklılığı değeri 33.24 g/tex ile H1 uygulamasından elde edilmiş ve bunu H3 uygulaması 32.99 g/tex ile izlemiştir. Artan humik madde dozları, bor uygulamalarına benzer olarak dalgalanma yaratmış ve neticede humik maddenin etkisinin belirsiz olduğu hükmüne varılmıştır.

Bor x humik madde interaksyonu bakımından lif dayanıklılığı sonuçları incelendiğinde, ortaya çıkan sonuçlarda farklılık gözlenirse de bu farkların istatistiki açıdan önemsiz olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.14. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarına ait lif dayanıklılığı değerleri (g/tex)

	2011				2012			
	H1	H2	H3	Ort.	H1	H2	H3	Ort.
B1	33.00	33.45	33.08	33.18	33.43	33.73	33.77	33.64a
B2	33.33	33.10	32.13	32.85	34.47	32.17	33.70	33.44a
B3	33.05	32.83	33.25	33.04	32.70	32.23	34.28	33.07a
B4	33.58	32.28	33.50	33.12	32.05	30.53	32.12	31.57b
Ort.	33.24	32.91	32.99	33.05	33.16a	32.17b	33.47a	32.93
LSD B	-	-	-	-	1.12	-	-	-
LSD HM	-	-	-	-	0.94	-	-	-
LSD B x HM	-	-	-	-	-	-	-	-

Denemenin ikinci yılında bor uygulamaları bakımından B1 uygulaması 33.64 g/tex lif dayanıklılığı ile en yüksek değeri vermiş, bunu B2 uygulaması 33.44 g/tex değeri ile takip etmiştir. En düşük değer ise B4 uygulamasından 31.57 g/tex olarak elde edilmiştir. B1' e göre B2 de % 0.59, B3 de % 1.69 ve B4 de % 6.15 oranında azalış görülmüştür. Sonuçta 2012 yılında artan bor dozlarına paralel olarak lif dayanıklılığı değerleri azalmış ve oluşan farkların istatistiksel açıdan önemli olduğu bulunmuştur.

Humik madde uygulamaları bakımından en yüksek lif dayanıklılığı değeri 33.47 g/tex ile H3 uygulamasından elde edilmiş ve bunu H1 uygulaması yaklaşık olarak 33.16 g/tex ile izlemiştir. H2 uygulamasında kontrol uygulamasına göre lif dayanıklılığı değerlerinde azalma görülse de, H3 uygulamasında bu değerler artmıştır. Elde edilen bulguların istatistiksel açıdan önemli olduğu bulunmuştur.

Denemenin ikinci yılında, bor x humik madde interaksyonu bakımından lif dayanıklılığı sonuçları incelendiğinde, ortaya çıkan sonuçlarda farklılık gözlenirse de bu farkların istatistiksel açıdan önemsiz olduğu bulunmuştur.

Ortaya çıkan bulgulara göre bor uygulamaları ile lif dayanıklılığı arasında negatif ilişkinin bulunduğu ve özellikle denemenin ikinci yılında artan bor dozlarıyla lif dayanıklılığının azaldığı görülmüştür. Humik maddenin birinci yılda lif dayanımını azalttığı, ikinci yılda ise etkisiz kaldığı görülmüştür. Elde edilen bu bulguların Grimes ve El-Zik (1990); Rosolem ve Bogiani (2011) açıkladığı lif kalitesinin büyük ölçüde kalıtsal olduğu bulgusu ile çelişmektedir.

#### 4.2.4. Çırçır Randımanı (%)

Çizelge 4.15' de istatistiksel değerlendirmelerden görüldüğü gibi denemenin birinci yılında hiçbir faktörün etkisi gözlenmemiştir. Çalışmanın ikinci yılında ise çırçır randımanı üzerine bor ( $p < 0.01$ ) ve bor x humik madde interaksyonu ( $p < 0.05$ ) istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.15. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarında saptanan çırçır randımanına ilişkin varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler Ortalaması	
		2011 Yılı	2012 Yılı
B	3	1.33	10.22**
HM	2	0.28	0.11
B x HM	6	0.60	2.11*
Hata	24	0.48	0.72

Çizelge 4.16'da 2011 ve 2012 yıllarına ait çırçır randımanına ilişkin ortalama ve LSD değerleri verilmiştir. Denemenin birinci yılında bor uygulamaları bakımından B2 uygulaması % 41.68 ile en yüksek değeri vermiş, bunu B1 uygulaması % 41.59 değeri ile takip etmiştir. En düşük değer ise B4 uygulamasından % 40.93 olarak elde edilmiştir. Sonuçta artan bor uygulamaları çırçır randımanı sonuçlarında dalgalanmalar yarattığı ve bu sebeple bor uygulamalarının etkisinin belirsiz olduğu saptanmıştır.

Humik madde uygulamaları bakımından en yüksek çırçır randımanı değeri % 41.55 ile H1 uygulamasından elde edilmiş ve bunu H2 uygulaması % 41.38 ile izlemiştir. Artan humik madde dozlarına paralel olarak çırçır randımanı değerleri azalmışsa da istatistiksel olarak oluşan bu farkların önemi yoktur.

Bor x humik madde interaksyonu bakımından çırçır randımanı sonuçları incelendiğinde, ortaya çıkan sonuçlarda farklılık gözlenirse de bu farkların istatistiksel açıdan önemsiz olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.16. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarına ait çırçır randımanı değerleri (%)

	2011				2012			
	H1	H2	H3	Ort.	H1	H2	H3	Ort.
B1	41.15	41.78	41.84	41.59	39.66	39.65	39.81	39.71ab
B2	41.84	41.67	41.54	41.68	40.26	40.62	39.35	40.08a
B3	42.06	41.17	41.04	41.42	39.88	38.59	38.59	39.02b
B4	41.15	40.90	40.75	40.93	37.11	38.18	38.65	37.98c
Ort.	41.55	41.38	41.29	41.41	39.23	39.26	39.10	39.20
LSD B	-				0.76			
LSD HM	-				-			
LSD B x HM	-				1.67			

Denemenin ikinci yılında bor uygulamaları bakımından B2 uygulaması % 40.08 çırçır randımanı ile en yüksek değeri vermiş, bunu B1 uygulaması % 39.71 değeri ile takip etmiştir. En düşük değer ise B4 uygulamasından % 37.98 olarak elde edilmiştir. B1' e göre B2 de % -0.93, B3 de % 1.74 ve B4 de % 4.36 oranında azalış görülmüştür. Artan bor dozlarına paralel olarak çırçır randımanı değerleri azalmış ve oluşan farkların istatistiksel açıdan önemli olduğu bulunmuştur.

Humik madde uygulamaları bakımından en yüksek çırçır randımanı değeri % 39.26 ile H2 uygulamasından elde edilmiş ve bunu H1 uygulaması % 39.23 ile izlemiştir. Artan humik madde dozları bor çırçır randımanı sonuçlarında dalgalanma yaratmış ve bu sebeple humik madde etkisinin belirsiz olduğu gözlenmiştir.

Denemenin ikinci yılında, bor x humik madde interaksyonu bakımından çırçır randımanı sonuçları incelendiğinde, B2H2 uygulaması % 40.62 çırçır randımanı ile en yüksek değeri vermiş, bunu B2H1 uygulaması % 40.26 değeri ile takip etmiştir. En düşük çırçır randımanı oranı B4H1 uygulamasından % 37.11 olarak elde edilmiştir. Ortaya çıkan bu sonuçların istatistiki açıdan önemli bulunduğu saptanmıştır.

Çırçır randımanı ile elde edilen tüm sonuçlar tartışıldığında bor toksisitesinin varlığında çırçır randımanı düşmüştür. En iyi randıman değerinin her iki yılda da B2 uygulaması ile elde edildiği görülmüştür. Humik madde uygulamalarının birinci yılda randımanı düşürdüğü, ikinci yılda ise etkisiz kaldığı görülmüştür.

Ortaya çıkan sonuçlar Ören, 2007 elde ettiği bulgular ile örtüşmektedir. Ancak bor toksisitesinin çirçir randımanı üzerine etkisini içeren bir çalışma bulunamamıştır.

### **4.3. Bitki Besin Elementi İçerikleri**

Bitki besin elementi içerikleri başlığı altında örnekleme dönemlerine ve bitki organlarına göre, başta B olmak üzere bitkilerin N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, ve Cu içeriklerinden oluşan toplam on özellik incelenmiştir.

#### **4.3.1. Bitki Bor İçeriği (mg kg<sup>-1</sup>)**

Çizelge 4.17' de istatistiki değerlendirmelerden görüldüğü gibi çalışmanın yürütüldüğü 2011 yılında taraklanma dönemi öncesinde tüm organlarda istatistiksel açıdan önemli farklılık görülmemiştir. Taraklanma döneminde bor yaprak ve kökte, humik madde ise sadece yaprakta önemli bulunmuştur. Çiçeklenme, hasat ve hasat sonrası dönemde, tüm organlarda sadece bor istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur.

2012 yılına ait kareler ortalamaları değerleri incelendiğinde, taraklanma dönemi öncesinde tüm organlar bor, gövde B içeriği humik madde ve bor x humik madde interaksyonu bakımından önemli bulunmuştur. Taraklanma döneminde tüm organlar bor bakımından, yapraklar humik madde ve bor x humik madde interaksyonu bakımından önemli bulunmuştur. Çiçeklenme döneminde tüm organlar bor faktörü bakımından, gövde B içeriği bor x humik madde interaksyonu açısından istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Hasat zamanında tüm organlar bor faktörü bakımından önemli bulunurken, ayrıca gövdede humik madde ve bor x humik madde interaksyonu ve son olarak kök ve kozada sadece bor x humik madde interaksyonu önemli bulunmuştur. Son olarak hasat sonrası dönemde tüm organlar bor faktörü bakımından, yaprak ve koza organları humik madde açısından ve son olarak sadece koza bor x humik madde interaksyonu açısından istatistiki olarak önemli bulunmuştur.



Çizelge 4.17. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre, 2011 ve 2012 yıllarında örnekleme zamanlarında analiz edilen bitki B içeriklerine ilişkin varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Organ	SD	Kareler Ortalaması									
			2011 Yılı					2012 Yılı				
			TÖ	T	Ç	H	HS	TÖ	T	Ç	H	HS
B	Yaprak	3	15.12	1139**	8675**	1936899**	48457**	206123**	1372440**	8866420**	3837168**	47182**
	Gövde		3.23	93.17	380**	321**	138**	802**	3201**	19582**	6629**	2638**
	Kök			113*	236**	2008**	1151**		1165**	19043**	4021**	4300**
	Yaprak sapı			757	531**	2309**	509**		2390**	33119**	7690**	947**
	Tarak/koza				1174**	4440**	4272**			993690**	75205**	68758**
HM	Yaprak	2	3.01	719**	12.65	2965	207	591	2925*	2206	39155	25286**
	Gövde		0.88	1.18	13.98	23.34	3.77	53.14**	75.98	368	6448**	365
	Kök			78.86	32.08	89.62	30.82		111	626	534	59.46
	Yaprak sapı			368	0.64	59.02	45.32		159	856	471	323
	Tarak/koza				6.33	147	46.97			22062	50.53	8055**
B x HM	Yaprak	6	7.25	20.13	151	9440	2790	886	2065*	6456	3433	13243
	Gövde		3.52	15.11	33.66	12.10	21.53	17.96**	468	776**	3657**	723
	Kök			27.77	14.97	133	35.46		121	255	1854**	163
	Yaprak sapı			742	9.23	74.72	40.28		144	860	453	228
	Tarak/koza				14.26	105	404			37914	3283*	7314**
Hata	Yaprak	24	39.41	127	133	3911	1954	397	786	21979	44778	3984
	Gövde		5.76	70.81	39.17	12.94	21.64		132	164	647	356
	Kök			29.96	23.81	88.88	88.14		85.35	207	332	71.08
	Yaprak sapı			721	8.33	56.25	74.82		59.00	449	223	180
	Tarak/koza				14.86	288	197			17438	1063	333

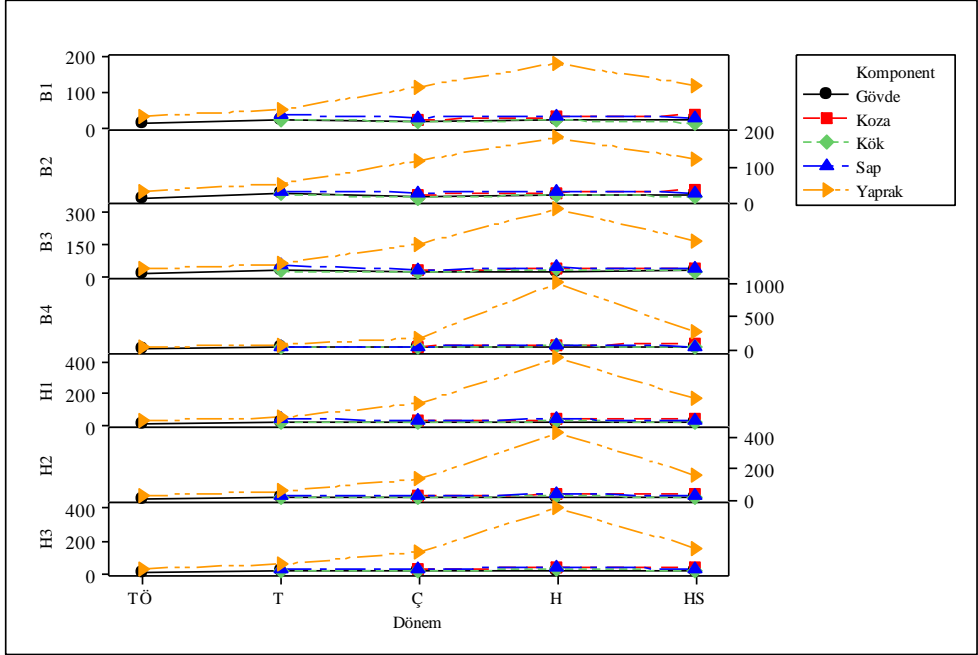
TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası

EK 1 ve 2' de denemenin yürütüldüğü 2011 ve 2012 yıllarında, pamuğun farklı fenolojik dönemlerinde alınan ve laboratuvar ortamında organlarına ayrılan bitki örneklerine ait bor içeriklerinin ortalama ve LSD değerleri verilmiştir.

Şekil 4.1' de 2011 yılına ait örnekleme zamanları ve bitki organlarına göre bor içerikleri verilmiştir. Bor uygulamaları bakımından elde edilen grafik incelendiğinde; taraklanma öncesi ve taraklanma döneminde tüm organlardaki bor dağılımı benzer görünürken çiçeklenme döneminden itibaren bitki bor içeriğinin arttığı ve hasat döneminde en yüksek seviyeye ulaştığı görülmektedir. Hasat sonrası dönemde sulamanın kesilmesi ve buna bağlı olarak bor uygulamalarının sona ermesiyle bitki bor içeriklerinde azalmalar meydana gelmiştir. Organlar açısından bakıldığında en yüksek bor içeriği yapraklarda (B4; 1020 mg B kg<sup>-1</sup>) olduğu net bir biçimde görülürken diğer organlar arasında farklılık olsa da ihmal edilebileceği ve bu nedenle diğer organların bor içeriği benzer olduğu söylenebilir. Hasat döneminde en yüksek bor birikiminin olduğu göz önüne alınarak organlar arasında bor içerikleri açısından sıralama yapıldığında, bor içeriklerinin sırasıyla yaprak> yaprak sapı> koza> kök> gövde şeklinde olduğu görülmektedir. B1' e göre B2 de % 1.45, B3 de % 79.10 ve B4 de % 468.56 oranında artış görülmüştür.

Humik madde uygulamaları bakımından incelendiğinde, sadece taraklanma döneminde yaprakların bor içeriği önemli bulunmuş öte yandan örnekleme dönemleri ve organlara göre dağılımı benzer olduğu görülmüş ve sonuç olarak humik madde uygulamaları etkisinin belirsiz ve önemsiz olduğu ortaya çıkmıştır.

2011 yılının bütün örnekleme dönemlerinde, bitki bor içerikleri bor x humik madde interaksiyonu bakımından incelendiğinde, interaksiyonun etkisiyle ayrımlar oluşmuş ancak bu ayrımların istatistiksel olarak önemsiz olduğu bulunmuştur.

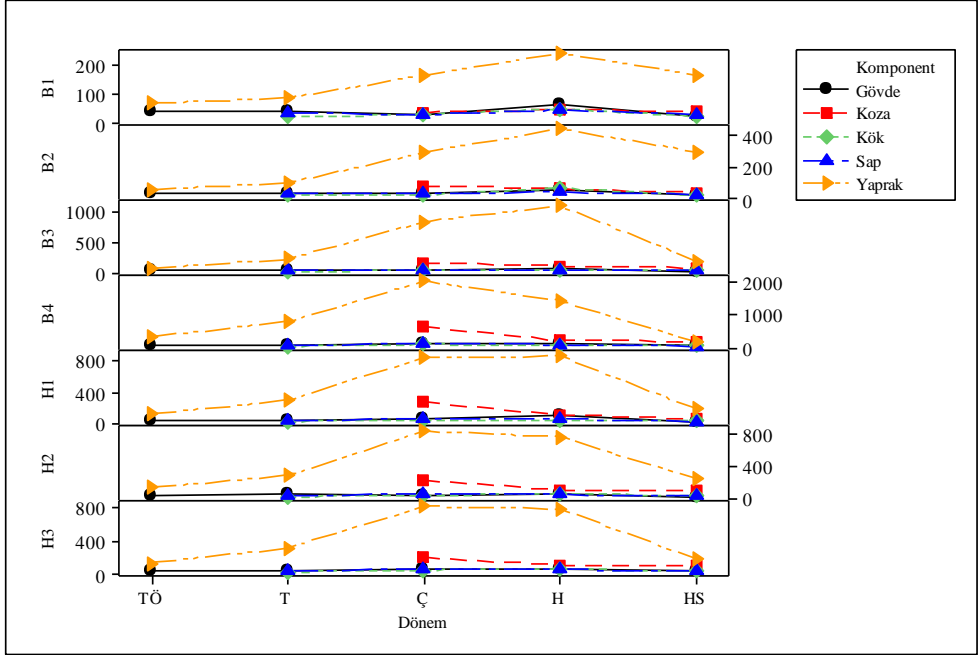


Şekil 4.1. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2011 yılında farklı organlardaki B içeriklerine etkisi ( $\text{mg kg}^{-1}$ )

Şekil 4.2' de 2012 yılına ait örnekleme zamanlarına ve bitki organlarına göre bor içerikleri verilmiştir. Denemenin ikinci yılında bor uygulamaları bakımından elde edilen grafik incelendiğinde; bor birikiminin taraklanma öncesi dönemde başladığı ve uygulamalar arasında farklılıklar olduğu ve taraklanma döneminde benzer yapıda devam ettiği görülmüştür. En yüksek bor içeriği çiçeklenme döneminde elde edilmiş ve bunu hasat dönemi takip etmiştir. Yine benzer şekilde hasat sonrası dönemde sulamanın kesilmesi ile birlikte bitki bor içeriklerinde azalma meydana gelmiştir. Organlar açısından bakıldığında en yüksek bor içeriği benzer şekilde yapraklarda ( $\text{B4}$ ;  $2048.4 \text{ mg B kg}^{-1}$ ) olduğu net bir biçimde görülürken bunu tarak/koza ( $659.1 \text{ mg B kg}^{-1}$ ) organlarının takip ettiği ortaya çıkarılmıştır. Diğer organlar arasında farklılık olsa da bor içeriklerinin benzer olduğu söylenebilir. Çiçeklenme döneminin en yüksek bor birikimine sahip olduğu göz önüne alındığında, organlar arasında bor içerikleri açısından sıralama yapıldığında; bor içeriklerinin sırasıyla yaprak > koza > yaprak sapı > gövde > kök şeklinde dağıldığı görülmektedir.  $\text{B1}$ ' e göre  $\text{B2}$  de % 79.46,  $\text{B3}$  de % 423.29 ve  $\text{B4}$  de % 1152.08 oranında artış görülmüştür. Çiçeklenme döneminde, uygulamalara göre tarak/koza B içeriklerindeki değişimler irdelendiğinde,  $\text{B1}$ ' e göre  $\text{B2}$  de % 147.45,  $\text{B3}$  de % 403.00 ve  $\text{B4}$  de % 1879.28 oranında artış görülmüştür.

2012 yılı Humik madde uygulamaları bakımından incelendiğinde, örnekleme dönemleri ve organlara göre dağılışın benzer olduğu ve humik madde uygulamaları arasında oluşan farklılığın taraklanma öncesi dönemde gövde, taraklanma döneminde yaprak, hasat döneminde gövde, hasat sonrası dönemde yaprak ve koza bor içerikleri istatistiksel açıdan önemli bulunmuşsa da uygulama sonuçlarında ki dalgalanmalar nedeniyle humik madde etkisinin belirsiz olduğu gözlenmiştir.

Denemenin ikinci yılı bor x humik madde interaksyonu bakımından incelendiğinde, taraklanma öncesi dönemde gövde, taraklanma döneminde yaprak ve gövde, çiçeklenme döneminde gövde, hasat döneminde gövde, kök ve koza, hasat sonrası dönemde ise yaprak ve koza bor içerikleri istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. En yüksek bor içeriği, çiçeklenme döneminde yapraklarda B4H2 uygulamasından ( $2090 \text{ mg B kg}^{-1}$ ) elde edilmiş ve bu içeriği B4H3 uygulaması ( $2039 \text{ mg B kg}^{-1}$ ) ile takip etmiştir. Artan bor dozlarına paralel olarak organların bor içeriği belirgin biçimde artarken aynı anda humik maddenin etkisi organlara, örnekleme dönemlerine göre farklılık göstermektedir. Bitki bor içeriğinin en yüksek olduğu çiçeklenme döneminde koza bor içeriği B3 uygulamasına kadar humik maddenin etkisiyle artmış ancak B4 uygulamasında artan humik madde dozlarının tersine bor içeriği azalmıştır. Diğer dönem ve organlarda elde edilen ayrımların istatistiksel olarak önemsiz olduğu bulunmuştur.



Şekil 4.2. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2012 yılında farklı organlardaki B içeriklerine etkisi ( $\text{mg kg}^{-1}$ )

Elde edilen tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, artan bor uygulamalarının bitki bor içeriğini arttırdığı ve aralarında pozitif ilişkinin olduğu görülmüştür. Bor toksisitesinin, bitkinin yaşlı yapraklarında, başlangıçta yaprağın uç ve kenarlarında kloroz şeklinde görüldüğü vejetasyon periyodu devam ettikçe toksisite belirtilerinin bitki geneline yayıldığı ve kloroz alanlarının nekrozlara dönüştüğü görülmüştür. Denemenin birinci yılında bor toksisite belirtileri çiçeklenme döneminden itibaren sadece B4, ikinci yılda ise çıkıştan itibaren B4 ve çiçeklenme döneminden itibaren B3 uygulamasında görülmüştür. Ancak B3 parsellerinde sadece kloroz ve nekrozların olduğu (Şekil 4.3.), B4 uygulamasında ise bitki gelişimi durmuş ve hemen hemen tüm yapraklarını dökmüştür (Şekil 4.4. ve 4.5.). Öte yandan bitki bünyesinde borun genellikle yapraklarda biriktirildiği, kısmende olsa generatif organlarda da birikiminin söz konusu olduğu ortaya çıkarılmıştır. Diğer organlarda, bor uygulamalarına bağlı artışlar, yapraklardaki kadar değişim göstermemiştir. Elde edilen bulguların Bergmann, 1992; Ahmed vd., 2008; Chatzissavvidis vd., 2008; Chatzissavvidis ve Therios, 2010; belirttikleri sonuçlarla örtüştüğü görülmüştür.



Şekil 4.3. Denemenin ikinci yılında, B3 uygulaması ile ortaya çıkan bor toksisitesi



Şekil 4.4. Denemenin ikinci yılında, B4 uygulaması ile ortaya çıkan bor toksisitesi



Şekil 4.5. Denemenin ikinci yılında, B4 uygulaması ile ortaya çıkan bor toksisitesi

Humik maddelerin bitki bor içeriklerine olan etkisi incelendiğinde, toprağa uygulanan humik maddenin topraktaki yararlı bor içeriğini arttırdığı görülmüştür (bkz. Bölüm 4.4). Bu durum humik maddelerin mikro besin elementleri üzerindeki şelatlayıcı özelliği ve topraktaki “hormon benzeri etki” davranışı ile besin elementlerinin bitkiler tarafından alınımını arttırması ile açıklanabilir. Ancak bu olumlu etkinin bitki bor içeriklerine yansımaları net olarak gözlenmemiştir. Bu belirsizliğin biyokütle verimi x bor içeriği ilişkisi ile açıklanabilirliği mümkündür. Elde edilen sonuçlar Evangelou vd., 2004; Turan ve Angin, 2004; Angin vd., 2008 buldukları sonuçlar ile paralellik göstermektedir.

#### 4.3.2. Bitki Azot İçeriği (%)

Çizelge 4.18’ de istatistiki değerlendirmelerden görüldüğü gibi çalışmanın yürütüldüğü 2011 yılında taraklanma dönemi öncesinde tüm organlarda istatistiksel açıdan farklılık görülmemiştir. Taraklanma döneminde tüm organlar bor faktörü bakımından, sadece yaprak ve yaprak sapı N içeriği humik madde faktörü bakımından ve yaprak haricindeki tüm organlar bor x humik madde interaksyonu bakımından farklı seviyelerde önemli bulunmuştur. Çiçeklenme

döneminde tüm organlar bor, tarak haricindeki tüm organlar humik madde ve yaprak sapı haricindeki tüm organlar bor x humik madde interaksyonu bakımından farklı seviyelerde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Hasat zamanında, bor faktörü yaprak sapı ve kozada, humik madde faktörü kök hariç diğer organlarda, bor x humik madde interaksyonu ise yalnızca yaprak sapı ve koza organlarında istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Son olarak hasat sonrası dönemde bor faktörü sadece yaprak sapında, bor x humik madde interaksyonu ise sadece gövdede istatistiki açıdan önemli bulunmuştur.

2012 yılına ait kareler ortalamaları değerleri incelendiğinde, taraklanma dönemi öncesinde tüm organlar bor, ve bor x humik madde interaksyonu bakımından önemli çıkarken humik madde faktörü sadece gövdede önemli bulunmuştur. Taraklanma döneminde tüm organlar bor faktörü ve bor x humik madde interaksyonu bakımından önemli bulunurken humik madde faktörü sadece yaprak sapında istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Çiçeklenme döneminde tüm organlar bor, yaprak ve köklerin N içeriği humik madde, yaprak haricindeki diğer organlar bor x humik madde interaksyonları bakımından farklı seviyelerde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Hasat zamanında tüm organların N içeriği bor, sadece yaprak N içeriği humik madde, yaprak, kök, yaprak sapı N içeriği bor x humik madde interaksyonu açısından farklı düzeylerde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Son olarak hasat sonrası dönemde bor faktörü yaprak, yaprak sapı ile koza, bor x humik madde interaksyonu ise gövde, kök ve koza N içerikleri arasındaki farklar istatistiki açıdan önemli bulunmuştur.



Çizelge 4.18. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre, 2011 ve 2012 yıllarında örnekleme zamanlarında analiz edilen bitki N içeriklerine ilişkin varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Organ	SD	Kareler Ortalaması									
			2011 Yılı					2012 Yılı				
			TÖ	T	Ç	H	HS	TÖ	T	Ç	H	HS
B	Yaprak	3	1.40	0.09*	0.07**	0.12	1.39	0.14**	0.08**	0.15**	1.03**	1.88**
	Gövde		0.05	0.19**	0.23*	0.02	3.45	0.25**	0.21**	1.22**	0.43**	0.05
	Kök		-	0.21**	0.03*	0.04	0.28	-	0.49**	0.07**	0.14**	0.04
	Yaprak sapı		-	0.07**	0.06**	0.04**	4.55**	-	0.12**	0.09**	1.39**	0.45**
	Tarak/koza		-	-	0.16**	0.25**	1.74	-	-	0.11**	9.37**	1.53**
HM	Yaprak	2	0.18	0.24**	0.07*	0.26*	0.30	0.02	0.01	0.09*	0.16**	0.03
	Gövde		0.00	0.04	0.19*	0.13**	0.51	0.11**	0.01	0.03	0.07	0.02
	Kök		-	0.03	0.04*	0.04	0.28	-	0.00	0.03*	0.00	0.00
	Yaprak sapı		-	0.07**	0.05**	0.03*	0.24	-	0.01*	0.00	0.04	0.02
	Tarak/koza		-	-	0.00	0.29**	0.22	-	-	0.01	0.03	0.07
B x HM	Yaprak	6	0.15	0.07	0.06**	0.12	0.61	0.05**	0.11**	0.02	0.09*	0.03
	Gövde		0.02	0.08*	0.26**	0.02	0.51**	0.01**	0.19**	0.03*	0.05	0.04*
	Kök		-	0.18**	0.03**	0.03	0.79	-	0.07**	0.03*	0.02*	0.04*
	Yaprak sapı		-	0.04**	0.01	0.03**	0.46	-	0.01**	0.05**	0.05*	0.06
	Tarak/koza		-	-	0.02*	0.20**	1.00	-	-	0.12**	0.10	0.07*
Hata	Yaprak	24	0.89	0.03	0.01	0.06	0.98	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03
	Gövde		0.03	0.03	0.05	0.01	0.52	0.00	0.01	0.01	0.03	0.02
	Kök		-	0.02	0.01	0.02	1.00	-	0.02	0.01	0.01	0.01
	Yaprak sapı		-	0.01	0.01	0.01	0.46	-	0.00	0.01	0.02	0.04
	Tarak/koza		-	-	0.01	0.03	0.78	-	-	0.02	0.05	0.02

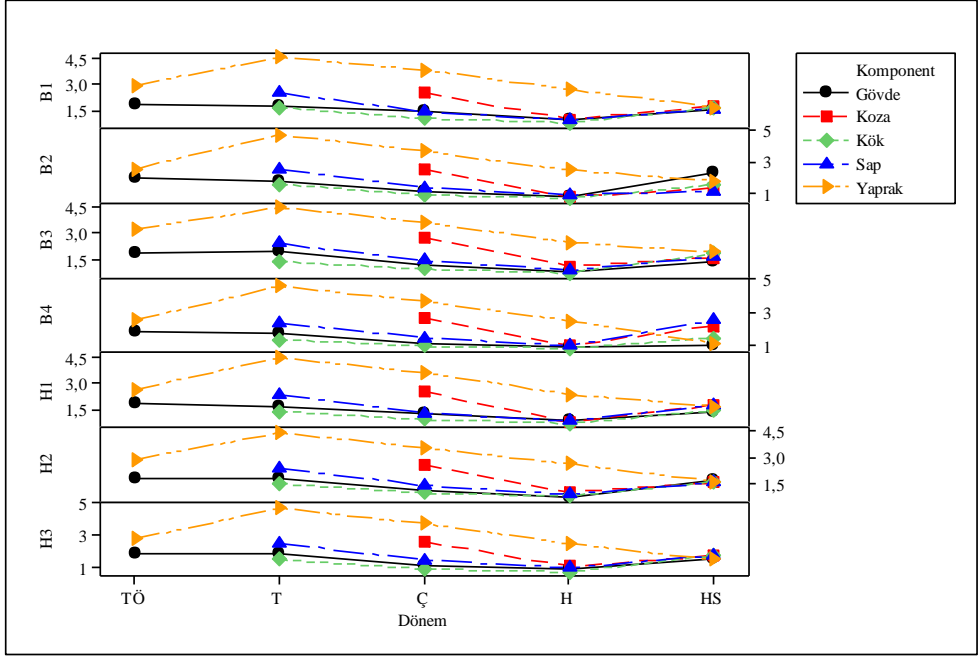
TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası

EK 3 ve 4' de denemenin yürütüldüğü 2011 ve 2012 yıllarında, pamuğun farklı fenolojik dönemlerinde alınan ve laboratuvar ortamında organlarına ayrılan bitki örneklerine ait azot içerikleri ortalama ve LSD değerleri verilmiştir.

Şekil 4.6' da 2011 yılına ait örnekleme zamanlarına ve bitki organlarına göre azot içerikleri verilmiştir. Bor uygulamaları bakımından elde edilen grafik incelendiğinde uygulamalar arasında taraklanma ve çiçeklenme döneminde tüm organlarda önemli farklılıkların bulunduğu ortaya çıkmıştır. En yüksek azot içeriğine sahip organın yapraklar (B2; % 4.69 N) olduğu ve bunu sırasıyla tarak/koza, yaprak sapı, gövde ve kökün izlediği belirgin biçimde ortaya çıkmıştır. Yaprakların azot içeriği en yüksek taraklanma döneminde bulunmuş ve generatif döneme geçiş devam ettikçe yaprakların azot içeriği azalmış ve özellikle B4 uygulamasında diğer organlara göre daha düşük seviyeye gerilemiştir. Çiçeklenme döneminden hasat dönemine geçişte yapraklarda olduğu gibi bitkinin generatif organı olan tarak/kozanın azot içeriği azalmıştır. Diğer organlar açısından elde edilen farklılıkların benzer olduğu düşünülmektedir.

Humik madde uygulamaları bakımından incelendiğinde, taraklanma döneminde yaprak ve yaprak sapı, çiçeklenme döneminde tarak hariç, hasat döneminde ise kök hariç diğer organların azot içeriği istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. H3 uygulamasının taraklanma ve çiçeklenme döneminde yaprakların azot içeriğini arttırdığı görülmüş diğer organlarda ve diğer örnekleme zamanlarında dalgalanmalar meydana geldiği ve bu sebeple humik madde uygulamaları etkisinin belirsiz olduğu belirlenmiştir.

2011 yılı bor x humik madde interaksyonu bakımından incelendiğinde, taraklanma döneminde gövde, kök ve yaprak sapı, çiçeklenme döneminde yaprak sapı hariç diğer organların, hasat döneminde ise yaprak sapı ve koza azot içerikleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek azot içeriği taraklanma döneminde yapraklarda B2H3 uygulamasından (% 4.80) elde edilmiş ve bu içeriği B4H3 uygulaması (% 4.75) ile takip etmiştir. Diğer dönem ve organlarda interaksyonun etkisiyle ayrımlar oluşmuş ancak bu ayrımların istatistiksel olarak önemsiz olduğu bulunmuştur.



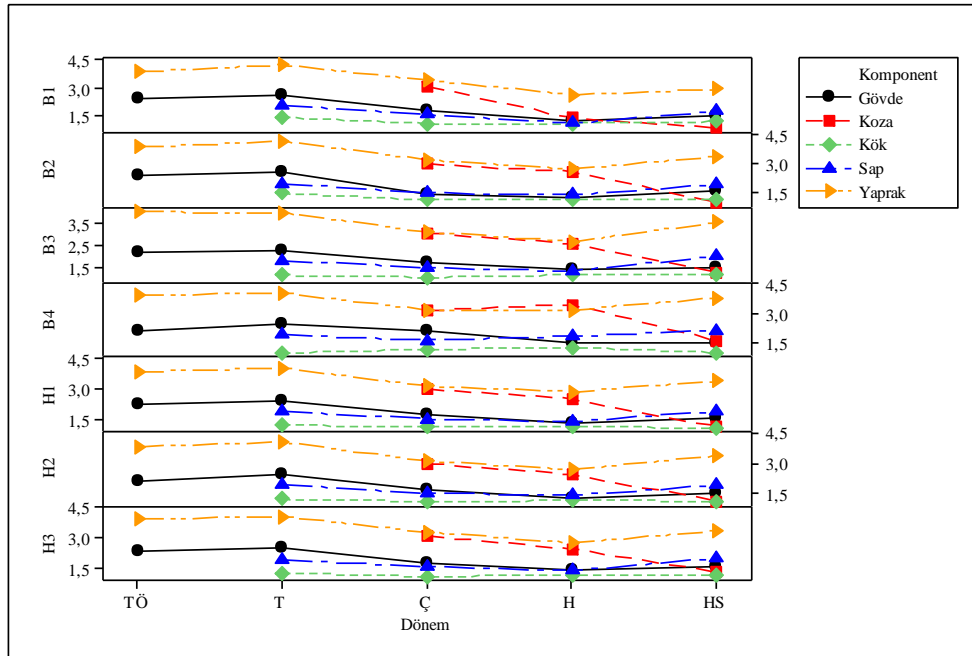
Şekil 4.6. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2011 yılında farklı organlardaki N içeriklerine etkisi (%)

Şekil 4.7' de 2012 yılına ait örnekleme zamanlarına ve bitki organlarına göre azot konsantrasyonları verilmiştir. Bor uygulamaları bakımından elde edilen grafik incelendiğinde uygulamalar arasında hemen hemen tüm örnekleme zamanları ve tüm organlarda önemli farklılıkların bulunduğu ortaya çıkmıştır. En yüksek azot içeriğine sahip organın yapraklar ( B1; % 4.17 N) olduğu ve bunu sırasıyla tarak/koza, gövde, yaprak sapı ve kökün izlediği belirgin biçimde ortaya çıkmıştır. 2011 sezonu ile benzer şekilde yaprakların azot içeriği en yüksek taraklanma döneminde bulunmuş ve generatif döneme geçiş devam ettikçe yaprakların azot içeriği azalmıştır. Ancak B4 uygulamasında geçen yıla oranla daha yüksek azot içeriği olduğu görülmekte ve diğer dozlara göre en fazla azot içeren uygulama olmuştur. Yine 2011 yılına benzer şekilde çiçeklenme döneminden hasat dönemine geçişte yapraklarda olduğu gibi bitkinin generatif organı olan tarak/kozanın azot içeriği azalmış sadece B4 uygulamasında bu teoride farklılık yaşanmıştır. Tarak/Koza' ya göre en yüksek azot içeriği hasat döneminde B4 uygulamasından (% 3.47 N) elde edilmiştir. Uygulamalara göre sıralama yapıldığında B4>B2=B3>B1 olduğu görülmektedir. Diğer organlar açısından değerlendirme yapıldığında, gövdenin 2011 yılına oranla daha fazla azot içerdiği,

yaprak sapında N içeriğinde azalma görüldüğü ve köklerde ise değişimin olmadığı görülmüştür.

Humik madde uygulamaları bakımından incelendiğinde, taraklanma öncesi dönemde gövde, taraklanma döneminde yaprak sapı, çiçeklenme döneminde yaprak ve kök, hasat döneminde ise sadece yaprak azot konsantrasyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ancak örnekleme dönemleri ve organlara göre bitki azot içerikleri dağılışının benzer olduğu görülmektedir. Diğer organ ve dönemlerde humik madde uygulamaları etkisinin belirsiz olduğu ortaya çıkmıştır.

Denemenin ikinci yılı bor x humik madde interaksyonu bakımından incelendiğinde, taraklanma öncesi ve taraklanma döneminde tüm organların, çiçeklenme döneminde yaprak hariç, hasat döneminde gövde ve koza hariç, hasat sonrası dönemde ise yaprak ve yaprak sapı haricindeki organların azot içerikleri istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. En yüksek azot içeriği, taraklanma döneminde yapraklarda B1H1 uygulamasından (% 4.31) elde edilmiş ve bu içeriği B1H3 (% 4.28) takip etmiştir. Ancak bitki azot içeriğinde dalgalanmalar meydana gelmesi sebebiyle bor x humik madde interaksyonu etkisinin belirsiz olduğu görülmüştür.



Şekil 4.7. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2012 yılında farklı organlardaki N içeriklerine etkisi (%)

Elde edilen bu sonuçlara göre sulama suyu ile artan dozlarda bor uygulamaları denemenin birinci yılında bitki toplam azot içeriğini azaltmış fakat ikinci yılda ise arttırmıştır. İkinci yılda bitki B içeriklerinin daha yüksek olması ve bunun gelişmeyi engellemesi nedeniyle bitki N içeriğinde yoğunlaşmaya neden olduğu düşünülebilir. Elde edilen bulgular Chatzissavvidis ve Therios (2010) bildirdiği sonuçlarla örtüşmektedir. Humik madde uygulamalarının bitki azot içeriğine olan etkisinin belirsiz olduğu ve Sözüdoğru vd., 1996; Shamsheer vd., 2008; Bozpolat, 2009; Selçuk, 2009 buldukları sonuçlar ile çeliştiği görülmüştür.

#### **4.3.3. Bitki Fosfor İçeriği (%)**

Çizelge 4.19’ da istatistiki değerlendirmelerden görüldüğü gibi çalışmanın yürütüldüğü 2011 yılında bor faktörü bakımından sadece köklerde taraklanma ve çiçeklenme döneminde istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Bunların dışındaki diğer faktör ve interaksiyonlar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

2012 yılına ait kareler ortalamaları değerleri incelendiğinde, bor faktörü bakımından, taraklanma öncesi dönemde sadece yapraklarda, taraklanma döneminde yaprak ve yaprak saplarında, çiçeklenme döneminde yaprak, gövde ve köklerde, sonraki dönemlerde ise tüm komponentlerde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Humik madde faktörü bakımından, taraklanma döneminde sadece yaprak, çiçeklenme döneminde sadece gövde, hasat döneminde kök ve yaprak sapı fosfor içerikleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bor x humik madde interaksiyonu açısından taraklanma öncesi dönemde yaprak, taraklanma döneminde gövde, çiçeklenme döneminde yaprak sapı, hasat döneminde yaprak, gövde, kök, yaprak sapı, hasat sonrası dönemde ise gövde ve kök fosfor içerikleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.19. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre, 2011 ve 2012 yıllarında örnekleme zamanlarında analiz edilen bitki P içeriklerine ilişkin varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Organ	SD	Kareler Ortalaması												
			2011 Yılı					2012 Yılı							
			TÖ	T	Ç	H	HS	TÖ	T	Ç	H	HS			
B	Yaprak	3	0.009	0.010	0.006	0.001	0.001	0.001**	0.002**	0.026**	0.113**	0.025**			
	Gövde		0.010	0.020	0.003	0.002	0.00038	0.002	0.001	0.012**	0.010**	0.010**			
	Kök			0.053**	0.006**	0.003	0.00013		0.001	0.010**	0.033**	0.007**			
	Yaprak sapı				0.014	0.028	0.004	0.001		0.006**	0.023	0.068**	0.016**		
	Tarak/koza					0.054	0.002	0.00027			0.004	0.009*	0.034**		
HM	Yaprak	2	0.001	0.002	0.002	0.000061	0.00035	0.0004	0.002*	0.001	0.001	0.00035			
	Gövde		0.003	0.002	0.001	0.00031	0.000059	0.002	0.001	0.007**	0.001	0.0004			
	Kök				0.011	0.001	0.000058	0.0001		0.002	0.002	0.002*	0.001		
	Yaprak sapı					0.001	0.009	0.000031	0.0002		0.001	0.024	0.004**	0.001	
	Tarak/koza						0.030	0.002	0.000059			0.012	0.005	0.000021	
B x HM	Yaprak	6	0.003	0.011	0.001	0.001	0.00029	0.001**	0.001	0.001	0.002**	0.002			
	Gövde		0.004	0.002	0.002	0.000	0.00031	0.001	0.007**	0.00025	0.004**	0.001**			
	Kök					0.004	0.001	0.001	0.00021		0.001	0.002	0.004**	0.001*	
	Yaprak sapı						0.001	0.010	0.003	0.00023		0.002	0.039*	0.004**	0.001
	Tarak/koza							0.045	0.001	0.00041		0.006	0.004	0.001	
Hata	Yaprak	24	0.004	0.008	0.004	0.003	0.001	0.00024	0.00043	0.001	0.00044	0.001			
	Gövde		0.005	0.008	0.003	0.001	0.00026	0.00001	0.001	0.001	0.001	0.0003			
	Kök					0.005	0.001	0.004	0.00017		0.001	0.001	0.00044	0.00031	
	Yaprak sapı						0.006	0.017	0.003	0.001		0.001	0.015	0.00026	0.001
	Tarak/koza							0.049	0.002	0.0005		0.004	0.002	0.001	

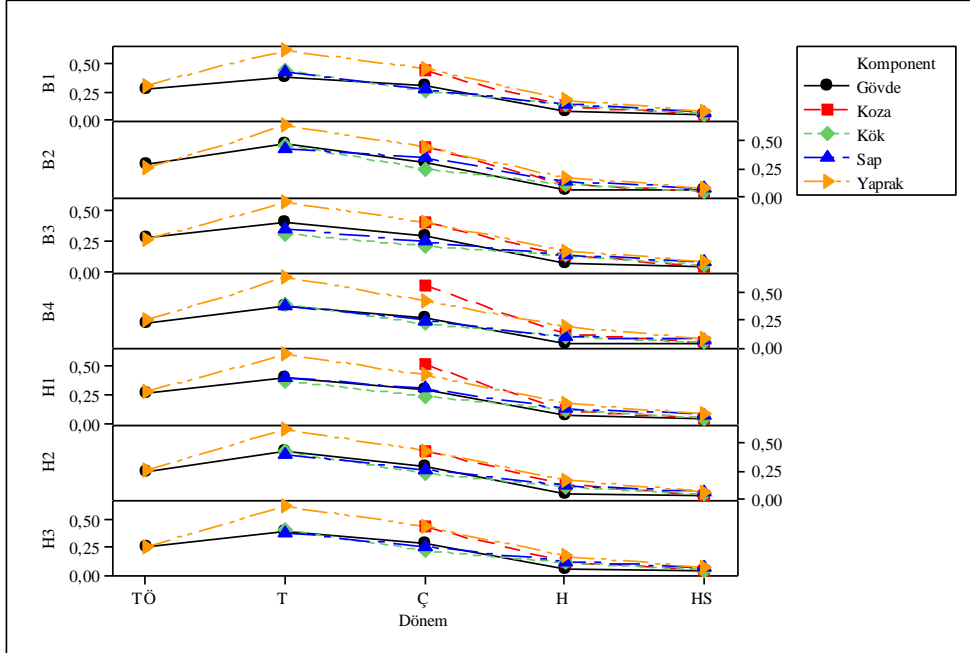
TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası

EK 5 ve 6' da denemenin yürütüldüğü 2011 ve 2012 yıllarında, pamuğun farklı fenolojik dönemlerinde alınan ve laboratuvar ortamında organlarına ayrılan bitki örneklerine ait fosfor içeriklerinin ortalama ve LSD değerleri verilmiştir.

Şekil 4.8' de 2011 yılına ait örnekleme zamanlarına ve bitki organlarına göre fosfor konsantrasyonları verilmiştir. Bor uygulamaları bakımından elde edilen grafik incelendiğinde, dozlar arasında sadece köklerin fosfor içeriği, taraklanma ve çiçeklenme döneminde önemli bulunduğu ortaya çıkmıştır. En yüksek fosfor içeriğine sahip organın yapraklar (B2; % 0.64 P) olduğu ve bunu sırasıyla tarak/koza, yaprak sapı, gövde ve kökün izlediği ortaya çıkarılmıştır. Yaprakların en yüksek fosfor içeriği taraklanma döneminde bulunmuş ve bitki yaşlandıkça yaprakların fosfor içeriği azalmıştır. Çiçeklenme döneminde bitkinin generatif organı olan tarak fosfor içeriğinin yapraklardan daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu dönemde en yüksek fosfor içeriği B4 uygulamasından elde edilse de istatistiksel olarak önemsiz olduğu bilinmektedir. Taraklanma öncesi, taraklanma ve çiçeklenme döneminde köklerin fosfor içeriği artan bor içeriklerine karşı azaldığı ve diğer organlar açısından artan bor içeriklerinin etkisinin benzer olduğu görülmüştür.

Humik madde uygulamaları bakımından incelendiğinde, örnekleme dönemleri ve organlara göre dağılışın benzer olduğunu ve artan humik madde uygulamaları etkisinin belirsiz olduğunu bulunmuştur.

2011 yılı bitki fosfor içeriği, bor x humik madde interaksyonu bakımından incelendiğinde, interaksyonun etkisiyle bitki fosfor içeriklerinde farklar görülmüş ancak bu farkların istatistiksel olarak önemsiz olduğu bulunmuştur.



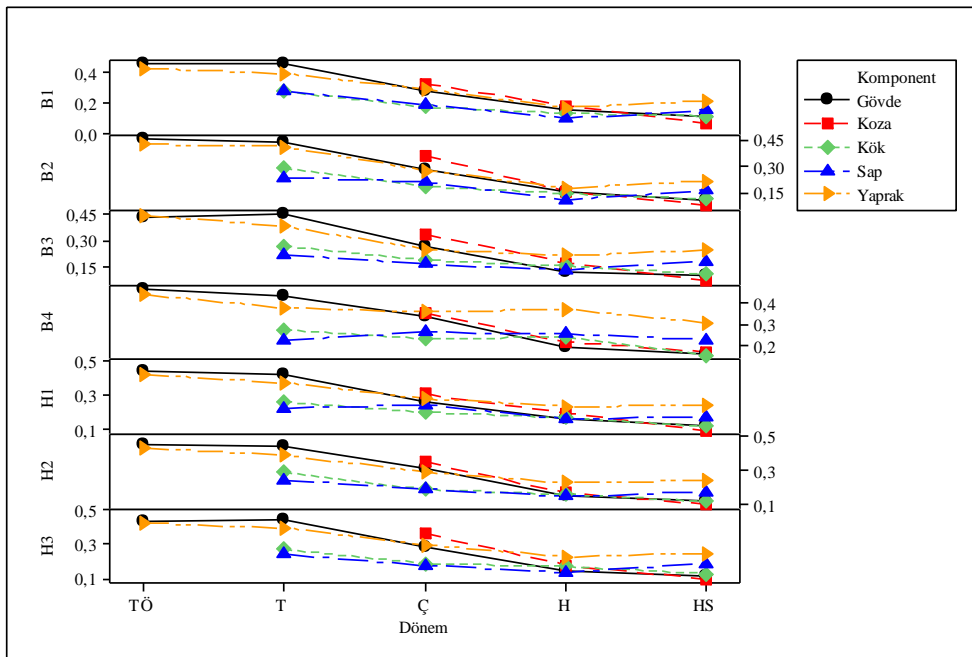
Şekil 4.8. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2011 yılında farklı organlardaki P içeriklerine etkisi (%)

Şekil 4.9. da 2012 yılına ait örnekleme zamanlarına ve bitki organlarına göre fosfor içerikleri verilmiştir. Bor uygulamaları bakımından elde edilen grafik incelendiğinde dozlar arasında hemen hemen tüm örnekleme zamanları ve tüm komponentlerde önemli farklılıkların bulunduğu ortaya çıkmıştır. En yüksek fosfor içeriğine sahip organın gövde (B4; % 0.46 P) olduğu belirlenmiştir. Taraklanma öncesi ve taraklanma döneminde en yüksek fosfor içeriği gövdede bulunurken çiçeklenme döneminde tarak, hasat ve hasat sonrası dönemde ise yapraklarda bulunmuştur. Taraklanma öncesi ve taraklanma döneminde, artan bor uygulamalarına karşılık dozlar arasında farklılık ortaya çıkmamış ancak sonraki tüm dönemlerde ve hatta tüm organlarda bor dozları arttıkça organların fosfor içeriği artmıştır.

Humik madde uygulamaları bakımından incelendiğinde, taraklanma öncesi dönemde gövde, taraklanma döneminde yaprak, çiçeklenme döneminde gövde, hasat döneminde ise kök ve yaprak sapı fosfor içeriği istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ancak örnekleme dönemleri ve organlara göre bitki fosfor içeriği dağılışının benzer olduğu ve bu sebeple humik madde uygulamaları etkisinin belirsiz olduğu ortaya çıkmıştır.



Çalışmanın ikinci yılı bor x humik madde interaksyonu bakımından incelendiğinde, taraklanma öncesi dönemde gövde, taraklanma döneminde gövde, çiçeklenme döneminde yaprak sapı, hasat döneminde kök ve yaprak sapı, hasat sonrası dönemde ise gövde ve kök fosfor içeriği istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. En yüksek fosfor içeriği, taraklanma öncesi dönemde gövdede B4H1 uygulamasından (% 0.48) elde edilmiş ve bu içeriği taraklanma döneminde B4H2 ile B3H3 uygulaması (% 0.47) ile takip etmiştir. Bitki fosfor içeriğinde dalgalanmalar meydana gelmesi sebebiyle bor x humik madde interaksyonu etkisinin belirsiz olduğu hükmüne varılmıştır.



Şekil 4.9. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2012 yılında farklı organlardaki P içeriklerine etkisi (%)

Bulgular ışığında, denemenin birinci yılında bitki fosfor içeriğinin daha düşük bulunması Kaya vd., 2009; Chatzissavvidis ve Therios, 2010 elde ettikleri sonuçlar ile uyumlu bulunmuştur. Yani adı geçen araştırmalara göre bitki bor alımı arttıkça ya da bitki bor içeriği yükseldikçe, bitki fosfor içeriğinin azalacağı bildirilmiştir. Ancak farklı görüşe sahip bazı araştırmacıların (Chatterjee vd., 1990; Güneş ve Alpaslan, 2000; Ahmed vd. 2008) ortaya koyduğu sonuçlarla çeliştiği görülmüştür. Denemenin ikinci yılında ise tam tersi bir durum söz konusu olup generatif dönemin başlangıcından itibaren artan bor dozları ile özellikle B4 uygulaması ile tüm komponentlerin fosfor içeriği artmıştır. Bitki fosfor içeriğinin

düşmesini ileri süren araştırmacılar B x P rekabetinden bahsederken, tersini savunanlar açısından da bor ile fosfor arasında tam teşhis edilemeyen ve metabolik fenomen olarak kabul edilen sinerjistik bir ilişki sözkonusudur.

Humik madde uygulamalarının bitki fosfor içeriği üzerine olumlu ya da olumsuz bir katkısını olmadığı görülmüştür. Elde edilen bulguların Bozpolat (2009) yaptığı çalışmada farklı ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen humik maddelerin fosfor içeriğini azalttığı ya da arttırdığı sonucuyla benzerlik gösterirken David vd. (1994) ile Sözüdoğru vd. (1996) buldukları sonuçlar ile çeliştiği görülmüştür.

#### **4.3.4. Bitki Potasyum İçeriği (%)**

Çizelge 4.20’ de istatistiki değerlendirmelerden görüldüğü gibi çalışmanın yürütüldüğü 2011 yılında bor, taraklanma döneminde köklerde ve hasat döneminde kozalarda istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Bunların dışındaki diğer faktörler ve interaksyonlar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

2012 yılına ait kareler ortalamaları değerleri incelendiğinde bor, taraklanma öncesi döneminde yaprak ve gövde, taraklanma döneminde sadece kök, çiçeklenme döneminde yaprak, gövde ve tarak, sonraki dönemlerde hasat sonu yaprak hariç tüm komponentlerde potasyum içeriği istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Humik madde faktörü bakımından, hasat döneminde gövde ile koza, hasat sonrası dönemde ise sadece gövde potasyum içerikleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bor x humik madde interaksyonu açısından taraklanma öncesi dönemde sadece gövde, taraklanma döneminde sadece yaprak sapı, çiçeklenme döneminde sadece yaprak sapı, hasat döneminde gövde, kök ve koza, hasat sonrası dönemde ise yaprak, gövde ve koza potasyum içerikleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.20. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre, 2011 ve 2012 yıllarında örnekleme zamanlarında analiz edilen bitki K içeriklerine ilişkin varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Organ	SD	Kareler Ortalaması									
			2011 Yılı					2012 Yılı				
			TÖ	T	Ç	H	HS	TÖ	T	Ç	H	HS
B	Yaprak	3	0.07	0.81	0.51	0.19	0.81	0.40**	0.19	0.52**	1.73**	0.24
	Gövde		0.53	0.68	0.28	0.03	0.19	2.88**	0.17	3.18**	4.75**	1.72**
	Kök			2.04**	0.15	0.01	0.06		0.27*	0.06	0.76**	0.12**
	Yaprak sapı			3.72	0.26	0.99	1.05		0.23	0.14	1.09**	1.07**
	Tarak/koza				0.04	0.74*	0.11			0.33**	2.94**	0.19**
HM	Yaprak	2	0.12	0.02	0.24	0.31	0.13	0.09	0.02	0.01	0.02	0.08
	Gövde		0.22	0.01	0.04	0.13	0.35	0.08	0.05	0.68	0.60**	0.75**
	Kök			0.71	0.01	0.05	0.11		0.08	0.06	0.11	0.01
	Yaprak sapı			0.36	0.24	0.21	1.14		0.24	0.04	0.25	0.01
	Tarak/koza				0.01	0.02	0.04			0.03	0.45**	0.10
B x HM	Yaprak	6	0.05	0.54	0.08	0.03	0.08	0.06	0.06	0.05	0.08	0.33*
	Gövde		0.06	0.24	0.13	0.06	0.13	0.35**	0.19	0.34	0.36**	0.11*
	Kök			0.18	0.06	0.04	0.05		0.04	0.05	0.14*	0.05
	Yaprak sapı			3.04	0.28	0.05	0.18		0.66**	0.21**	0.25	0.22
	Tarak/koza				0.04	0.12	0.12			0.05	0.19*	0.10*
Hata	Yaprak	24	0.13	0.82	0.58	0.51	0.36	0.03	0.07	0.05	0.09	0.09
	Gövde		0.24	0.32	0.14	0.26	0.48	0.05	0.13	0.29	0.09	0.06
	Kök			0.37	0.06	0.09	0.18		0.08	0.04	0.05	0.02
	Yaprak sapı			1.70	0.30	0.91	0.95		0.12	0.05	0.13	0.18
	Tarak/koza				0.03	0.16	0.34			0.02	0.07	0.03

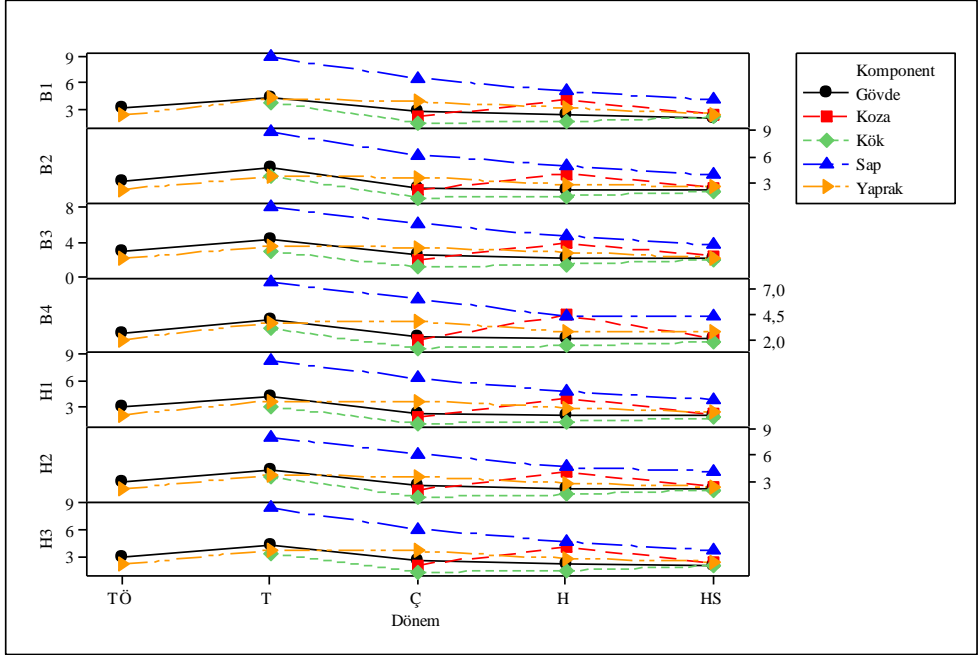
TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası

EK 7 ve 8' de denemenin yürütüldüğü 2011 ve 2012 yıllarında, pamuğun farklı fenolojik dönemlerinde alınan ve laboratuvar ortamında organlarına ayrılan bitki örneklerine ait potasyum içeriklerinin ortalama ve LSD değerleri verilmiştir.

Şekil 4.10. da 2011 yılına ait örnekleme zamanlarına ve bitki organlarına göre potasyum içerikleri verilmiştir. Bor uygulamaları bakımından elde edilen grafik incelendiğinde, uygulamalar arasında sadece taraklanma döneminde kök ile hasat döneminde koza potasyum içeriğinin istatistiksel açıdan önemli bulunduğu ortaya çıkmıştır. En yüksek potasyum içeriğine sahip organın yaprak sapı ( B1; % 8.88 K) olduğu ve bunu sırasıyla yaprak, tarak/koza, gövde ve kökün izlediği ortaya çıkmıştır. Yaprak sapında en yüksek potasyum içeriği taraklanma döneminde bulunmuş ve generatif döneme geçildikçe potasyum içeriği azalmıştır. Hasat döneminde bitkinin generatif organı olan kozaların potasyum içeriği yapraklardan daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu dönemde bor uygulamaları kıyaslandığında en yüksek potasyum içeriği B4 uygulamasından elde edilmiş ve diğer uygulamaların benzer içeriklere sahip olduğu belirlenmiştir. Yaprak sapı ve gövde potasyum içeriklerinin artan bor uygulamalarına karşı azaldığı gözlenmişse de oluşan farklılıklar istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur.

Humik madde uygulamaları bakımından incelendiğinde, örnekleme dönemleri ve organlara göre dağılışın benzer olduğunu ve artan humik madde uygulamaları etkisinin belirsiz olduğunu görülmüştür.

Çalışmanın birinci yılında bitki potasyum içeriği, bor x humik madde interaksiyonu bakımından incelendiğinde, interaksiyonun etkisiyle bitki potasyum içeriklerinde farklar görülmüş ancak oluşan farkların istatistiksel olarak önemsiz olduğu bulunmuştur.



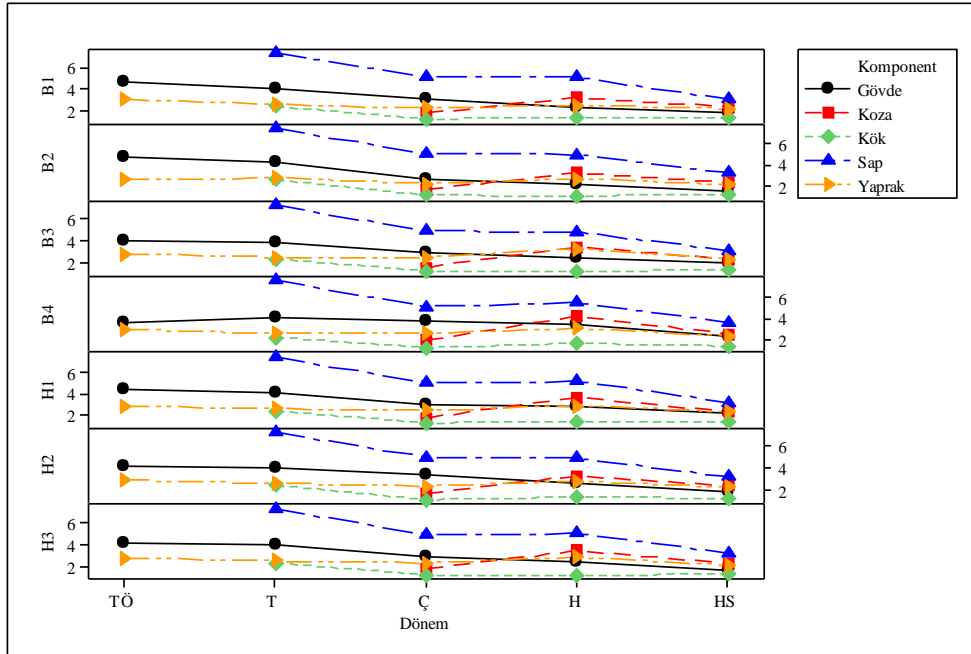
Şekil 4.10. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2011 yılında farklı organlardaki K içeriklerine etkisi (%)

Şekil 4.11.de 2012 yılına ait örnekleme zamanlarına ve bitki organlarına göre potasyum içerikleri verilmiştir. Bor uygulamaları bakımından elde edilen grafik incelendiğinde, uygulamalar arasında taraklanma öncesi ve hasat döneminde tüm organlar, taraklanma döneminde sadece kök, çiçeklenme döneminde yaprak, gövde ve tarak, hasat sonrası dönemde ise yaprak hariç diğer tüm organlar istatistiksel açıdan önemli bulunduğu ortaya çıkmıştır. En yüksek potasyum içeriğine sahip organın yaprak sapı ( B4; % 7.54 K) olduğu ve bunu sırasıyla gövde, yaprak, tarak/koza ve kökün izlediği ortaya çıkarılmıştır. Denemenin birinci yılına benzer şekilde yaprak sapında en yüksek potasyum içeriği taraklanma döneminde bulunmuş ve generatif döneme geçildikçe potasyum içeriği azalmıştır. Hasat döneminde, bitkinin generatif organı olan kozaların potasyum içeriği gövdeden daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu dönemde bor uygulamaları kıyaslandığında en yüksek koza potasyum içeriği B4 uygulamasından elde edilmiş ve artan bor uygulamalarına karşılık potasyum içeriği da artmıştır. Çiçeklenme ve hasat döneminde, denemenin birinci yılına zıt bir şekilde yaprak sapı ve gövde potasyum içerikleri artan bor uygulamalarına karşı artış göstermiştir.

Humik madde uygulamaları bakımından değerlendirildiğinde, hasat döneminde gövde ve koza, hasat sonrası dönemde ise gövde potasyum içerikleri istatistiksel

açından önemli bulunmuştur. Bu dönemlerde artan humik madde uygulamalarına karşılık potasyum içeriklerinin düştüğü gözlenmiştir. Diğer örnekleme dönemleri ve organlarda humik madde uygulamaları etkisinin belirsiz olduğunu görülmüştür.

Bor x humik madde interaksyonu bakımından incelendiğinde, taraklanma öncesi dönemde yaprak ve gövde, taraklanma döneminde yaprak sapı, çiçeklenme döneminde yaprak sapı, hasat döneminde gövde, kök ve koza, hasat sonrası dönemde ise yaprak, kök ve koza potasyum içeriği istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. En yüksek potasyum içeriği, taraklanma döneminde yaprak sapında B4H1 uygulamasından (% 7.85) elde edilmiş ve bu içeriği B2H1 uygulaması (% 7.79) ile takip etmiştir. Bitki potasyum içeriklerinde dalgalanmalar meydana gelmesi sebebiyle bor x humik madde interaksyonu etkisinin belirsiz olduğu kabul edilmiştir.



Şekil 4.11. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2012 yılında farklı organlardaki K içeriklerine etkisi (%)

Ortaya konan bu bulgulara göre farklı seviyelerdeki bor uygulamalarının, bitki potasyum içeriğine olan etkisi bitkinin vejetasyon ve fenolojik dönemlerinde farklı etkilerde bulunduğu, genel anlamda ifade edilirse potasyum içeriklerinin düşme eğiliminde olduğu görülmüştür. Bu sonuçların Chatzissavvidis ve Therios, 2010 elde ettikleri bulgular ile benzerlik taşıdığı ancak Ahmed vd., 2008 yaptığı çalışma

ile ters düştüğü görülmektedir. Humik madde uygulamalarının bitki potasyum içeriği üzerine etkisinin belirsiz olduğu kanaatine varılmış ve elde edilen bu sonuçların Selçuk, 2009 bulduğu sonuçlarla örtüştüğü gözlenmiştir.

#### **4.3.5. Bitki Kalsiyum İçeriği (%)**

Çizelge 4.21' de istatistiki değerlendirmelerden görüldüğü gibi çalışmanın yürütüldüğü 2011 yılında, bor uygulamaları, taraklanma döneminde gövde ve hasat döneminde yaprak sapı ile koza kalsiyum içeriği istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Bunların dışındaki diğer faktörler ve interaksyonlar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

2012 yılına ait kareler ortalamaları değerleri incelendiğinde, bor faktörü bakımından, taraklanma öncesi dönemde yaprak ve gövde, taraklanma döneminde sadece kök, çiçeklenme döneminde yaprak, gövde ve tarak, sonraki dönemlerde gövde hariç tüm organlarda kalsiyum içeriği istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Humik madde faktörü bakımından, taraklanma öncesinde gövde, taraklanma döneminde yaprak, çiçeklenme döneminde yaprak sapı ve hasat sonrası dönemde yaprak ve gövde kalsiyum içerikleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bor x humik madde interaksyonu açısından taraklanma öncesi dönemde gövde, çiçeklenme döneminde yaprak ve yaprak sapı, hasat döneminde gövde, kök ve yaprak sapı, hasat sonrası dönemde ise koza kalsiyum içerikleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.21. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre, 2011 ve 2012 yıllarında örnekleme zamanlarında analiz edilen bitki Ca içeriklerine ilişkin varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Organ	SD	Kareler Ortalaması									
			2011 Yılı					2012 Yılı				
			TÖ	T	Ç	H	HS	TÖ	T	Ç	H	HS
B	Yaprak	3	0.012	0.019	0.013	0.006	0.007	0.056*	0.012	0.022**	0.021**	0.015**
	Gövde		0.005	0.158**	0.013	0.006	0.012	0.010**	0.014	0.228**	0.020	0.003
	Kök			0.031	0.00045	0.004	0.014		0.016**	0.005	0.009*	0.016*
	Yaprak sapı			0.014	0.002	0.011*	0.003		0.012	0.005	0.018**	0.020*
	Tarak/koza				0.014	0.074**	0.059			0.098**	0.037**	0.037**
HM	Yaprak	2	0.004	0.014	0.001	0.008	0.005	0.009	0.036*	0.008	0.004	0.009**
	Gövde		0.006	0.022	0.018	0.017	0.018	0.009**	0.004	0.055	0.011	0.056**
	Kök			0.012	0.002	0.00047	0.001		0.001	0.009	0.003	0.005
	Yaprak sapı			0.019	0.001	0.005	0.014		0.008	0.012*	0.010	0.005
	Tarak/koza				0.018	0.00047	0.00036			0.042	0.018	0.004
B x HM	Yaprak	6	0.008	0.005	0.002	0.004	0.003	0.021	0.010	0.023**	0.001	0.001
	Gövde		0.002	0.005	0.017	0.005	0.008	0.016**	0.046	0.024	0.042*	0.004
	Kök			0.005	0.003	0.004	0.003		0.001	0.013	0.009*	0.003
	Yaprak sapı			0.025	0.005	0.001	0.004		0.009	0.009*	0.015**	0.007
	Tarak/koza				0.002	0.011	0.077			0.022	0.010	0.023**
Hata	Yaprak	24	0.013	0.013	0.005	0.009	0.004	0.012	0.010	0.005	0.004	0.001
	Gövde		0.018	0.024	0.008	0.014	0.013	0.001	0.019	0.022	0.012	0.008
	Kök			0.018	0.003	0.006	0.010		0.003	0.006	0.003	0.004
	Yaprak sapı			0.021	0.004	0.003	0.008		0.005	0.003	0.003	0.005
	Tarak/koza				0.010	0.015	0.049			0.014	0.006	0.005

TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası

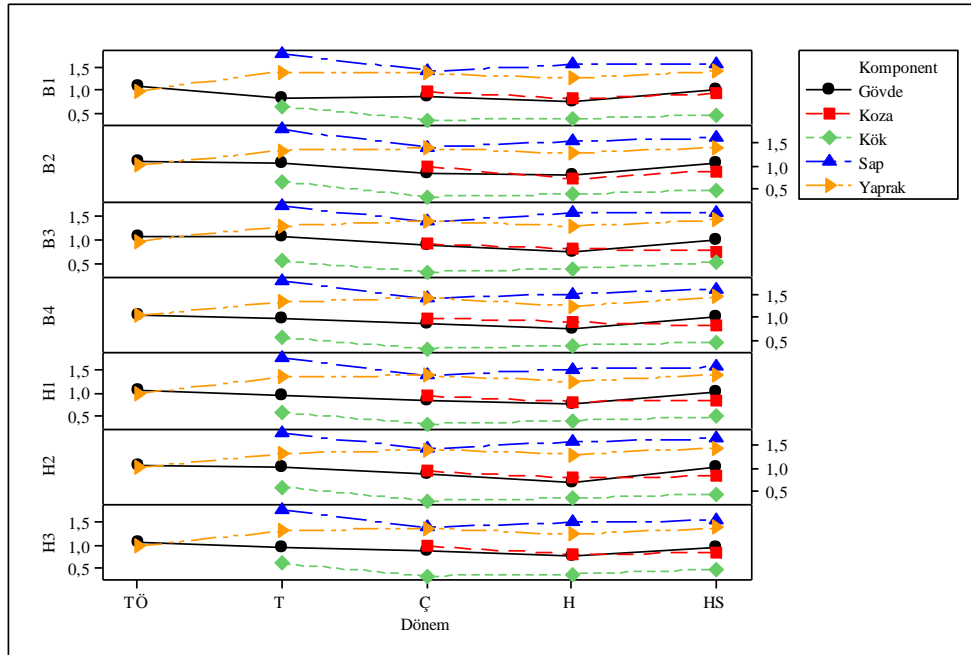


EK 9 ve 10' da denemenin yürütüldüğü 2011 ve 2012 yıllarında, pamuğun farklı fenolojik dönemlerinde alınan ve laboratuvar ortamında organlarına ayrılan bitki örneklerine ait kalsiyum içeriklerinin ortalama ve LSD değerleri verilmiştir.

Şekil 4.12. de 2011 yılına ait örnekleme zamanlarına ve bitki organlarına göre kalsiyum içerikleri verilmiştir. Bor uygulamaları bakımından elde edilen grafik incelendiğinde, dozlar arasında taraklanma döneminde gövde ile hasat döneminde yaprak sapı ve koza kalsiyum içeriği istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. En yüksek kalsiyum içeriğine sahip organın yaprak sapı (B2; % 1.80 Ca) olduğu ve bunu sırasıyla yaprak, gövde, tarak/koza ve kökün izlediği ortaya çıkmıştır. Yaprak sapında en yüksek kalsiyum içeriği taraklanma döneminde bulunmuştur. Örnekleme dönemleri ve organlar açısından artan bor dozları nedeniyle oluşan farklılıkların belirsiz olduğu görülmüştür.

Humik madde uygulamaları bakımından incelendiğinde, örnekleme dönemleri ve organlara göre dağılışın benzer olduğu ve artan humik madde uygulamaları etkisinin belirsiz olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Bitki kalsiyum içeriği, bor x humik madde interaksyonu bakımından incelendiğinde, interaksyonun etkisiyle bitki kalsiyum içeriklerinde ayrımlar görülmüş ancak oluşan ayrımların istatistiksel olarak önemsiz olduğu bulunmuştur.



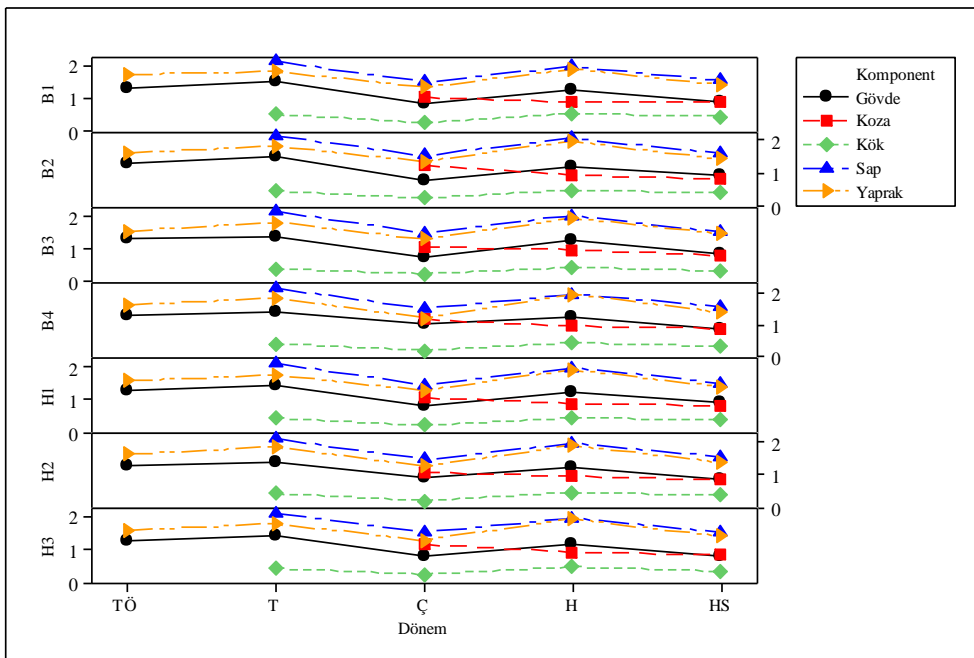
Şekil 4.12. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2011 yılında farklı organlardaki Ca içeriklerine etkisi (%)

Şekil 4.13. de 2012 yılına ait örnekleme zamanlarına ve bitki organlarına göre kalsiyum içerikleri verilmiştir. Bor uygulamaları bakımından elde edilen grafik incelendiğinde, dozlar arasında taraklanma öncesi dönemde yaprak, gövde, taraklanma döneminde sadece kök, çiçeklenme döneminde yaprak, gövde ve tarak, hasat ve hasat sonrası dönemde ise gövde hariç diğer tüm organlar istatistiksel açıdan önemli bulunduğu ortaya çıkmıştır. En yüksek kalsiyum içeriğine sahip organın yaprak sapı (B4; % 2.17 Ca) olduğu ve bunu sırasıyla yaprak, gövde, tarak/koza ve kökün izlediği ortaya çıkmıştır. Denemenin birinci yılına benzer şekilde yaprak sapında en yüksek kalsiyum içeriği taraklanma döneminde bulunmuştur. Çiçeklenme döneminde, koza kalsiyum içeriği, hasat döneminde azalmış ve bu azalış hasat sonrası dönemde de devam etmiştir. Ayrıca denemenin ikinci yılında ilk yıla oranla bitkinin genel olarak daha fazla kalsiyum içerdiği tespit edilmiştir.

Humik madde uygulamaları bakımından değerlendirildiğinde, taraklanma öncesi dönemde gövde, taraklanma döneminde yaprak, çiçeklenme döneminde yaprak sapı, hasat sonrası dönemde yaprak ve gövde kalsiyum içerikleri istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Bu dönemlerde artan humik madde dozlarına karşılık

kalsiyum içeriklerinin düştüğü ve arttığı gözlenmiş ve bu sebeple humik madde uygulamaları etkisinin belirsiz olduğu belirlenmiştir.

Bor x humik madde interaksiyonu bakımından incelendiğinde, taraklanma öncesi dönemde gövde, çiçeklenme döneminde yaprak, hasat döneminde gövde ve yaprak sapı, hasat sonrası dönemde ise koza kalsiyum içeriği istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. En yüksek kalsiyum içeriği, taraklanma döneminde yaprak sapında B4H3 dozundan (% 2.22) elde edilmiş ve bu içeriği B1H2, B2H1, B3H1, B3H2 ve B4H1 dozu (% 2.17) ile takip etmiştir. Bitki kalsiyum içeriklerinde dalgalanmalar meydana gelmesi sebebiyle bor x humik madde interaksiyonu etkisinin belirsiz olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.13. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2012 yılında farklı organlardaki Ca içeriklerine etkisi (%)

Bulgulara göre, bor uygulamalarının bitki kalsiyum alımını etkilemediği ya da etkisinin belirsiz olduğunu söylemek mümkündür. Kalsiyum içeriği değişimi ile ilgili çıkan sonuçların Sotiropoulos vd. (2002) ve Chatzissavvidis ve Therios (2010) ile çeliştiği, en yüksek kalsiyum içeriğinin yaprak sapında olması ile de örtüştüğü bulunmuştur. Humik madde uygulamalarının bitki kalsiyum içeriği üzerine etkisinin belirsiz olduğu sonucuna varılmış ve bu bulguların Selçuk (2009) bulduğu sonuçlarla örtüştüğü gözlenmiştir.

#### 4.3.6. Bitki Magnezyum İçeriği (%)

Çizelge 4.22' de istatistiki değerlendirmelerden görüldüğü gibi çalışmanın yürütüldüğü 2011 yılında, bor faktörü bakımından, çiçeklenme döneminde yaprak sapı ve hasat sonrası dönemde kök magnezyum içeriği istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Humik madde faktörü açısından sadece hasat sonrası dönemde kök ve yaprak sapı magnezyum içeriği istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur.

2012 yılına ait kareler ortalamaları incelendiğinde, bor faktörü bakımından, taraklanma öncesi dönemde yaprak ve gövde, taraklanma döneminde sadece kök, çiçeklenme döneminde yaprak, yaprak sapı ve tarak, hasat döneminde yaprak, gövde, yaprak sapı ve koza, hasat sonrası dönemde ise gövde, kök ve yaprak sapı magnezyum içerikleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Humik madde faktörü bakımından, taraklanma öncesinde gövde, çiçeklenme döneminde gövde, hasat döneminde yaprak sapı ve koza magnezyum içerikleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bor x humik madde interaksiyonu açısından taraklanma öncesi dönemde yaprak ve gövde, taraklanma döneminde gövde ve yaprak sapı, çiçeklenme döneminde yaprak sapı, hasat döneminde yaprak ve gövde, hasat sonrası dönemde ise gövde ve koza magnezyum içerikleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.22. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre, 2011 ve 2012 yıllarında örnekleme zamanlarında analiz edilen bitki Mg içeriklerine ilişkin varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Organ	SD	Kareler Ortalaması									
			2011 Yılı					2012 Yılı				
			TÖ	T	Ç	H	HS	TÖ	T	Ç	H	HS
B	Yaprak	3	0.019	0.056	0.028	0.027	0.014	0.0000077*	0.006	0.029**	0.084**	0.003
	Gövde		0.012	0.050	0.005	0.002	0.005	0.000016**	0.004	0.002	0.063**	0.063**
	Kök			0.022	0.001	0.00039	0.002*		0.009*	0.001	0.002	0.001*
	Yaprak sapı			0.046	0.110*	0.059	0.004		0.014	0.016**	0.081**	0.284*
	Tarak/koza				0.009	0.003	0.003			0.008*	0.008**	0.002
HM	Yaprak	2	0.003	0.014	0.003	0.002	0.003	0.0000017	0.010	0.002	0.000092	0.005
	Gövde		0.012	0.004	0.009	0.004	0.007	0.0000031**	0.001	0.009*	0.007	0.002
	Kök			0.024	0.00028	0.001	0.002*		0.006	0.002	0.002	0.00011
	Yaprak sapı			0.057	0.001	0.007	0.007*		0.007	0.002	0.053*	0.067
	Tarak/koza				0.006	0.0005	0.00031			0.006	0.011**	0.001
B x HM	Yaprak	6	0.011	0.023	0.017	0.004	0.012	0.0000058*	0.014	0.006	0.013**	0.005
	Gövde		0.016	0.004	0.005	0.003	0.007	0.0000027**	0.006*	0.002	0.010*	0.007**
	Kök			0.005	0.001	0.002	0.00043		0.007	0.003	0.002	0.002
	Yaprak sapı			0.023	0.010	0.007	0.002		0.033*	0.018**	0.020	0.031
	Tarak/koza				0.001	0.004	0.002			0.003	0.002	0.004**
Hata	Yaprak	24	0.043	0.025	0.024	0.020	0.009	0.0000023	0.008	0.002	0.003	0.006
	Gövde		0.019	0.022	0.007	0.006	0.005	0.00000007	0.002	0.002	0.003	0.005
	Kök			0.008	0.001	0.001	0.00047		0.003	0.001	0.001	0.00034
	Yaprak sapı			0.047	0.030	0.038	0.002		0.012	0.003	0.011	0.072
	Tarak/koza				0.003	0.003	0.003			0.002	0.001	0.001

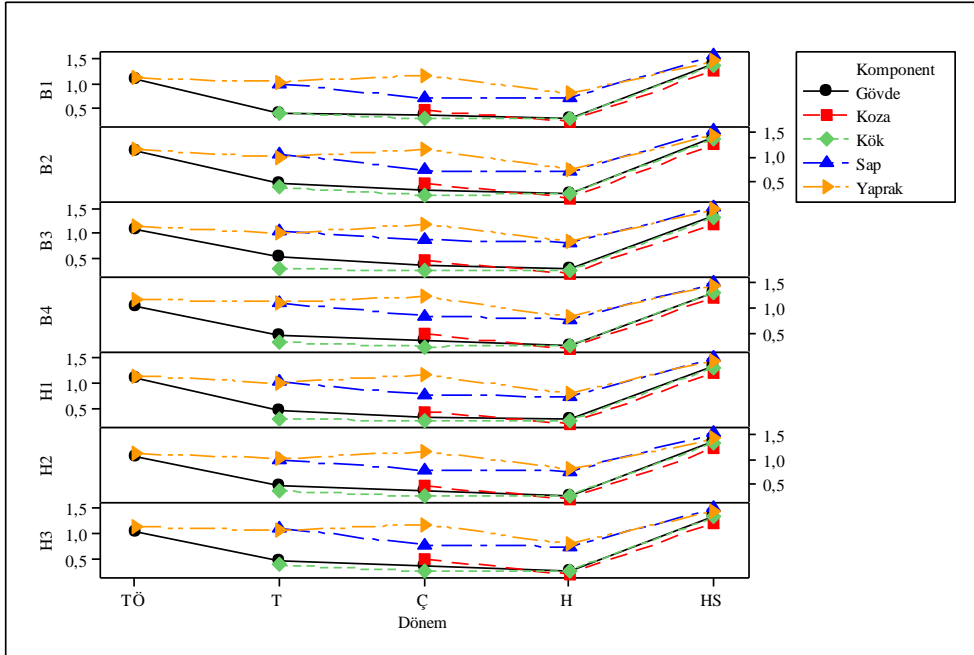
TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası

EK 11 ve 12' de denemenin yürütüldüğü 2011 ve 2012 yıllarında, pamuğun farklı fenolojik dönemlerinde alınan ve laboratuvar ortamında organlarına ayrılan bitki örneklerine ait magnezyum içeriklerinin ortalama ve LSD değerleri verilmiştir.

Şekil 4.14. de 2011 yılına ait örnekleme zamanlarına ve bitki organlarına göre magnezyum içerikleri verilmiştir. Bor uygulamaları bakımından elde edilen grafik incelendiğinde, dozlar arasında çiçeklenme döneminde yaprak sapı ile hasat sonrası dönemde kök magnezyum içeriği istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. En yüksek magnezyum içeriğine sahip organın yaprak sapı ( B1; % 1.55 Mg) olduğu görülmüştür. Yaprak sapında en yüksek magnezyum içeriği hasat sonrası dönemde bulunmuştur. Ayrıca hasat sonrası dönemde sulamanın kesilmesiyle birlikte tüm organların magnezyum içerikleri artmıştır. Tüm örnekleme zamanlarına göre organların magnezyum içeriği dağılımı yüksekte düşüğe doğru sırasıyla yaprak> yaprak sapı> gövde> kök> tarak/koza olduğu ortaya çıkmıştır. Taraklanma ve çiçeklenme döneminde yaprak, gövde ve yaprak sapı magnezyum içeriği, bor dozları yükseldikçe artmıştır. Ancak bu artışların istatistiksel açıdan önemsiz olduğu ve bu sebeple oluşan farklılıkların belirsiz olduğu görülmüştür.

Humik madde uygulamaları bakımından incelendiğinde, humik madde dozları arasında sadece hasat sonrası dönemde kök ile yaprak sapı magnezyum içeriği istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Bu farklılıklara göre en iyi Mg içeriği H2 uygulamasından elde edilmiştir. Diğer örnekleme dönemleri ve organlara göre dağılımın benzer olduğu ve artan humik madde uygulamaları etkisinin belirsiz olduğu ortaya çıkmıştır.

2011 yılında bitki magnezyum içeriği, bor x humik madde interaksyonu bakımından incelendiğinde, interaksyonun etkisiyle bitki magnezyum içeriklerinde ayrımlar görülmüş ancak oluşan ayrımların istatistiksel olarak önemsiz olduğu bulunmuştur.



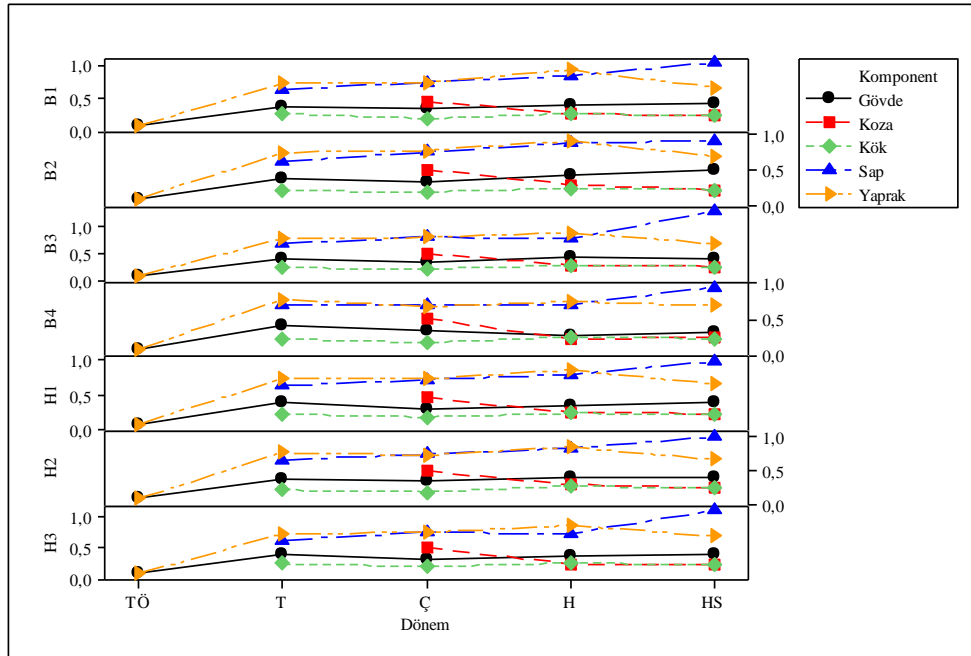
Şekil 4.14. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2011 yılında farklı organlardaki Mg içeriklerine etkisi (%)

Şekil 4.15. de 2012 yılına ait örnekleme zamanlarına ve bitki organlarına göre magnezyum içerikleri verilmiştir. Bor uygulamaları bakımından elde edilen grafik incelendiğinde, dozlar arasında taraklanma döneminde sadece kök, çiçeklenme döneminde yaprak, yaprak sapı ve tarak, hasat döneminde tüm organlar ve hasat sonrası dönemde ise gövde, kök ve yaprak sapı magnezyum içeriği istatistiksel açıdan önemli farkların bulunduğu ortaya çıkmıştır. En yüksek magnezyum içeriğine sahip organın yaprak sapı ( B3; % 1.26 Mg) olduğu ve bunu sırasıyla yaprak, gövde, tarak/koza ve kökün izlediği ortaya çıkmıştır. Denemenin birinci yılına benzer şekilde yaprak sapında en yüksek magnezyum içeriği hasat sonrası dönemde bulunmuştur. Yaprak Mg içeriği taraklanma döneminden itibaren artış gösterse de hasat sonrası dönemde azalmıştır. Yaprak sapı Mg içeriği ise hasat sonrası dönemde dahi yükselmeye devam etmiştir. Hasat döneminde kök hariç diğer organlardaki magnezyum içeriği, artan bor uygulamalarına karşılık azalmıştır. Ayrıca denemenin ikinci yılında ilk yıla oranla bitkinin genel olarak daha az magnezyum içerdiği tespit edilmiştir.

Humik madde uygulamaları bakımından incelendiğinde, humik madde uygulamaları arasında çiçeklenme döneminde gövde, hasat döneminde yaprak sapı ve koza magnezyum içeriği istatistiksel açıdan önemli farklılık oluşturmuştur.

Denemenin birinci yılına benzer şekilde en iyi Mg içeriği H2 uygulamasından elde edilmiştir. Diğer örnekleme dönemleri ve organlara göre dağılımı benzer olduğu ve artan humik madde uygulamaları etkisinin belirsiz olduğu ortaya çıkmıştır.

Denemenin ikinci yılı bor x humik madde interaksyonu bakımından incelendiğinde, taraklanma döneminde gövde ve yaprak sapı, çiçeklenme döneminde yaprak sapı, hasat döneminde yaprak ve gövde, hasat sonrası dönemde ise kök ve koza magnezyum içeriği istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. En yüksek Mg içeriği, hasat sonrası dönemde yaprak sapında B3H3 dozundan (% 1.38) elde edilmiş ve bu içeriği B3H1 dozu (% 1.24) ile takip etmiştir. Bitki magnezyum içeriklerinde dalgalanmalar meydana gelmesi sebebiyle bor x humik madde interaksyonu etkisinin belirsiz olduğu görülmüştür.



Şekil 4.15. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2012 yılında farklı organlardaki Mg içeriklerine etkisi (%)

Bor uygulamalarının bitki magnezyum içeriği üzerine pozitif etkisi olduğu ve genel bir değerlendirme ile artan bor uygulamaları ile daha çok magnezyumun biriktiği görülmüştür. Elde edilen bu sonuçların Chatzissavidis ve Therios, 2010 bulguları ile benzerlik gösterdiği, Ahmed vd., 2008 bulguları ile de çeliştiği



belirlenmiştir. Humik madde uygulamaları bakımından elde edilen bulgular tartışıldığında, humik madde uygulamalarının bitki magnezyum içeriği üzerine etkisinin belirsiz olduğu sonucuna varılmış ve bu bulguların Selçuk, 2009 elde ettiği sonuçlarla paralellik taşıdığı gözlenmiştir.

#### **4.3.7. Bitki Demir İçeriği ( $\text{mg kg}^{-1}$ )**

Çizelge 4.23' de istatistiksel değerlendirmelerden görüldüğü gibi çalışmanın yürütüldüğü 2011 yılında, hiçbir faktör ve interaksiyon istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır.

2012 yılına ait kareler ortalamaları incelendiğinde, bor faktörü bakımından, taraklanma döneminde yaprak, kök ve yaprak sapı, çiçeklenme döneminde gövde ve yaprak sapı, hasat döneminde yaprak, gövde, yaprak sapı ve koza, hasat sonrası dönemde ise tüm organların demir içerikleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Humik madde faktörü açısından, taraklanma öncesinde gövde, taraklanma döneminde yaprak ve kök, hasat döneminde yaprak ve kök, hasat sonrası dönemde ise koza demir içerikleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bor x humik madde interaksiyonu açısından taraklanma öncesi dönemde gövde, taraklanma döneminde yaprak, gövde ve kök, çiçeklenme döneminde yaprak, hasat döneminde yaprak, yaprak sapı ve koza, hasat sonrası dönemde ise kök, yaprak sapı ve koza demir içerikleri istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.23. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre, 2011 ve 2012 yıllarında örnekleme zamanlarında analiz edilen bitki Fe içeriklerine ilişkin varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Organ	SD	Kareler Ortalaması									
			2011 Yılı					2012 Yılı				
			TÖ	T	Ç	H	HS	TÖ	T	Ç	H	HS
B	Yaprak	3	28699	878	438	486	12150	1210	1228015**	36728	62727**	75014**
	Gövde		73117	5101	327	75	6448	0.38	5628	5049*	60450**	91526**
	Kök			15384	3261	17407	127404		6464189**	221546	38184	513232**
	Yaprak sapı			342	124	220	2152		36503**	5400**	14948**	4937**
	Tarak/koza				223	108	2449			4651	3127**	8660**
HM	Yaprak	2	20283	3.09	432	2932	49135	1521	1806738**	38149	37157*	1040
	Gövde		27845	3737	1007	54.3	6687	0.59*	3050	2770	1158	547
	Kök			18644	26643	45060	166472		2645279*	127372	104981**	35261
	Yaprak sapı			854	135	109	4841		10565	446	357	569
	Tarak/koza				236	130	788			885	813	3361*
B x HM	Yaprak	6	47228	639	152	212	20531	1448	445960**	33511*	33499**	2001
	Gövde		49823	3262	545	105	12031	0.76**	122669**	2302	2583	376
	Kök			4460	6392	26579	19462		2747077*	28819	26468	319179**
	Yaprak sapı			3426	52.2	93.3	2564		6458	655	617*	2429*
	Tarak/koza				62.5	66.7	2764			3522	1191**	2318*
Hata	Yaprak	24	48710	684	1524	1060	23107	685	92685	12215	8943	3962
	Gövde		82764	3675	486	145	8740	0.13	14294	1298	1901	450
	Kök			8013	15254	37422	67386		757748	84633	18523	25270
	Yaprak sapı			1810	306	209	5788		4411	505	233	768
	Tarak/koza				146	73.3	1126			1828	311	721

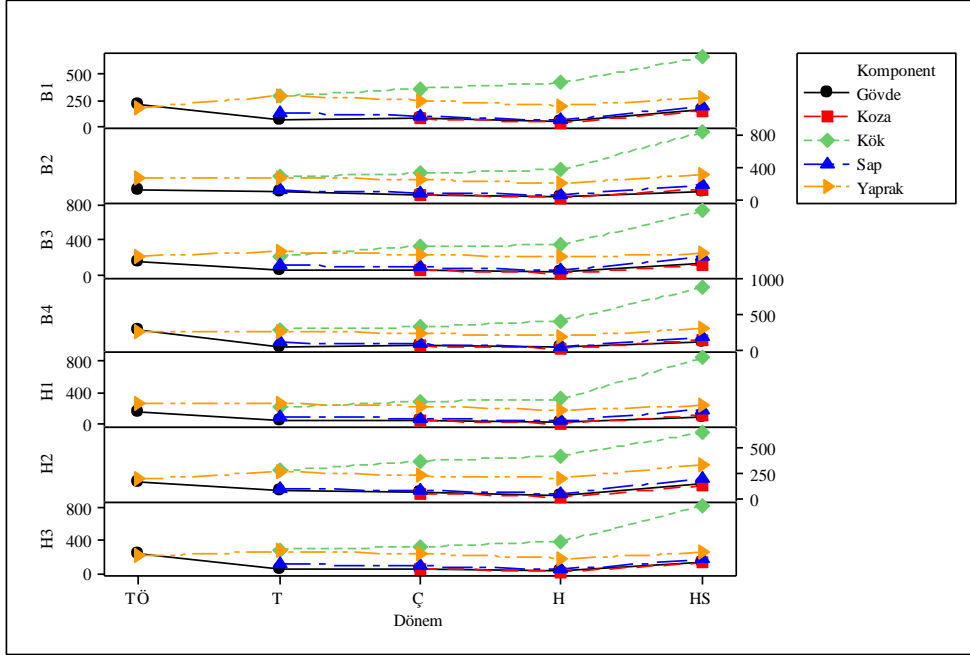
TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası

EK 13 ve 14' de denemenin yürütüldüğü 2011 ve 2012 yıllarında, pamuğun farklı fenolojik dönemlerinde alınan ve laboratuvar ortamında organlarına ayrılan bitki örneklerine ait demir içeriklerinin ortalama ve LSD değerleri verilmiştir.

Şekil 4.16. da 2011 yılına ait örnekleme zamanlarına ve bitki organlarına göre demir içerikleri verilmiştir. Bor uygulamaları bakımından elde edilen grafik incelendiğinde, tüm dönemlerde ve organlarda oluşan Fe içeriği farklılıkları istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur. En yüksek demir içeriğine sahip organın kök ( B4; 894 mg Fe kg<sup>-1</sup>) olduğu görülmüştür. Köklerde en yüksek demir içeriği hasat sonrası dönemde bulunduğu ve kök yöresinde demirin biriktiği net bir biçimde ortaya çıkmıştır. Tüm örnekleme zamanlarına göre organların demir içeriği dağılımı yüksekten düşüğe doğru sırasıyla kök> yaprak> yaprak sapı> gövde> tarak/koza olduğu ortaya çıkmıştır. Uygulamalara göre organların demir içeriklerinde dalgalanmalar olduğu, artan bor uygulamalarına karşı etkili bir sonuç alınamadığı ve bu sebeple oluşan farklılıkların belirsiz olduğu görülmüştür.

Humik madde uygulamaları bakımından incelendiğinde, örnekleme dönemleri ve organlara göre dağılışın benzer olduğu ve artan humik madde uygulamaları etkisinin belirsiz olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Bor x humik madde interaksyonu bakımından incelendiğinde, interaksyonun etkisiyle bitki demir içeriklerinde elde edilen farkların istatistiksel olarak önemsiz olduğu bulunmuştur.



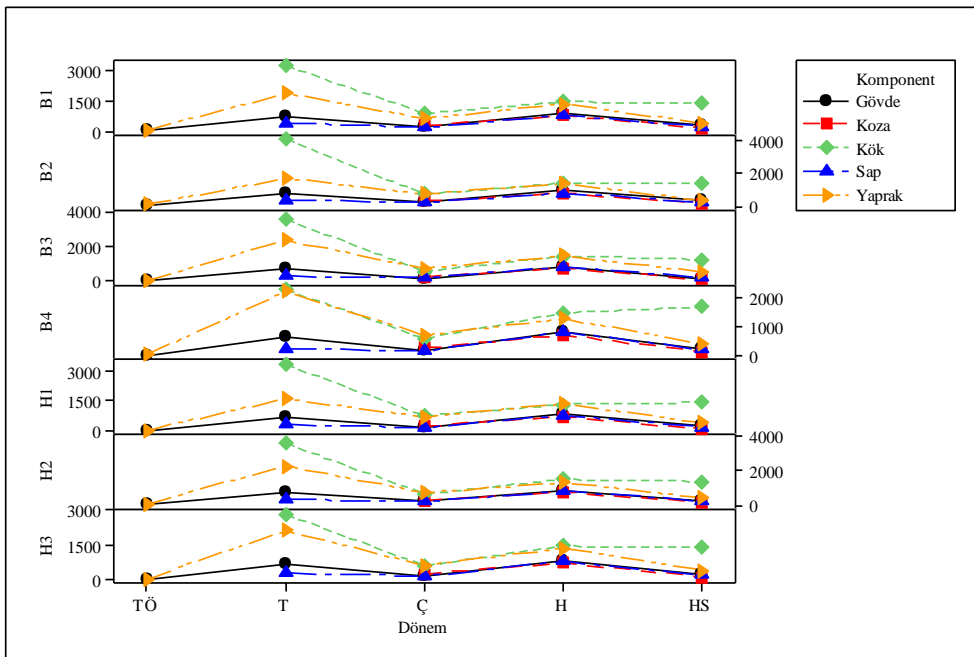
Şekil 4.16. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2011 yılında farklı organlardaki Fe içeriklerine etkisi ( $\text{mg kg}^{-1}$ )

Şekil 4.17. de 2012 yılına ait örnekleme zamanlarına ve bitki organlarına göre demir içerikleri verilmiştir. Bor uygulamaları bakımından elde edilen grafik incelendiğinde, dozlar arasında taraklanma döneminde gövde haricinde, çiçeklenme döneminde kök ve koza haricinde, hasat döneminde ise kök haricinde tüm organların demir içeriği istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. En yüksek demir içeriğine sahip organın kök ( B2 dozu;  $4035 \text{ mg Fe kg}^{-1}$ ) olduğu görülmüştür. Denemenin birinci yılında bitki kök yöresinde biriken demirin etkisi taraklanma döneminde görülmüştür. Çiçeklenme döneminde kök Fe içeriği düşse de vejetasyonun sonuna doğru yine yükselmiştir. Tüm örnekleme zamanlarına göre organların demir içeriği dağılımı yüksekten düşüğe doğru sırasıyla kök > yaprak > gövde > yaprak sapı > tarak/koza olduğu belirlenmiştir. Taraklanma ve çiçeklenme döneminde kök Fe içeriği artan bor uygulamalarına karşı azalırken yaprakların Fe içeriği artmıştır. Öte yandan denemenin ikinci yılı olan 2012 yılında 2011 yılına oranla bitkinin genel olarak daha fazla demir içerdiği belirlenmiştir.

Humik madde uygulamaları bakımından incelendiğinde, humik madde uygulamaları arasında taraklanma öncesi dönemde gövde, taraklanma döneminde yaprak ve kök, hasat döneminde yaprak ve kök, hasat sonrası dönemde ise koza

demir içeriği istatistiksel açıdan önemli farklılık oluşturmuştur. Denemenin birinci yılından farklı olarak en yüksek Fe içeriği H2 uygulamasından elde edilmiştir. Çiçeklenme döneminde yaprak ve kök Fe içerikleri artan humik madde dozlarına paralel olarak azalmış ancak istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur. Diğer örnekleme dönemleri ve organlara göre dağılışın benzer olduğu ve artan humik madde uygulamaları etkisinin belirsiz olduğu ortaya çıkmıştır.

Denemenin ikinci yılı bor x humik madde interaksyonu bakımından incelendiğinde, taraklanma öncesi dönemde gövde, taraklanma döneminde yaprak, gövde ve kök, çiçeklenme döneminde yaprak, hasat döneminde yaprak, yaprak sapı ve koza, hasat sonrası dönemde ise kök, yaprak sapı ve koza demir içeriği istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. En yüksek demir içeriği, taraklanma döneminde köklerde B2H3 dozundan ( $4581 \text{ mg Fe kg}^{-1}$ ) elde edilmiş ve bu içeriği B3H2 dozu ( $4285 \text{ mg Fe kg}^{-1}$ ) ile takip etmiştir. Bitki demir içeriklerinde dalgalanmalar meydana gelmesi sebebiyle bor x humik madde interaksyonu etkisinin belirsiz olduğu görülmüştür.



Şekil 4.17. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2012 yılında farklı organlardaki Fe içeriklerine etkisi ( $\text{mg kg}^{-1}$ )

Elde edilen bu sonuçlara göre denemenin ikinci yılında bor uygulamaları ile organların demir içerikleri bir önceki yıla oranla yükseldiği görülmüştür. Özellikle

bitki köklerinde demir içeriği yüksek seviyelere ulaşmıştır. Bor uygulamaları özellikle kök Fe içeriğini yükseltmiş fakat diğer bitki dokularında belirgin varlık gösterememiştir. Elde edilen bulgular Chatzissavvidis ve Therios, 2010 ile uyum içindedir. Bu araştırmacıların yaptığı çalışmada uygulanan bor ile demir içerikleri arasında önemli bir korelasyon olmadığı, yaprak ve gövde Fe içeriklerinin etkilenmediği bildirilirken kök Fe içeriğinin bor uygulamalarından etkilendiği ve içeriklerin 425-1770 ppm aralığında değiştiği belirtilmiştir. Bir diğer çalışmada ise (Ahmed vd., 2008) bor toksisitesinin bitki bünyesinde demirin taşınmasını bloke ederek toprak üstü aksamalarda demir azalımı olacağını belirtmiştir.

Humik madde uygulamaları ile bitkilerin demir içeriklerinde etkisi net ortaya çıkmamıştır. Humik madde uygulamaları ile elde edilen bitki demir içeriğindeki değişimler Adani vd., 1988 tarafından belirtilen sonuçlar ile çeliştiği görülmüştür. Sözkonusu araştırmacılar humik madde uygulaması ile bitki demir içeriğinin artacağını bildirmiş ve bunun humik maddenin  $Fe^{+3}$  den  $Fe^{+2}$  indirgenmesinde katkısının olması ile açıklamışlardır. Ancak kök bölgesindeki ekstrem demir varlığı nedeniyle humik maddenin beklenen etkisinin görülemediği düşünülmektedir.

#### **4.3.8. Bitki Mangan İçeriği ( $mg\ kg^{-1}$ )**

Çizelge 4.24' de istatistiksel değerlendirmelerden görüldüğü gibi çalışmanın yürütüldüğü 2011 yılında hiçbir faktör ve interaksiyon istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

2012 yılına ait kareler ortalamaları incelendiğinde, bor faktörü bakımından, taraklanma öncesi dönemde yaprak ve gövde, taraklanma döneminde kök, çiçeklenme döneminde yaprak, gövde, yaprak sapı ve tarak, hasat döneminde tüm organlar, hasat sonrası dönemde ise koza hariç tüm organların mangan içerikleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Humik madde faktörü açısından, çiçeklenme döneminde kök, hasat döneminde yaprak ve koza, hasat sonrası dönemde ise kök mangan içerikleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bor x humik madde interaksiyonu açısından taraklanma döneminde gövde, çiçeklenme döneminde gövde ve tarak, hasat döneminde koza, hasat sonrası dönemde ise yaprak ve gövde mangan içerikleri istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.24. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre, 2011 ve 2012 yıllarında örnekleme zamanlarında analiz edilen bitki Mn içeriklerine ilişkin varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Organ	SD	Kareler Ortalaması									
			2011 Yılı					2012 Yılı				
			TÖ	T	Ç	H	HS	TÖ	T	Ç	H	HS
B	Yaprak	3	458	55.4	21.2	70.5	46.6	2066**	1531	792**	333**	284**
	Gövde		10118	77.2	28.7	146	122	564**	181	4209**	126**	328**
	Kök			108	25.7	53.9	76.9		3837**	91.9	158**	539**
	Yaprak sapı			62.8	52.6	32.0	194		73.7	499**	277**	158**
	Tarak/koza			35.8	11.3	48.4				1461**	408**	1132
HM	Yaprak	2	101	225	48.6	44.8	308	80.1	845	3.73	280*	4.34
	Gövde		4124	117	10.9	46.6	82.4	40.2	191	310	16.1	4.73
	Kök			72.8	36.2	65.9	81.8		1072	389*	15.9	246*
	Yaprak sapı			12.6	2.77	8.63	41.7		12.5	51.6	7.37	9.79
	Tarak/koza			4.08	35.6	97.2				10.2	57.7**	1205
B x HM	Yaprak	6	483	94.5	66.9	28.3	169	62.9	3613	80.7	43.0	64.6*
	Gövde		3224	26.1	46.9	13.1	22.6	34.0	713**	359*	25.8	33.9**
	Kök			53.4	70.5	48.9	51.9		968	117	31.8	108
	Yaprak sapı			30.1	10.5	23.7	35.9		57.0	17.6	16.5	12.8
	Tarak/koza			15.3	6.79	110				95.4*	22.1*	943
Hata	Yaprak	24	8503	161	410	295	409	29.4	2089	38.2	69.5	20.9
	Gövde		23404	123	40.3	193	47.1	14.1	89.0	135	15.4	6.13
	Kök			77.5	108	82.0	59.6		421	80.0	15.3	59.8
	Yaprak sapı			29.1	30.7	124	66.7		31.8	25.9	6.71	13.3
	Tarak/koza			32.9	27.0	65.1				28.2	7.61	513

TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası

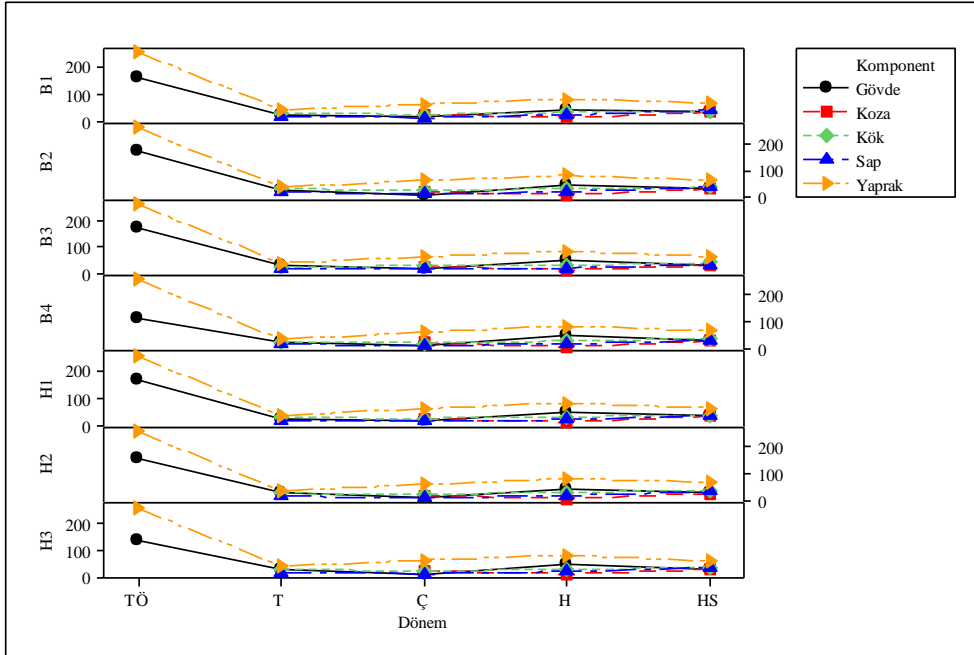
EK 15 ve 16' de denemenin yürütüldüğü 2011 ve 2012 yıllarında, pamuğun farklı fenolojik dönemlerinde alınan ve laboratuvar ortamında organlarına ayrılan bitki örneklerine ait mangan içeriklerinin ortalama ve LSD değerleri verilmiştir.

Şekil 4.18. de 2011 yılına ait örnekleme zamanlarına ve bitki organlarına göre mangan içerikleri verilmiştir. Bor uygulamaları bakımından elde edilen grafik incelendiğinde, tüm dönemlerde ve organlarda oluşan Mn içeriği farklılıkları istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur. En yüksek mangan içeriğine sahip organın yaprak (B3; 266 mg Mn kg<sup>-1</sup>) olduğu görülmüştür. Yapraklarda en yüksek mangan içeriği taraklanma öncesi dönemde bulunmuştur. Tüm örnekleme zamanlarına göre organların mangan içeriği dağılımı yüksekten düşüğe doğru sırasıyla yaprak> gövde> kök> yaprak sapı> tarak/koza olduğu ortaya çıkmıştır. Dozlara göre organların mangan içeriklerinde dalgalanmalar olduğu, artan bor uygulamalarına karşı etkili bir sonuç alınmadığı ve bu sebeple oluşan farklılıkların belirsiz olduğu görülmüştür.

Humik madde uygulamaları bakımından incelendiğinde, örnekleme dönemleri ve organlara göre dağılışın benzer olduğu ve artan humik madde uygulamaları etkisinin belirsiz olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Bor x humik madde interaksyonu bakımından incelendiğinde, interaksyonun etkisiyle bitki mangan içeriklerinde elde edilen farkların istatistiksel olarak önemsiz olduğu bulunmuştur.





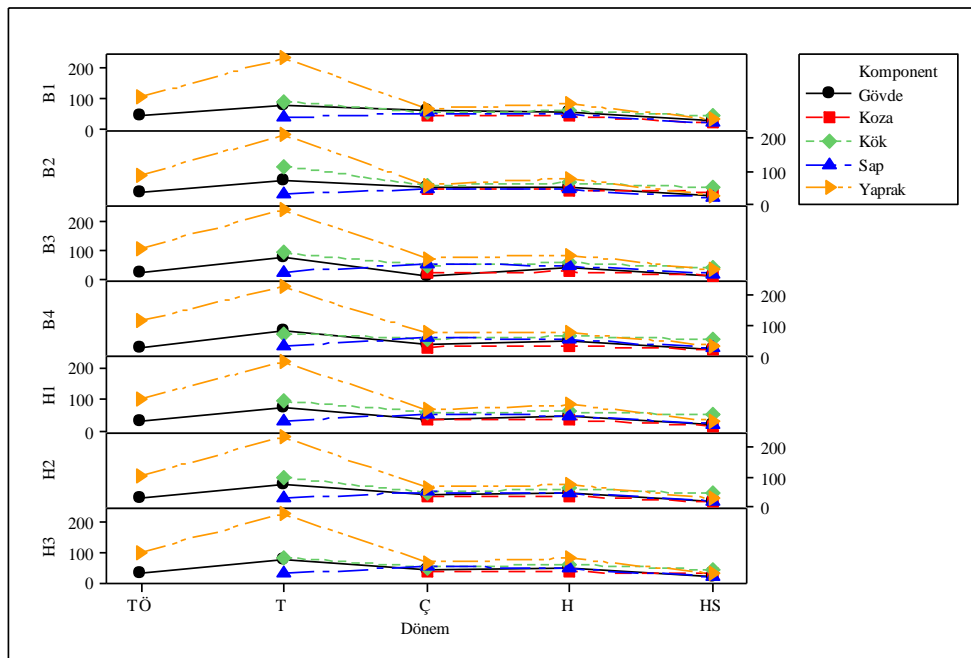
Şekil 4.18. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2011 yılında farklı organlardaki Mn içeriklerine etkisi ( $\text{mg kg}^{-1}$ )

Şekil 4.19. da 2012 yılına ait örnekleme zamanlarına ve bitki organlarına göre mangan içerikleri verilmiştir. Bor uygulamaları bakımından elde edilen grafik incelendiğinde, dozlar arasında taraklanma öncesi dönemde yaprak ve gövde, taraklanma döneminde kök, çiçeklenme döneminde kök, hasat döneminde tüm organların ve hasat sonrasında dönemde koza hariç diğer organların mangan içeriği istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. En yüksek mangan içeriğine sahip organın yaprak (B3;  $241 \text{ mg Mn kg}^{-1}$ ) olduğu görülmüştür. Ayrıca denemenin birinci yılından farklı olarak en yüksek mangan içeriğinin taraklanma döneminde olduğu görülmüştür. Tüm örnekleme zamanlarına göre organların mangan içeriği dağılımı yüksekten düşüğe doğru sırasıyla yaprak > kök > gövde > yaprak sapı > tarak/koza olduğu belirlenmiştir. Dozlara göre organların mangan içeriklerinde dalgalanmalar olduğu, artan bor uygulamalarına karşı ayırmsal bir sonuç alınmadığı ve bu sebeple oluşan farkların belirsiz olduğu görülmüştür. Öte yandan denemenin ikinci yılı ile birinci yılının benzer miktarlarda mangan içerdiği görülmüştür.

Humik madde uygulamaları bakımından incelendiğinde, humik madde uygulamaları arasında çiçeklenme döneminde kök, hasat döneminde yaprak ve koza, hasat sonrası dönemde ise kök mangan içeriği istatistiksel açıdan önemli

farklılık oluşturmuştur. En yüksek Mn içeriği taraklanma döneminde, yapraklarda H2 dozundan elde edilmiştir. Diğer örnekleme dönemleri ve organlara göre dağılımın benzer olduğu ve artan humik madde uygulamaları etkisinin belirsiz olduğu ortaya çıkmıştır.

Denemenin ikinci yılı bor x humik madde interaksyonu bakımından incelendiğinde, taraklanma öncesi dönemde yaprak, taraklanma döneminde gövde, çiçeklenme döneminde gövde ve tarak, hasat döneminde koza, hasat sonrası dönemde ise yaprak ve gövde mangan içeriği istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. En yüksek mangan içeriği, taraklanma döneminde yapraklarda B3H3 dozundan ( $260 \text{ mg Mn kg}^{-1}$ ) elde edilmiş ve bu içeriği B4H2 dozu ( $249 \text{ mg Mn kg}^{-1}$ ) ile takip etmiştir. Bitki mangan içeriklerinde dalgalanmalar meydana gelmesi sebebiyle bor x humik madde interaksyonu etkisinin belirsiz olduğu ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.19. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2012 yılında farklı organlardaki Mn içeriklerine etkisi ( $\text{mg kg}^{-1}$ )

Önceki yıllarda yapılan çalışmalar (Sotiropoulos vd. 2002; Ahmed vd. 2008) mangan içeriğinin azalması gerektiğini vurgulamasına rağmen, elde edilen sonuçlara göre ortaya çıkan bor toksisitesinin bitki mangan alımına ve içeriğine etkisinin olmadığı görülmüştür. Meydana gelen bu durum Chatzissavvidis vd.,

2008 bulgularıyla paralellik taşımaktadır. Bitki mangan içeriği üzerine humik madde uygulamalarının etkinliği tartışıldığında, humik madde etkisinin net görülmediği ve ortaya çıkan bu sonucun önceki çalışmalarda (Sharif vd. 2002; Büyükkeskin, 2008) elde edilen bulgularla çeliştiği görülmüştür.

#### **4.3.9. Bitki Çinko İçeriği (mg kg<sup>-1</sup>)**

Çizelge 4.25’ de istatistiksel değerlendirmelerden görüldüğü gibi çalışmanın yürütüldüğü 2011 yılında, bor uygulamaları bakımından taraklanma ve hasat sonrası dönemde kök çinko içeriği istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Diğer faktörler istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur.

2012 yılına ait kareler ortalamaları incelendiğinde, bor uygulamaları bakımından, taraklanma öncesi dönemde gövde, taraklanma döneminde yaprak ve yaprak sapı, çiçeklenme döneminde yaprak, gövde, yaprak sapı ve tarak, hasat döneminde yaprak, gövde ve yaprak sapı, hasat sonrası dönemde ise tüm organların çinko içerikleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Humik madde uygulamaları açısından, taraklanma öncesi dönemde yaprak ve gövde, taraklanma döneminde kök, çiçeklenme döneminde tarak, hasat sonrası dönemde ise koza çinko içerikleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bor x humik madde interaksyonu açısından taraklanma öncesi dönemde yaprak ve gövde, taraklanma döneminde kök, çiçeklenme döneminde gövde ve tarak, hasat döneminde gövde ve kök, hasat sonrası dönemde ise sadece yaprak çinko içerikleri istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.25. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre, 2011 ve 2012 yıllarında örnekleme zamanlarında analiz edilen bitki Zn içeriklerine ilişkin varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Organ	SD	Kareler Ortalaması									
			2011 Yılı					2012 Yılı				
			TÖ	T	Ç	H	HS	TÖ	T	Ç	H	HS
B	Yaprak	3	4678	518	43.5	0.64	595.5	32.6	434**	157**	306**	257**
	Gövde		421	782	8.32	4.38	41.1	6.34**	646	121**	108**	266**
	Kök			295*	20.5	232	2615*		25.1	2.32	16.2	62.8*
	Yaprak sapı			563	0.59	7.37	36.2		566**	25.1**	161**	318**
	Tarak/koza					1467	2.34	111			46.4*	28.1
HM	Yaprak	2	11572	101	35.8	17.1	1072	69.5**	65.1	15.9	25.9	23.1
	Gövde		331	179	16.7	9.52	353	18.8**	885	24.4	7.55	13.7
	Kök			53.4	0.69	61.7	650		521**	80.8	31.2	2.08
	Yaprak sapı			492	17.0	1.29	66.5		160	10.5	8.84	32.9
	Tarak/koza					1548	7.55	123			45.6*	34.5
B x HM	Yaprak	6	2849	409	19.5	5.88	408	49.5**	137	24.4	10.4	45.7*
	Gövde		3170	366	37.4	5.69	181	26.8**	638	38.2*	23.3*	36.8
	Kök			136	9.67	136	362		320**	41.4	33.1*	24.5
	Yaprak sapı			175	11.1	9.69	84.7		60.8	3.34	5.82	25.7
	Tarak/koza					1600	1.09	164			43.3**	23.9
Hata	Yaprak	24	7527	191	52.2	20.5	479	11.7	74.9	12.3	9.94	14.9
	Gövde		2758	613	20.3	4.09	254	0.59	362	10.8	6.48	21.6
	Kök			82.6	15.9	146	738		50.7	26.0	11.6	20.4
	Yaprak sapı			855	18.1	19.1	364		72.4	5.22	4.03	39.7
	Tarak/koza					1465	3.45	148			10.3	22.3

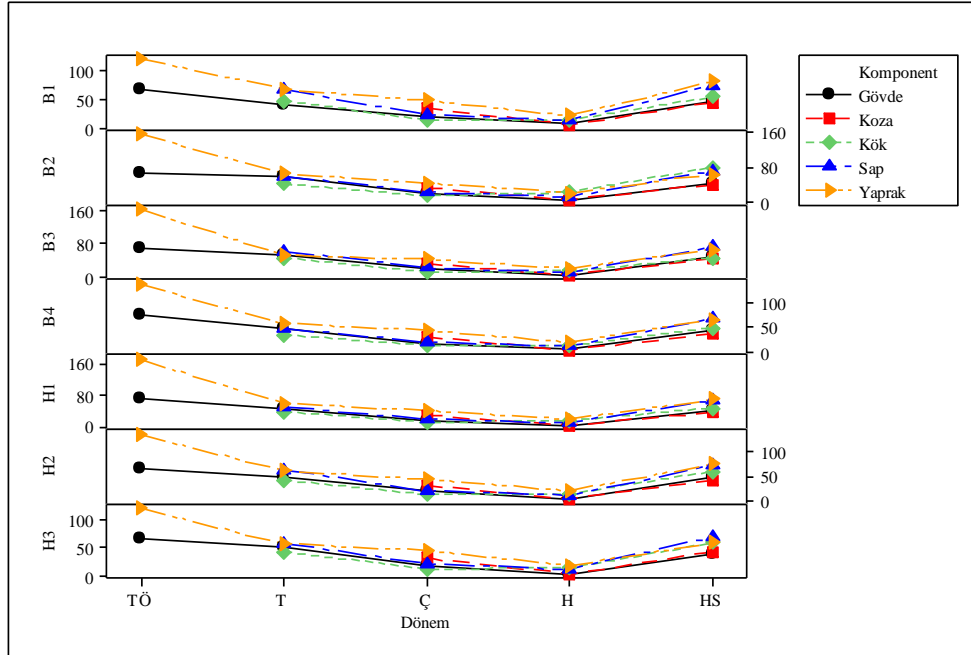
TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası

EK 17 ve 18' de denemenin yürütüldüğü 2011 ve 2012 yıllarında, pamuğun farklı fenolojik dönemlerinde alınan ve laboratuvar ortamında organlarına ayrılan bitki örneklerine ait çinko içeriklerinin ortalama ve LSD değerleri verilmiştir.

Şekil 4.20. de 2011 yılına ait örnekleme zamanlarına ve bitki organlarına göre çinko içerikleri verilmiştir. Bor uygulamaları bakımından elde edilen grafik incelendiğinde, taraklanma ve hasat sonrası dönemde sadece kök Zn içerikleri arasındaki farklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. En yüksek çinko içeriğine sahip organın yaprak (B3; 163 mg Zn kg<sup>-1</sup>) olduğu görülmüştür. Yapraklarda en yüksek çinko içeriği taraklanma öncesi dönemde bulunmuştur. Tüm örnekleme zamanlarına göre organların çinko içeriği dağılımı yüksekten düşüğe doğru sırasıyla yaprak> yaprak sapı> gövde> tarak/koza> kök olduğu ortaya çıkmıştır. Artan Bor uygulamalarına göre tüm organların Zn içeriği vejetasyon başlangıcında yüksek sonraki dönemlerde düşük bulunmuş ve nihayetinde sulamanın kesilmesi ile birlikte hasat sonunda bitki Zn içeriklerinin tekrar yükseldiği izlenmiştir. Dozlara göre organların çinko içeriklerinde dalgalanmalar olduğu, artan bor dozlarına karşı belirgin sonuç alınmadığı ve bu sebeple oluşan farklılıkların belirsiz olduğu görülmüştür.

Humik madde uygulamaları bakımından incelendiğinde, taraklanma öncesi ve taraklanma dönemlerinde yaprak Zn içeriği artan humik madde dozlarına paralel olarak azalmıştır. Ancak oluşan farklılığın istatistiksel açıdan bir önemi yoktur. Diğer örnekleme dönemleri ve organların Zn içeriğinde dalgalanmalar olduğu ve artan humik madde uygulamaları etkisinin belirsiz olduğu bulunmuştur.

2011 yılı bor x humik madde interaksyonu bakımından incelendiğinde, interaksyonun etkisiyle bitki çinko içeriklerinde elde edilen farkların istatistiksel olarak önemsiz olduğu bulunmuştur.

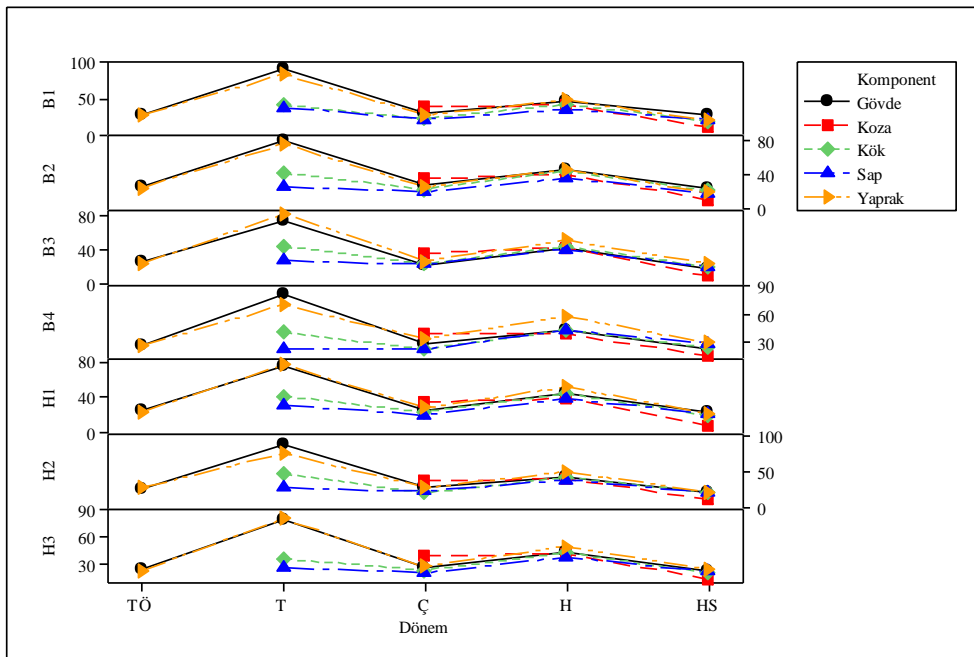


Şekil 4.20. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2011 yılında farklı organlardaki Zn içeriklerine etkisi ( $\text{mg kg}^{-1}$ )

Şekil 4.21. de 2012 yılına ait örnekleme zamanlarına ve bitki organlarına göre çinko içerikleri verilmiştir. Bor uygulamaları bakımından elde edilen grafik incelendiğinde, dozlar arasında taraklanma öncesi dönemde yaprak ve gövde, taraklanma döneminde yaprak ve yaprak sapı, çiçeklenme döneminde kök hariç, hasat döneminde yaprak, gövde ve yaprak sapı ve hasat sonrasındaki dönemde tüm organların çinko içeriği istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. En yüksek çinko içeriğine sahip organın gövde (B1;  $91 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ ) olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçların denemenin birinci yılından farklı olarak en yüksek çinko içeriğinin taraklanma döneminde olduğu görülmüştür. Tüm örnekleme zamanlarına göre organların çinko içeriği dağılımı yüksekten düşüğe doğru sırasıyla yaprak > gövde > kök > yaprak sapı > tarak/koza olduğu belirlenmiştir. Dozlara göre organların çinko içeriklerinde dalgalanmalar olduğu, artan bor dozlarına karşı ayrımsal bir sonuç alınmadığı ve bu sebeple oluşan farkların istatistiksel açıdan önemli bulunsa da belirsiz olduğu görülmüştür. Öte yandan denemenin ikinci yılının başlangıcında ölçülen Zn içeriği denemenin birinci yılına oranla daha az Zn içerdiği bu duruma sebep olarak toprakta biriken borun neden olduğu düşünülmektedir.

Humik madde uygulamaları bakımından incelendiğinde, humik madde uygulamaları arasında taraklanma öncesi dönemde yaprak ve gövde, taraklanma döneminde kök, çiçeklenme döneminde tarak, hasat sonrası dönemde ise koza Zn içeriği istatistiksel açıdan önemli farklılık oluşturmuştur. En yüksek Zn içeriği taraklanma döneminde, gövdede H2 dozundan elde edilmiştir. Diğer örnekleme dönemleri ve organlara göre dağılımın benzer olduğu ve artan humik madde uygulamaları etkisinin belirsiz olduğu ortaya çıkmıştır.

2012 yılı bor x humik madde interaksyonu bakımından incelendiğinde, taraklanma öncesi dönemde gövde, taraklanma döneminde kök, çiçeklenme döneminde gövde ve tarak, hasat döneminde gövde ve kök, hasat sonrası dönemde ise yaprak çinko içeriği istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. En yüksek Zn içeriği, taraklanma döneminde gövdede B4H2 dozundan ( $103 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ ) elde edilmiş ve bu içeriği B2H2 dozu ( $100 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ ) ile takip etmiştir. Bitki çinko içeriklerinde dalgalanmalar meydana gelmesi sebebiyle bor x humik madde interaksyonu etkisinin belirsiz olduğu bulunmuştur.



Şekil 4.21. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2012 yılında farklı organlardaki Zn içeriklerine etkisi ( $\text{mg kg}^{-1}$ )

Elde edilen bu sonuçlara göre bor toksisitesinin pamuğun tüm fenolojik dönemlerinde bitki çinko içeriğini etkilemediği görülmüş ve bu sebeple bor

uygulamalarının etkinliği belirsiz olarak tanımlanmıştır. Nable, 1988 yaptığı çalışmada bor uygulamasının bitki çinko içeriğini sürekli bir trend şeklinde etkilemediğini ifade etmiştir. Öte yandan bitki Zn içeriğinde azalma olmaması nedeniyle elde edilen bu bulguların önceki yıllarda yapılmış olan çalışmaların (El Gharably ve Bussler, 1988; Ahmed vd. 2008; Chatzissavvidis ve Therios, 2010) sonuçları ile örtüşmediği ortaya çıkmıştır. Humik madde uygulamalarına göre değerlendirildiğinde, humik madde etkisinin net görülmediği ve ortaya çıkan bu sonucun önceki çalışmalarda (Fagbenro ve Agboola, 1993; Sözüdoğru vd. 1996) elde edilen bulgularla çeliştiği gözlenmiştir.

#### **4.3.10. Bitki Bakır İçeriği ( $\text{mg kg}^{-1}$ )**

Çizelge 4.26' da istatistiksel değerlendirmelerden görüldüğü gibi çalışmanın yürütüldüğü 2011 yılında, bor faktörü bakımından taraklanma döneminde gövde bakır içeriği istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Humik madde faktörü bakımından hasat ve hasat sonrası dönemde yaprak Cu içeriği istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Diğer faktörler istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

2012 yılına ait kareler ortalamaları incelendiğinde, bor faktörü bakımından, taraklanma öncesi dönemde gövde, taraklanma döneminde gövde ve kök, çiçeklenme, hasat ve hasat sonrası dönemlerde tüm organların bakır içerikleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Humik madde faktörü açısından, taraklanma öncesi dönemde gövde, taraklanma döneminde yaprak sapı, çiçeklenme döneminde kök ve yaprak sapı, hasat döneminde gövde ve kök, hasat sonrası dönemde ise yaprak sapı bakır içerikleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bor x humik madde interaksyonu açısından taraklanma döneminde yaprak, çiçeklenme döneminde gövde ve tarak, hasat sonrası dönemde gövde ve koza bakır içerikleri istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur.



Çizelge 4.26. Farklı bor ve humik madde uygulamalarına göre, 2011 ve 2012 yıllarında örnekleme zamanlarında analiz edilen bitki Cu içeriklerine ilişkin varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Organ	SD	Kareler Ortalaması									
			2011 Yılı					2012 Yılı				
			TÖ	T	Ç	H	HS	TÖ	T	Ç	H	HS
B	Yaprak	3	583	53.7	3.08	3.85	19.1	27.9	459	245**	68.1**	202**
	Gövde		582	76.4*	4.64	2.48	61.6	236**	37547*	3285**	291**	945**
	Kök			9.39	35.6	12.5	8.80		1872*	51.4*	219**	317**
	Yaprak sapı			22.3	21.7	0.31	5.10		144	12.8**	66.2**	100**
	Tarak/koza				36.7	4.76	42.5			65.4**	115**	66.5**
HM	Yaprak	2	171	36.6	9.16	13.2*	242*	28.1	457	8.58	2.38	2.48
	Gövde		204	1.94	2.41	0.81	138	24.5**	18328	6.26	81.6*	12.7
	Kök			7.09	29.5	63.9	18.8		744	56.3*	89.1*	24.6
	Yaprak sapı			3.08	7.00	1.19	1.94		1634*	7.90*	2.35	14.9*
	Tarak/koza				40.7	0.19	8.19			3.25	2.33	14.5
B x HM	Yaprak	6	373	29.4	67.1	3.26	55.2	27.2	521*	16.5	9.16	15.0
	Gövde		96.4	22.7	9.30	3.39	26.7	3.03	22704	395*	16.1	45.6**
	Kök			18.2	15.7	21.3	10.4		1157	23.3	48.7	52.5
	Yaprak sapı			13.1	7.55	2.32	6.95		227	3.23	10.2	4.49
	Tarak/koza				15.0	0.53	12.7			7.99*	5.45	33.9**
Hata	Yaprak	24	207	45.0	210	3.11	59.4	20.2	169	21.6	12.4	17.1
	Gövde		363	20.4	7.40	1.62	112	2.65	11064	141	17.3	11.0
	Kök			28.8	41.3	28.8	28.6		472	11.1	20.3	23.8
	Yaprak sapı			24.7	20.8	2.76	8.15		360	2.05	4.39	4.18
	Tarak/koza				26.0	1.95	15.6			2.50	3.19	4.77

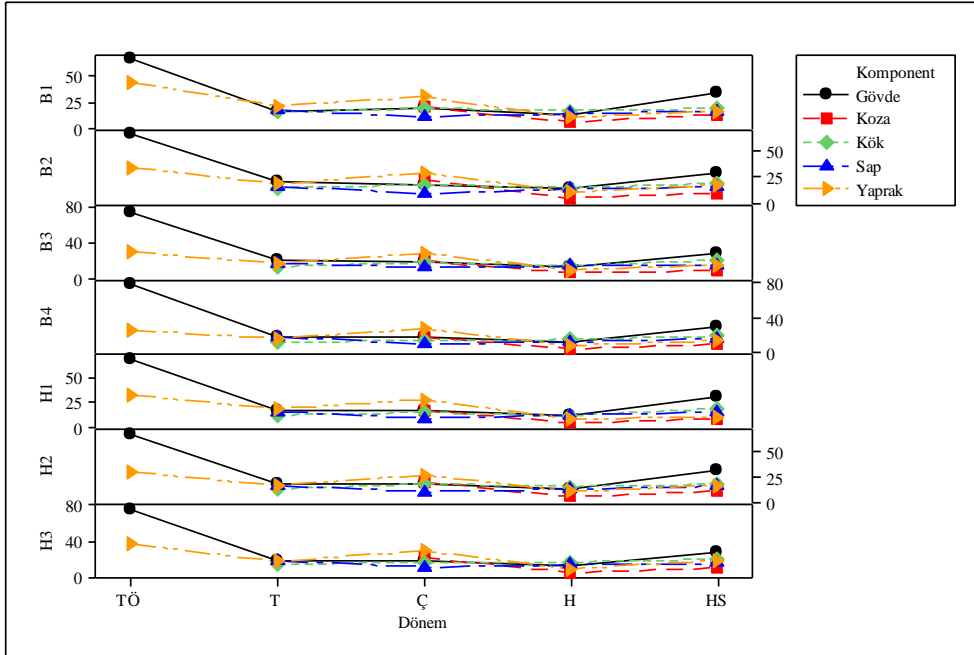
TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası

EK 19 ve 20' de denemenin yürütüldüğü 2011 ve 2012 yıllarında, pamuğun farklı fenolojik dönemlerinde alınan ve laboratuvar ortamında organlarına ayrılan bitki örneklerine ait bakır içeriklerinin ortalama ve LSD değerleri verilmiştir.

Şekil 4.22. de 2011 yılına ait örnekleme zamanlarına ve bitki organlarına göre bakır içerikleri verilmiştir. Bor uygulamaları bakımından elde edilen grafik incelendiğinde, sadece taraklanma döneminde gövde Cu içerikleri arasındaki farklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. En yüksek bakır içeriğine sahip organın gövde (B4; 79 mg Cu kg<sup>-1</sup>) olduğu görülmüştür. Gövdelerin en yüksek bakır içeriği taraklanma öncesi dönemde bulunmuştur. Tüm örnekleme zamanlarına göre organların bakır içeriği dağılımı yüksekte düşüğe doğru sırasıyla gövde> yaprak> kök> yaprak sapı> tarak/koza olduğu ortaya çıkmıştır. Artan Bor uygulamalarına göre tüm organların Cu içeriği vejetasyon başlangıcında yüksek bulunmuş ancak sonraki dönemlerde düşük bulunmuş ve sulamanın kesilmesi ile birlikte bitki Cu içeriklerinin tekrar yükseldiği görülmüştür. Yine artan bor uygulamalarına göre tüm dönemlerde yaprakların Cu içeriği azalmış, gövdelerin Cu içeriği ise hasat sonrası dönem haricinde artmıştır. Ancak bu artış ve azalışların istatistiksel olarak bir önem ifade etmediği böylece bor uygulamaları etkisinin belirsiz olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Humik madde uygulamaları bakımından incelendiğinde, hasat döneminde yaprak Cu içeriği artan humik madde dozlarına beklenen etkiyi göstermemiş, hasat sonrası dönemde ise artan humik madde dozlarına paralel olarak artmıştır. En yüksek Cu içeriği taraklanma öncesi dönemde H3 dozundan elde edilmiş fakat oluşan farklılığın istatistiksel açıdan bir önemi bulunamamıştır. Diğer örnekleme dönemleri ve organların Cu içeriğinde dalgalanmalar olduğu ve artan humik madde uygulamaları etkisinin belirsiz olduğu gözlenmiştir.

Bor x humik madde interaksyonu bakımından incelendiğinde, interaksyonun etkisiyle bitki bakır içeriklerinde elde edilen farkların istatistiksel olarak önemsiz olduğu bulunmuştur.



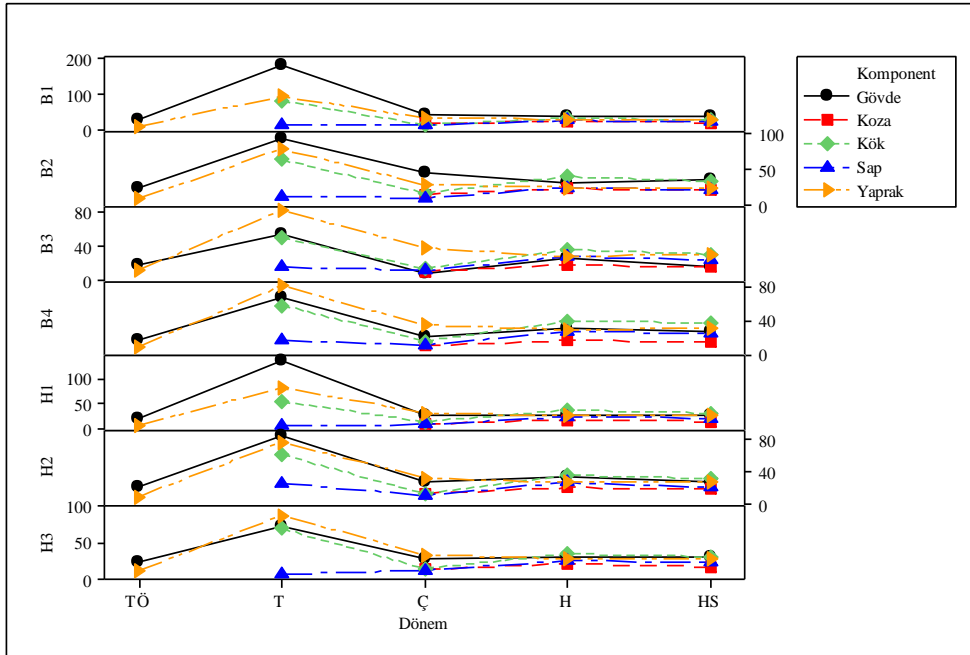
Şekil 4.22. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2011 yılında farklı organlardaki Cu içeriklerine etkisi ( $\text{mg kg}^{-1}$ )

Şekil 4.23. de 2012 yılına ait örnekleme zamanlarına ve bitki organlarına göre bakır içerikleri verilmiştir. Bor uygulamaları bakımından elde edilen grafik incelendiğinde, dozlar arasında taraklanma öncesi dönemde gövde, taraklanma döneminde gövde ve kök, ve diğer dönemlerin tüm organlarında bakır içeriği istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. En yüksek bakır içeriğine sahip organın gövde (B1;  $179 \text{ mg Cu kg}^{-1}$ ) olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçların denemenin birinci yılından farklı olarak en yüksek bakır içeriğinin taraklanma döneminde olduğu görülmüştür. Tüm örnekleme zamanlarına göre organların bakır içeriği dağılımı yüksekten düşüğe doğru sırasıyla gövde > yaprak > kök > yaprak sapı > tarak/koza olduğu belirlenmiştir. Dozlara göre yaprak ve yaprak sapı bakır içeriği tüm dönemlerde artmış, gövde ve tarak/koza bakır içeriği azalmış, kök bakır içeriklerinde dalgalanmalar yaşanmıştır. Ayrıca denemenin ikinci yılında birinci yıla göre bitkilerin daha fazla Cu içerdiği tespit edilmiştir.

Humik madde uygulamaları bakımından incelendiğinde, humik madde dozları arasında taraklanma öncesi dönemde gövde, taraklanma döneminde yaprak sapı, çiçeklenme döneminde kök ve yaprak sapı, hasat döneminde gövde ve kök, hasat sonrası dönemde ise yaprak sapı Cu içeriği istatistiksel açıdan önemli ayırım oluşturmuştur. En yüksek Cu içeriği taraklanma döneminde, gövde de H1

dozundan elde edilmiştir. Diğer örnekleme dönemleri ve organlara göre bakır içeriklerinde dalgalanmaların sözkonusu olduğu buna bağlı olarak artan humik madde uygulamalarının etkisiz olduğu ortaya çıkmıştır.

2012 yılı bor x humik madde interaksyonu bakımından incelendiğinde, taraklanma döneminde yaprak, çiçeklenme döneminde gövde ve tarak, hasat döneminde kök, hasat sonrası dönemde ise gövde ve koza bakır içeriği istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. En yüksek Cu içeriği, taraklanma döneminde gövdede B1H1 dozundan ( $348 \text{ mg Cu kg}^{-1}$ ) elde edilmiş ve bu içeriği kökte B1H3 dozu ( $114 \text{ mg Cu kg}^{-1}$ ) ile takip etmiştir. Bitki bakır içeriklerinde dalgalanmalar meydana gelmesi sebebiyle bor x humik madde interaksyonu etkisinin belirsiz olduğu bulunmuştur.



Şekil 4.23. Farklı bor ve humik madde uygulamalarının 2012 yılında farklı organlardaki Cu içeriklerine etkisi ( $\text{mg kg}^{-1}$ )

Denemenin birinci yılında bor uygulamalarının etkisiyle yaprak ve kök Cu içeriğinin azaldığı, gövde Cu içeriğinin ise arttığı görülmüştür. Ancak denemenin ikinci yılında yaprak, kök, yaprak sapı gibi organların Cu içeriğinin arttığı görülmüştür. Bu bağlamda bor toksisitesinin bitki Cu içeriğini arttırdığı kanaatine varılmıştır. Elde edilen bu sonuçların El Gharably ve Bussler, 1985; Ahmed vd., 2008 buldukları sonuçlarla uyumlu olduğu görülmüştür. Humik madde

uygulamaları etkisinin net görülmediği, ortaya çıkan sonuçların önceki çalışmalarda (Dursun vd., 1999; Sharif vd., 2002) elde edilen bulgularla çeliştiği gözlenmiştir.

#### **4.4. Deneme Toprağının Bazı Kimyasal Özellikleri**

Deneme toprağının bazı kimyasal özellikleri başlığı altında, denemenin yürütüldüğü 2011 ve 2012 yıllarında vejetasyon başında ve sonunda herbir parselden ayrı ayrı, 0-30 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin analiz sonuçları incelenmiş ve bir bütün olarak irdelenmiştir. Yapılan analizler ile toprakların, pH, organik madde, alınabilir bor, azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, sodyum, demir, çinko, mangan ve bakır içerikleri belirlenmiştir.

Çizelge 4.27'de bor uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarında denemenin başlangıcında ve sonunda alınan toprak örneklerine ait bazı kimyasal analiz sonuçları verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre toprağın pH'sı 8.31-7.48 aralığında değiştiği görülmektedir. Sezon başlarında alınan toprakların reaksiyonu alkali karakterli, sezon sonlarında ise toprağın reaksiyonu hafif alkali karakterli olduğu bulunmuştur. Bor uygulamalarına göre toprak reaksiyonundaki değişimlerin de benzer olduğu ortaya çıkmıştır.

Toprakların % organik madde içeriği 0.90 ile 1.68 aralığında değiştiği ve sezon sonlarında toprakların organik madde seviyesinin yükseldiği gözlenmiştir. Bor uygulamalarına göre toprağın % organik madde içeriğindeki değişimlerin benzer olduğu çizelgeden anlaşılmaktadır.

Toprakların yarayışlı bor içeriği 0.92 ile 21.04 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmiştir. Denemenin başlangıcından itibaren topraklarda bor birikiminin olduğu ve en yüksek seviyenin 2012 sezonunun sonunda olduğu ve toprakların yarayışlı bor içeriğinin düşükten toksige doğru değiştiği görülmüştür. B4 uygulamasında en yüksek yarayışlı bor içeriği 21.04 mg kg<sup>-1</sup> bulunmuş ve bunu B3>B2>B1 uygulamaları sırasıyla 8.49; 4.28 ve 1.68 mg kg<sup>-1</sup> ile takip etmiştir. B1 ve B2 uygulamalarının en yüksek seviyesi (Wolf, 1974) belirttiği sınır değerlere göre yüksek, B3 ve B4 uygulamalarının en yüksek seviyesi toksik olarak bulunmuştur. B4 uygulamasında her iki sezon sonunda toprakların yarayışlı bor içeriği toksik olduğu görülmüştür.

Toprakların % azot içeriği 0.09 ile 0.20 aralığında değişmiş ve ilk sezonun sonunda yüksek bulunmuştur. Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, bor uygulamalarına göre toprakların % azot içeriklerinin benzer olduğu gözlenmiştir. Bor uygulamalarının toprağın azot içeriğine olan etkisinin belirgin olmadığı gözlenmiştir.

Toprakların alınabilir fosfor içerikleri 15 ile 47 mg kg-1 aralığında değişmiş ve en yüksek fosfor içeriklerinin sezon başlarında olduğu ve vejetasyon boyunca fosforun tketiildiği görülmüştür. Olsen ve Dean, 1965'e göre toprakların alınabilir fosfor içeriği yeterli ile yüksek seviye aralığında değişmiştir. 2012 sezonunun başlangıcında toprakların alınabilir fosfor içeriği bor uygulamalarına göre değişim göstermiştir. B1 ve B2 uygulamalarında fosfor içeriği sırasıyla 31 ve 34 mg kg-1, B3 ve B4 uygulamalarında ise sırasıyla 41 ve 47 mg kg-1 olduğu görülmüştür. Ancak sezon sonunda toprakların fosfor içeriklerinin tüm uygulamalarda benzer seviyelere geldiği izlenmiştir.

Toprakların değişebilir katyonlarından olan potasyum, kalsiyum ve magnezyum içerikleri denemenin başlangıcından itibaren azaldığı gözlenmiş ve bu azalışların tüm bor uygulamalarında benzer olduğu hükmüne varılmıştır. Toprakların değişebilir potasyum içeriği tüm dönemlerde düşük bulunmuş ve değişebilir kalsiyum ile magnezyum içeriklerinin ise yüksekte ortaya doğru değiştiği görülmüştür.

Toprakların değişebilir sodyum içerikleri 10 ile 88 mg kg-1 aralığında değişmiş ve en yüksek sodyum içeriklerinin sezon sonlarında olduğu ve vejetasyon boyunca yükseldiği görülmüştür. Ayrıca toprakların sodyum içeriği çok düşükten orta seviyeye kadar yükseldiği belirlenmiştir. Toprakların sodyum içeriklerinin artışında bor kaynağı olarak kullanılan sodyum okta boratın etkisinin olduğu görülmüş ancak bor uygulamalarına göre toprak sodyum içeriğindeki değişimlerin benzer olduğu belirlenmiştir.

Toprakların yarayışlı demir içerikleri 3.26 ile 63.74 mg kg-1 aralığında değişmiştir. En yüksek demir içeriği B1 uygulaması hariç ikinci sezonun başlangıcında alınan toprak örneklerinden elde edilmiştir. Denemenin birinci yılında topraklarda demirin biriktiği ancak ikinci sezonda ise toprağın demir içeriğinin sömürüldüğü ve bu durumun tüm bor uygulamalarında benzer olduğu

görülmüştür. Toprakların demir içeriği yüksek seviyeden toksik seviyeye yükselse de ikinci yılın sonunda kritik seviyeye kadar düşmüştür.

Toprakların yarayışlı çinko içerikleri 0.38 ile 1.31 mg kg-1 aralığında değişmiştir. En yüksek çinko denemenin başlangıcında elde edilmiş ve vejetasyon boyunca tüketilmiştir. Denemenin birinci yılında topraklarda çinko tüketiminin zayıf olduğu gözlenirken ikinci sezonda ise daha belirgin bir tüketimin olduğu ortaya çıkmıştır. Elde edilen bulguların tüm bor uygulamalarında benzer olduğu görülmüş ve toprakların çinko içeriği yeterli seviyeden, noksan seviyeye kadar düşmüştür.

Toprakların yarayışlı mangan içerikleri 1.62 ile 31.58 mg kg-1 aralığında değişmiştir. En yüksek mangan içerikleri birinci sezon sonunda alınan toprak örneklerinden elde edilmiştir. Denemenin birinci yılında topraklarda manganın net bir biçimde biriktiği ancak ikinci sezonda ise toprakların mangan içeriğinin sömürüldüğü ve bu durumun tüm bor uygulamalarında benzer olduğu görülmüştür. Toprakların mangan içeriğinde değişimler meydana gelse de topraklarda mangan noksanlığının olmadığı belirlenmiştir.

Toprakların yarayışlı bakır içerikleri 1.23 ile 3.97 mg kg-1 aralığında değişmiştir. En yüksek bakır içeriği birinci sezonun sonunda alınan toprak örneklerinden elde edilmiştir. Denemenin birinci yılında, topraklarda bakırın biriktiği fakat ikinci yılında ise bakır içeriğinin tüketildiği ve bu durumun tüm bor uygulamalarında benzer olduğu görülmüştür. Ancak toprakların bakır içeriğinde değişimler meydana gelse de topraklarda bakır noksanlığının olmadığı görülmüştür.

Bor noksanlığı ile toksisite sınırının dar olmasından dolayı eser miktarlardaki toprak yarayışlı bor içeriğinin bitki gelişimini sınırlandırdığı bilinmektedir. Elde edilen tüm bulgular ışığında, uygulanan farklı bor dozlarının toprağın sadece yarayışlı bor içeriğini net olarak yükselttiği, diğer kimyasal özellikler üzerine etkisinin olmadığı görülmüştür. Düşük konsantrasyona sahip bor içeriğinin kısmen toprağın mikro besin elementi kapasitesini etkileyebileceği düşünülmüş fakat çıkan sonuçlar göstermiştir ki artan bor dozlarının toprağın diğer kimyasal özelliklerini etkileyemediği görülmüştür.

Çizelge 4.27. Farklı bor uygulamalarına göre, 2011 ve 2012 yıllarında analiz edilen 0-30 cm derinlikteki toprağın bazı kimyasal özellikleri

Doz	Yıl	Dönem	pH	OM	B	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Mn	Cu
B1	2011	Başlangıç	8.31	0.90	0.92	0.10	26	173	3399	255	10	18.44	1.28	5.90	2.92
	2011	Son	7.50	1.38	1.23	0.20	16	158	3071	266	51	35.16	1.31	31.58	3.89
	2012	Başlangıç	8.01	1.18	1.28	0.09	31	136	3075	201	23	27.54	0.86	5.64	3.22
	2012	Son	7.99	1.68	1.84	0.09	18	127	2502	202	75	4.53	0.41	2.79	1.23
B2	2011	Başlangıç	8.31	0.90	0.92	0.10	26	173	3399	255	10	18.44	1.28	5.90	2.92
	2011	Son	7.56	1.47	1.63	0.16	18	143	3005	261	54	35.36	1.25	30.02	3.97
	2012	Başlangıç	7.99	1.25	1.60	0.10	34	165	3174	200	15	38.24	0.95	7.08	3.38
	2012	Son	7.93	1.68	4.28	0.10	20	134	2535	192	88	4.62	0.38	2.10	1.24
B3	2011	Başlangıç	8.31	0.90	0.92	0.10	26	173	3399	255	10	18.44	1.28	5.90	2.92
	2011	Son	7.48	1.27	2.89	0.20	16	142	3021	271	57	38.16	1.13	29.92	3.96
	2012	Başlangıç	7.97	1.38	2.11	0.10	41	158	3174	232	23	42.50	0.77	6.90	3.16
	2012	Son	7.90	1.64	8.49	0.10	19	139	2491	204	82	3.26	0.40	2.07	1.27
B4	2011	Başlangıç	8.31	0.90	0.92	0.10	26	173	3399	255	10	18.44	1.28	5.90	2.92
	2011	Son	7.49	1.57	6.98	0.16	15	133	3038	269	60	31.46	1.19	30.75	3.74
	2012	Başlangıç	7.94	1.58	3.20	0.11	47	180	3174	216	19	63.74	1.01	5.86	3.10
	2012	Son	8.13	1.44	21.04	0.10	21	145	2414	185	79	3.59	0.46	1.62	1.33

OM: Organik madde; B: Bor; N: Azot; P:Fosfor; K:Potasyum; Ca: Kalsiyum; Mg: Magnezyum; Na: Sodyum; Fe: Demir; Zn: Çinko; Mn: Mangan; Cu: Bakır



Çizelge 4.28’de humik madde uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarında denemenin başlangıcında ve sonunda alınan toprak örneklerine ait bazı kimyasal analiz sonuçları verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre toprağın pH’sı 8.31-7.50 aralığında değiştiği görülmektedir. Denemenin birinci yılı başlangıcında toprakların reaksiyonu alkali karakterli, sezon sonlarında ise hafif alkali karakterli olduğu bulunmuştur. Ancak denemenin ikinci yılında toprak reaksiyonunda değişimin olmadığı ve alkali karakterli olduğu görülmüştür. Humik madde uygulamalarına göre toprak reaksiyonundaki değişimlerin benzer olduğu ortaya çıkmıştır.

Toprakların % organik madde içeriği 0.90 ile 1.66 aralığında değiştiği ve sezon sonlarında toprakların organik madde seviyesinin yükseldiği gözlenmiştir. Humik madde uygulamalarına göre toprağın % organik madde içeriğindeki değişimlerin benzer olduğu belirlenmiştir.

Toprakların yarayışlı bor içeriği 0.92 ile 9.59 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmiştir. Denemenin başlangıcından itibaren topraklarda bor birikiminin olduğu ve en yüksek seviyenin 2012 sezonunun sonunda olduğu ve toprakların yarayışlı bor içeriğinin düşükten toksige doğru değiştiği görülmüştür. H3 uygulamasında en yüksek yarayışlı bor içeriği (9.59 mg kg<sup>-1</sup>) bulunmuş ve bunu H1>H2 uygulamaları sırasıyla 9.50 ve 7.66 mg kg<sup>-1</sup> ile takip etmiştir. H2 uygulaması ile daha düşük bor birikiminin olduğu ve H1 ile H3 uygulamalarının benzer birikime neden olduğu görülmüştür.

Toprakların % azot içeriği 0.10 ile 0.19 aralığında değişmiş ve ilk sezonun sonunda yüksek bulunmuştur. Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde humik madde uygulamalarına göre toprakların % azot içeriklerinin benzer olduğu ve uygulanan humik maddenin toprağın azot içeriğine etkisinin belirgin olmadığı görülmüştür.

Toprakların alınabilir fosfor içerikleri 15 ile 44 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmiş ve en yüksek fosfor içeriklerinin sezon başlarında olduğu ve vejetasyon boyunca fosforun tüketildiği görülmüştür. Olsen ve Dean, 1965’e göre toprakların alınabilir fosfor içeriği yeterli ile yüksek seviye aralığında değişmiştir. 2012 sezonunun başlangıcında toprakların alınabilir fosfor içeriği humik madde uygulamalarına göre değişim göstermiştir. En yüksek fosfor içeriği H3 uygulamasından elde edilmiş ve bunu H2>H1 uygulamaları takip etmiştir. Ancak

sezon sonunda toprakların fosfor içerikleri tüm uygulamalarda benzer seviyelere geldiği izlenmiştir.

Toprakların değişebilir potasyum içeriği 129 ile 173 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmiş ve en yüksek seviyenin deneme başlangıcında alınan topraklardan elde edildiği görülmüştür. Denemenin birinci yılında humik madde uygulamalarına paralel olarak potasyum tüketiminin de arttığı görülmüştür. Öte yandan ikinci sezonun başlangıcında potasyum içeriğinin yine uygulamalara paralel olarak arttığı belirlenirken en yüksek tüketimin H1 uygulamasından elde edildiği bulunmuştur. Ayrıca toprakların değişebilir potasyum içeriği tüm dönemlerde düşük bulunmuştur.

Toprakların değişebilir kalsiyum içeriği 2428 ile 3399 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmiş ve en yüksek seviyenin denemenin başlangıcında alınan topraklardan elde edildiği görülmüştür. Denemenin birinci yılında humik madde uygulamalarına paralel olarak kalsiyum tüketiminin de arttığı görülmüştür. Öte yandan ikinci sezonda daha fazla kalsiyum tüketiminin olduğu belirlenmiştir. Toprak değişebilir kalsiyum içeriğinin yüksek seviyeden orta seviyeye düştüğü gözlenmiştir.

Toprakların değişebilir magnezyum içeriği 190 ile 273 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmiş ve en yüksek seviyenin denemenin birinci yılı sonunda alınan topraklardan elde edildiği görülmüştür. Denemenin birinci yılında artan humik madde uygulamalarına karşı magnezyum birikiminin arttığı belirlenmiştir. Ancak ikinci sezonda magnezyumun birikmediği aksine tüketildiği belirlenmiştir. Ayrıca toprak değişebilir magnezyum içeriğinin yüksek seviyeden orta seviyeye düştüğü gözlenmiştir.

Toprakların değişebilir sodyum içerikleri 10 ile 85 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmiş ve en yüksek sodyum içeriklerinin sezon sonlarında olduğu ve vejetasyon boyunca sodyumun biriktiği belirlenmiştir. Toprakların sodyum içeriği çok düşükten orta seviyeye kadar yükseldiği belirlenmiştir. Bor uygulaması değerlendirmesine benzer şekilde sodyum okta borat ile toprağa önemli miktarda sodyum verilmiş ve böylece toprakların değişebilir sodyum içeriği artmıştır. Ancak humik madde uygulamalarına göre toprağın sodyum içeriğinde değişimlerin olmadığı gözlenmiştir.

Toprakların yarayışlı demir içerikleri 3.88 ile 53.12 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmiştir. En yüksek demir içeriği H1 uygulaması hariç ikinci sezonun başlangıcında alınan toprak örneklerinden elde edilmiştir. Denemenin birinci yılında topraklarda demirin biriktiği ancak ikinci yılda toprağın demir içeriğinin sömürüldüğü ve bu durumun tüm humik madde uygulamalarında benzer olduğu görülmüştür. Toprakların demir içeriği yüksek seviyeden toksik seviyeye yükselse de ikinci yılın sonunda kritik seviyeye kadar düşmüştür.

Toprakların yarayışlı çinko içerikleri 0.39 ile 1.28 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmiştir. En yüksek çinko deneme başlangıcında elde edilmiş ve vejetasyon boyunca tüketilmiştir. Denemenin birinci yılında topraklarda çinko tüketiminin zayıf olduğu gözlenirken ikinci sezonda ise daha belirgin bir tüketimin olduğu görülmüştür. Elde edilen bulguların tüm humik madde uygulamalarında benzer olduğu görülmüş ve toprakların çinko içeriğinin yeterli seviyeden, noksan seviyeye kadar düştüğü gözlenmiştir.

Toprakların yarayışlı mangan içerikleri 2.05 ile 30.87 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmiştir. En yüksek mangan içerikleri birinci sezonun sonunda alınan toprak örneklerinden elde edilmiştir. Denemenin birinci yılında topraklarda manganın net bir biçimde biriktiği ancak ikinci sezonda ise toprakların mangan içeriğinin tüketildiği ve bu durumun tüm humik madde uygulamalarında benzer olduğu görülmüştür. Toprakların mangan içeriğinde değişimler meydana gelse de topraklarda mangan noksanlığının olmadığı görülmüştür.

Toprakların yarayışlı bakır içerikleri 1.22 ile 3.97 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmiştir. En yüksek bakır içeriği birinci sezonun sonunda alınan toprak örneklerinden elde edilmiştir. Denemenin birinci yılında, topraklarda bakırın biriktiği fakat ikinci yılında ise bakır içeriğinin tüketildiği ve bu durumun tüm humik madde uygulamalarında benzer olduğu görülmüştür. Toprakların bakır içeriğinde değişimler meydana gelse de topraklarda bakır noksanlığının olmadığı görülmüştür.

Elde edilen tüm sonuçlara göre humik madde uygulamaları, toprağın alınabilir fosfor ve potasyum içeriğini arttırmış, değişebilir kalsiyum ve magnezyum içeriğini ise azaltmıştır. Denemede kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri düşünüldüğünde; kireçli ve alkali karakterli toprağın bahsedilen özelliklerindeki olumlu değişim, humik maddenin toprak verimliliğini artırıcı bir

materyal olabileceğinin bir göstergesi olduğu düşünölmektedir. Bu bulguların Lotosh vd., 1991; Erdal vd., 2000; Torun, 2009 elde ettikleri sonuçlar ile benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.28. Farklı humik madde uygulamalarına göre, 2011 ve 2012 yıllarında analiz edilen 0-30 cm derinlikteki toprağın bazı kimyasal özellikleri

Doz	Yıl	Dönem	pH	OM	B	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Mn	Cu
H1	2011	Başlangıç	8.31	0.90	0.92	0.10	26	173	3399	255	10	18.44	1.28	5.90	2.92
	2011	Son	7.53	1.50	3.63	0.18	17	151	3161	273	59	35.43	1.27	30.87	3.94
	2012	Başlangıç	8.00	1.22	1.44	0.10	33	151	3125	201	19	32.89	0.91	6.36	3.30
	2012	Son	7.96	1.55	9.50	0.10	19	129	2428	190	80	4.11	0.42	2.05	1.28
H2	2011	Başlangıç	8.31	0.90	0.92	0.10	26	173	3399	255	10	18.44	1.28	5.90	2.92
	2011	Son	7.51	1.41	2.98	0.19	17	144	3017	265	52	36.05	1.18	30.34	3.89
	2012	Başlangıç	7.98	1.35	2.05	0.10	38	160	3149	212	20	43.01	0.90	6.37	3.22
	2012	Son	7.99	1.66	7.66	0.10	20	141	2543	200	85	3.88	0.39	2.13	1.22
H3	2011	Başlangıç	8.31	0.90	0.92	0.10	26	173	3399	255	10	18.44	1.28	5.90	2.92
	2011	Son	7.50	1.36	2.94	0.17	15	138	2923	262	56	33.62	1.21	30.48	3.83
	2012	Başlangıç	7.96	1.48	2.66	0.11	44	169	3174	224	21	53.12	0.89	6.38	3.13
	2012	Son	8.01	1.63	9.59	0.10	20	138	2486	197	79	4.02	0.43	2.25	1.31

OM: Organik madde; B: Bor; N: Azot; P:Fosfor; K:Potasyum; Ca: Kalsiyum; Mg: Magnezyum; Na: Sodyum; Fe: Demir; Zn: Çinko; Mn: Mangan; Cu: Bakır

#### 4.5. Pamuğun Fitoremediasyonda Kullanılabilirliği

Pamuğun fitoremediasyonda kullanılabilirliği başlığı altında, % kuru madde verimi ilkesine göre, pamuğun toprak üstü aksamaları ile topraktan kaldırılan bor miktarları ( $\text{g B da}^{-1}$ ) belirlenmiş, elde edilen bulgular ile pamuk bitkisinin bor biriktirebilme kapasitesi yıllara göre irdelenmiş ve hiperakümülatör bitki olarak kullanılabilirliği sorgulanmıştır.

Çizelge 4.29' da bitki toprak üstü aksamaları ile 2011 yılında farklı örnekleme dönemlerinde % kuru madde ilkesine uygun olarak topraktan kaldırılan bor miktarları verilmiştir. Topraktan kaldırılan bor miktarı, pamuk çıkışından hasat dönemine kadar artmış, hasat sonrası dönemde ise azalmıştır. Bor uygulamalarına göre 2011 yılında en yüksek bor veriminin hasat döneminde yaprak (B4,  $58.18 \text{ g B da}^{-1}$ ) ile elde edildiğini ve bu değeri B3 uygulamasının ( $33.52 \text{ g B da}^{-1}$ ) takip ettiği belirlenmiştir. Hasat edilen bor miktarlarına ve pamuğun toprak üstü aksamalarına göre en yüksek verim elde edilen organların yüksekten düşüğe doğru sırayla yaprak> koza> gövde> yaprak sapı şeklinde olduğu görülmüştür. Çiçeklenme döneminde kozalar ile kaldırılan bor miktarı, gövde ile kaldırılan miktardan çok daha az olduğu ancak hasat döneminde kozaların daha çok bor biriktirdiği ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4.30' da 2012 yılında topraktan kaldırılan bor miktarları verilmiştir. En yüksek hasat edilen bor miktarının önceki yılın sonuçlarına benzer şekilde hasat döneminde yapraklardan elde edildiği ancak en verimli uygulamanın B3 ( $152.30 \text{ g B da}^{-1}$ ) olduğu görülmüştür. Aynı örnekleme zamanında takip eden verimin B2 ( $99.91 \text{ g B da}^{-1}$ ) uygulamasından elde edildiği belirlenmiştir. Çiçeklenme döneminde ise en yüksek verimin B4 uygulamasından ( $130.29 \text{ g B da}^{-1}$ ) elde edildiği ve bu değeri B3 uygulamasının  $71.68 \text{ g B da}^{-1}$  değeri ile takip ettiğini belirtmenin yararlı olacağı görülmüştür. Çünkü B4 uygulaması ile çiçeklenme döneminde yüksek verim alınırken hasat döneminde bu potansiyel azalmıştır. Bu durumun sebebi olarak bitki büyümesinin durması, tüm yaprakların hemen hemen dökülmesi ile açıklanabilir. Hasat edilen bor miktarlarına ve pamuğun toprak üstü aksamalarına göre, en yüksek verimin yüksekten düşüğe doğru sırayla yaprak> koza> gövde> yaprak sapı organları ile alındığı ortaya çıkarılmıştır. Önceki yıldan farklı olarak kozaların performansı çiçeklenme döneminde görülmeye başlamıştır. Ayrıca hasat döneminde yaprak sonuçlarına benzer şekilde kozalar açısından en yüksek verim B3 uygulaması ile alınmıştır.

Çizelge 4.29. Farklı bor uygulamaları ve örneklem dönemlerine göre, bitki toprak üstü aksamalarına ile topraktan kaldırılan bor miktarları (2011; g B da<sup>-1</sup>)

	TÖ		T			Ç				H				HS			
	Y	G	Y	G	YS	Y	G	YS	TA	Y	G	YS	KO	Y	G	YS	KO
B1	0.31	0.05	2.85	0.89	0.57	11.74	3.52	0.56	2.30	19.54	2.17	0.57	14.02	10.72	3.21	0.35	5.15
B2	0.30	0.05	2.65	0.58	0.50	11.85	3.10	0.56	2.98	19.94	2.52	0.58	14.27	11.46	3.22	0.38	5.92
B3	0.33	0.05	3.24	0.61	0.80	13.59	3.78	0.50	1.40	33.52	2.28	0.66	16.44	12.46	3.32	0.36	6.20
B4	0.28	0.05	3.50	0.51	0.56	15.33	5.63	0.79	1.82	58.18	2.96	0.55	28.02	12.33	3.57	0.36	9.18
Ort.	0.30	0.05	3.08	0.67	0.61	13.26	4.02	0.60	2.36	40.43	2.52	0.64	18.83	12.74	3.36	0.37	6.87

TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası; Y: Yaprak; G: Gövde; YS: Yaprak sapı; TA: Tarak; KO: Koza

Çizelge 4.30. Farklı bor uygulamaları ve örneklem dönemlerine göre, bitki toprak üstü aksamalarına ile topraktan kaldırılan bor miktarları (2012; g B da<sup>-1</sup>)

	TÖ		T			Ç				H				HS			
	Y	G	Y	G	YS	Y	G	YS	TA	Y	G	YS	KO	Y	G	YS	KO
B1	0.96	0.47	4.41	1.71	0.33	16.14	2.72	0.47	2.82	53.02	10.83	1.86	16.64	11.59	3.84	0.33	3.37
B2	0.69	0.35	5.56	2.10	0.34	29.65	3.30	0.62	8.39	99.91	10.63	1.87	24.66	18.96	3.71	0.29	2.90
B3	1.01	0.44	13.60	2.79	0.38	71.68	3.86	0.73	11.29	152.30	11.80	1.34	34.42	11.27	3.50	0.32	5.16
B4	3.48	0.48	38.01	3.21	0.54	130.29	7.41	1.07	23.93	83.18	13.23	1.23	25.23	6.68	7.04	0.35	8.20
Ort.	1.66	0.44	16.31	2.49	0.41	72.89	4.94	0.94	17.10	130.05	12.13	1.83	32.80	11.95	4.72	0.34	5.99

TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası; Y: Yaprak; G: Gövde; YS: Yaprak sapı; TA: Tarak; KO: Koza

Çizelge 4.31' de denemenin yürütüldüğü 2011 ve 2012 yılları farklı örnekleme dönemlerinde topraktan kaldırılan bor miktarları verilmiştir. Bu çizelgede bitki toprak üstü aksamalarının bor biriktirme kabiliyeti ve potansiyeli incelenmiştir. 2011 yılında topraktan kaldırılan bor miktarı kümülatif ortalamaya göre 20.13 g B da<sup>-1</sup> olmuştur. En yüksek verimin B4 uygulamasından (89.72 g B da<sup>-1</sup>) hasat döneminde elde edildiği ve bunu aynı dönemde B3 uygulamasının (52.90 g B da<sup>-1</sup>) takip ettiği görülmektedir. Hasat sonrası dönemde bor uygulamasının kesilmesi ve yağışların da etkisiyle topraktan kaldırılan bor miktarının düştüğü görülmüştür. Sonuçta artan bor uygulamalarına bağlı olarak topraktan kaldırılan bor miktarları artmıştır.

Çizelge 4.31. Farklı bor uygulamalarına göre, 2011 ve 2012 yıllarında bitki toprak üstü aksamaları ile topraktan kaldırılan bor miktarları (g B da<sup>-1</sup>)

	2011					2012				
	TÖ	T	Ç	H	HS	TÖ	T	Ç	H	HS
B1	0.36	4.32	18.12	36.30	19.44	1.44	6.45	22.15	82.35	19.13
B2	0.34	3.74	18.49	37.31	20.98	1.04	8.00	41.97	137.07	25.86
B3	0.38	4.66	19.28	52.90	22.33	1.45	16.76	87.56	199.86	20.26
B4	0.32	4.58	23.57	89.72	25.44	3.96	41.75	162.70	122.88	22.26
Ort	0.35	4.32	19.86	54.06	22.05	1.97	18.24	78.60	135.54	21.88

TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası

2012 yılında ortamdaki kaldırılan bor miktarı kümülatif ortalamaya göre 51.24 g B da<sup>-1</sup> bulunmuştur. Bir önceki yıla göre kaldırılan bor miktarının 2.54 kat arttığı belirlenmiştir. En yüksek topraktan kaldırılan bor miktarı hasat döneminde B3 uygulamasından (199.86 g B da<sup>-1</sup>) elde edilmiş ve bunu çiçeklenme döneminde B4 uygulaması (162.70 g B da<sup>-1</sup>) takip etmiştir. Denemenin birinci yılına benzer şekilde hasat sonrası dönemde benzer sebeplerle bor veriminin düştüğü görülmüştür. Sonuçta artan bor uygulamalarına bağlı olarak topraktan kaldırılan bor miktarları artmıştır (Çizelge 4.31).

Bütün ortaya çıkarılan bulgular ışığında pamuk bitkisinin, özellikle yaprakları aracılığıyla bor biriktirebildiği görülmüştür. 2012 yılı hasat dönemine göre en yüksek bor verimi B3 (199.86 g B da<sup>-1</sup>) uygulamasından elde edilmiştir. Malavolta, 1987 yılında yaptığı bir çalışmada pamuğun tüm vejetasyon boyunca 32 g B da<sup>-1</sup> kaldırdığını bildirmiştir. Bu kapsamda bu çalışma ile Malavolta, 1987 bulduğu 32 g B da<sup>-1</sup> değerinden B3 ve B4 olmak üzere sırasıyla 6.25 ve 3.84 kat topraktan daha fazla bor sömürüldüğü ortaya çıkmıştır. Pamuk bitkisinin bor



biriktirebilme kapasitesi üzerine düşünülduğünde normal şartlarda pamuk için yeterli bor içeriğinin yapraklarda 20-80 mg B kg<sup>-1</sup> aralığında değiştiği bildirilmiştir (Anonim, 2013c). Bu çalışmada en yüksek bor seviyesinin B4 uygulaması ile 2048 mg B kg<sup>-1</sup> olarak elde edildiği düşünülduğünde, belirtilen yeterlilik seviyesinden 25.6 - 102.4 kat daha fazla bor biriktirdiği tespit edilmiştir. Cassman (1993) pamuk yaprağının nekrotik alanlarında 2700-6400 mg B kg<sup>-1</sup> bor içerebileceğini bildirmiş ve araştırmacının belirttiği sonuç ile elde edilen bulguların paralellik gösterdiği ortaya çıkmıştır.

Denemenin ilk yılında, B3, B4 uygulamaları ile sezon boyunca toprağa sırasıyla 2.63 ve 7.90 kg B da<sup>-1</sup> bor verilmiş ve aynı yılın hasat döneminde, bitki toprak üstü aksamlarıyla hasat edilen toplam bor miktarlarının sırasıyla 0.053 ve 0.090 kg B da<sup>-1</sup> olduğu ve ortalama verimin 0.072 kg B da<sup>-1</sup> çıktığı belirlenmiştir. Bu duruma göre, farklı bor uygulamaları ile toprağa verilen bor miktarlarının sırasıyla  $\frac{1}{50}$  ve  $\frac{1}{88}$  oranında bitki tarafından alındığı ve ortalama bitki fitoremediasyon potansiyelinin  $\frac{1}{69}$  olduğu görülmüştür. İkinci yılda B3 ve B4 uygulamaları ile sezon boyunca toprağa sırasıyla 2.98 ve 8.95 kg B da<sup>-1</sup> bor verilmiş ve aynı yılın hasat döneminde, bitki toprak üstü aksamlarıyla hasat edilen toplam bor miktarlarının sırasıyla 0.200 ve 0.123 kg B da<sup>-1</sup> olduğu ve ortalama verimin 0.162 kg B da<sup>-1</sup> çıktığı belirlenmiştir. Bu duruma göre, farklı bor uygulamaları ile toprağa verilen bor miktarlarının sırasıyla  $\frac{1}{15}$  ve  $\frac{1}{73}$  oranında bitki tarafından hasat edildiği ve ortalama bitki fitoremediasyon potansiyelinin  $\frac{1}{44}$  olduğu görülmüştür. İki yıllık çalışma sonucunda pamuğun fitoremediasyon kapasitesinin 0.23 kg B da<sup>-1</sup> ve fitoremediasyon potansiyelinin  $\frac{1}{57}$  olduğu, ikinci yıl pamuk fitoremediasyon kapasitesinin ilk yıla göre arttığı ancak bor toksisitesi (B4) şiddetlendikçe azaldığı görülmüştür.

En yüksek bor uygulamasında fitoremediasyon veriminin düşmesinin en temel nedeni bitki büyümesinin durması, hemen hemen tüm yapraklarının dökülmesi ve bitkinin ölme noktasına gelmesidir.

Çalışma ile toprakta bor toksisitesi yaratılmış ve toprağa sulama suyu ile verilen bor bir takım kimyasal reaksiyonlardan geçerek toprak içinde dengeye ulaşmıştır. Toprakların (0-30 cm toprak katmanı 498 ton da<sup>-1</sup>) çalışma sonundaki (2012 sonu) yarayışlı bor içeriklerine (B3: 4.23 ve B4: 10.48 kg B da<sup>-1</sup>) ve pamuğun ortalama fitoremediasyon kapasitesine (0.23 kg B da<sup>-1</sup>) göre hesaplama yapıldığında;

toprağa verilen borun sırasıyla 18.39 ve 45.57 yılda temizlenebileceği ortaya çıkmıştır. Elde edilen bulgulara göre pamuğun bor toksisitesinin ıslahında kullanılabilirliği mümkündür ancak ıslah süresini daha da kısaltmak için bora toleranslı çeşitlerin ıslahına veya bölgeye adaptasyonuna ihtiyaç duyulacaktır. Öte yandan bor toksisitesinin ıslahı için bölgesel çapta endemik hiperakümülatör bitkilerin aranmasına ya da bölge dışından getirilen bitkilerin adapte edilmesi gereklidir. Bor gibi toprak kirleticilerinin fitoremediasyon yöntemiyle bir veya birkaç sezonda temizlenmesinin zor olduğu yapılan bu çalışma ile ortaya çıkmıştır. Elde edilen bulguların Kumar vd., 1995; Blaylock ve Huang, 2000 belirttiği fitoremediasyon ile ıslah sürecinin normal şartlarda 1-20 yıldır sonucuyla benzerlik taşıdığı görülmektedir.

Humik madde uygulamalarının pamuğun fitoremediasyon kapasitesi üzerine belirgin bir etkisinin olmadığı, artan humik madde dozlarına karşılık dalgalı bir sonuç alındığı görülmüş ve bu sebeple değerlendirmeye alınmamıştır. Elde edilen bulguların Turan ve Angin, 2004; Angin vd., 2008 elde ettikleri sonuçlarla çeliştiği görülmüştür. Araştırmacıların yaptıkları çalışmada humik madde uygulamalarının bitki fitoremediasyon kapasitesi üzerine olumlu etki yaratacağını ve böylece topraktan daha çok borun sömürüleceğini belirtmişlerdir.

## 5. SONUÇ

2011 ve 2012 yıllarında Adnan Menderes Üniversitesi Uygulama Çiftliğinde yapılan bu çalışmada farklı bor içeriklerine sahip sulama suları ile farklı seviyelerdeki humik maddenin pamuk bitkisinin gelişimi, besin elementi içerikleri, besin elementleri alımı, verim verim unsurları, lif kalite özellikleri üzerine etkileri saptanmıştır. Ayrıca bor ve humik madde uygulamalarının topraktaki besin elementi dengesi üzerine etkileri ile pamuğun fitoremediasyonda kullanılabilme potansiyeli irdelenmiştir.

İki yıllık çalışma sonucunda yaratılan bor toksisitesinin verim verim unsurları, bazı lif kalite özellikleri, bitki besin elementi içerikleri ve toprağın besin elementi dengesi üzerine etkisi aşağıdaki gibidir.

Çalışma, iki yıl üst üste aynı koordinatlarda çakılı olarak kurulmuş olması ve toprakta bor yıkanmasının sınırlı oluşu nedeniyle gözlemi yapılan tüm parametrelerde bor toksisitesinin etkisi ikinci yılda daha net olmuştur.

Sulama suyundanki B konsantrasyonunun yüksek düzeylere ulaşması pamuk kütlü verimini azaltmıştır. Denemenin ilk yılında B1' e göre B2 de % 5.34, B3 de % 9.47 ve B4 de % 13.75 oranında azalış görülmüştür. İkinci yılda topraktaki bakiye borun etkisiyle B3 ve özellikle B4 uygulamasının negatif etkisi ilk yıla oranla çok daha şiddetli olmuş verimdeki azalmalar daha büyük boyutlara ulaşmış ve B1' e göre B2 de % -2.66, B3 de % 17.93 ve B4 de % 73.32 oranında azalış görülmüştür. En yüksek verim, ilk yılda B1, ikinci yılda ise B2 uygulaması ile elde edilmiştir. Ancak her iki yılda da B1 ve B2 uygulamaları istatistiki bakımdan aynı grupta yer almıştır. Pamuğun sulama suyundaki bora dayanım sınırının B2 ile B3 uygulaması arasında kaldığı görülmüştür.

Kütlü verimini etkileyen bir unsur olan koza sayısının artan bor konsantrasyonlarından etkilendiği ve azaldığı görülmüştür. Denemenin ilk yılında B1' e göre B2 de % -9.03, B3 de % 0.65 ve B4 de % 9.94 oranında azalış görülmüştür. İkinci yılda ilk yıla göre topraktaki bakiye borun etkisiyle bor toksisite şiddeti artmış, B3 ve özellikle B4 uygulamalarında koza sayısında ciddi azalmalar olmuş ve B1' e göre B2 de % 6.89, B3 de % 22.22 ve B4 de % 65.84 oranında azalış görülmüştür. En yüksek koza sayısı ilk yılda B2, ikinci yılda ise B1 uygulaması ile elde edilmiştir. Ancak her iki yılda da B1 ve B2 uygulamaları

istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Benzer şekilde pamuğun sulama suyu bor içeriğine olan tolerans sınırının B2 ile B3 uygulaması arasında kaldığı görülmüştür.

Sulama suyundaki artan bor içeriklerinin bitki boyu üzerine negatif etkisinin olduğu görülmüş bor konsantrasyonu arttıkça bitki boyunun azaldığı saptanmıştır. Denemenin ilk yılında B1' e göre B2 de % 0.89, B3 de % 5.77 ve B4 de % 8.16 oranında azalış görülmüştür. İkinci yılda topraktaki bakiye borun etkisiyle beraber B3 ve özellikle B4 uygulamalarında bitki boyunda azalmalar olmuş ve B1' e göre B2 de % 2.17, B3 de % 6.02 ve B4 de % 14.64 oranında azalış görülmüştür. Her iki yılda da en yüksek bitki boyunun B1 uygulamasından elde edildiği belirlenmiş fakat B1 ile B2 uygulamalarının istatistiki bakımdan aynı grupta yer aldığı görülmüştür. Sonuçta yüksek bor uygulaması (B4) bitkiyi ölme derecesine getirmişse de bitki boyundaki maksimum değişim % 15' i geçmemiştir.

Toplam biyokütle veriminin hasat dönemine kadar her iki yılda da arttığı ve hasat sonraki dönemde ise azaldığı belirlenmiştir. Ortaya çıkan bor toksisitesinin biyokütle verimini azalttığı ve denemenin ikinci yılında ilk yıla oranla toksisite şiddetinin B3 ve B4 uygulamalarında oldukça arttığı belirlenmiştir. 2011 yılı hasat döneminde B1' e göre B2 de % -4.47, B3 de % 3.37 ve B4 de % 21.29 oranında azalış görülmüş ve sadece B4 uygulamasının istatistiksel açıdan diğer uygulamalardan farklı grupta yer aldığı ve biyokütle verimini azalttığı görülmüştür. 2012 yılında ise B1' e göre B2 de % 0.14, B3 de % 22.33 ve B4 de % 60.05 oranında azalış görülmüş ve B2, B3, B4 uygulamalarının biyokütle verimini azalttığı ve tüm uygulama konularının istatistiksel açıdan farklı gruplarda yer aldığı bulunmuştur. Denemenin ilk yılı hasat döneminde en yüksek toplam biyokütle verimi B2, ikinci yılda ise B1 uygulamasından elde edilmiştir.

Verim, verim unsurları üzerine bor toksisitesinin etkisi her iki yılda farklı olmuştur. Çalışmanın ilk yılında toksisite şiddeti B4 uygulaması ile sınırlı olmuş, ikinci yılda ise incelenen özelliklerden bitki boyu haricindeki diğer parametrelerde toksisite şiddetinin çok daha yükseldiği ve toksisitenin B3 ve özellikle B4 uygulamasında görüldüğü belirlenmiştir. İkinci yılda bor toksisitesinden en çok etkilenen özelliğin kütlü verimi olduğu ve bunu koza sayısı, toplam biyokütle verimi ile bitki boyunun takip ettiği belirlenmiştir.

Bor uygulamalarının, lif uzunluğu üzerine etkisi incelendiğinde, denemenin her iki yılında da istatistiksel bakımdan önemli bir değişimin olmadığı belirlenmiştir.

Bor uygulamalarının lif inceliği üzerine etkisi incelendiğinde, denemenin ilk yılında istatistiksel bakımdan önemli bir değişimin olmadığı, ikinci yılda ise bor toksisitesinin lif inceliğini azalttığı belirlenmiştir. İkinci yılda lif inceliğindeki değişimler B1' e göre B2 de % -1.09, B3 de % 1.25 ve B4 de % 7.74 oranında azalış görülmüş ve en iyi skor B2 (4.94 mic) uygulamasından elde edilmiştir. Sonuçta B4 uygulaması hariç diğer uygulamaların istatistiki bakımdan aynı grupta yer aldığı görülmüştür.

Bor uygulamalarının lif dayanıklılığı üzerine etkisi değerlendirildiğinde, denemenin ilk yılında istatistiksel bakımdan önemli bir değişimin olmadığı, ikinci yılda ise bor toksisitesinin lif dayanıklılığını azalttığı belirlenmiştir. İkinci yılda lif dayanıklılığındaki değişimler B1' e göre B2 de % 0.59, B3 de % 1.69 ve B4 de % 6.15 oranında azalış görülmüş ve en iyi sonuç B1 (33.64 g/tex) uygulamasından alınmıştır. Sonuçta B4 uygulaması hariç diğer uygulamaların istatistiksel açıdan aynı grupta yer aldığı görülmüştür.

Bor uygulamalarının çırçır randımanı üzerine etkisi incelendiğinde, denemenin ilk yılında istatistiksel açıdan önemli bir değişimin olmadığı, ikinci yılda ise bor toksisitesinin çırçır randımanını azalttığı belirlenmiştir. İkinci yıldaki çırçır randımanı değerleri B1' e göre B2 de % -0.93, B3 de % 1.74 ve B4 de % 4.36 oranında azalmış ve en iyi randımanın B2 (% 40.08) uygulamasından elde edildiği görülmüştür. Sonuçta B1 ve B2 uygulamasının istatistiksel açıdan aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir.

Lif kalite özellikleri üzerine bor toksisitesi şiddetinin, verim verim unsurlarından farklı olarak yoğun olmadığı görülmüştür. İlk yılda toksisite etkisinin istatistiki bakımdan önemsiz olduğu, ikinci yılda ise topraktaki bakiye bor ile sulama suyundaki borun bileşik etkisiyle istatistiksel açıdan önemli sonuçlar elde edilmiştir. İncelenen parametrelere göre bor toksisitesinden en çok etkilenen özelliğin lif inceliği olduğu ve bunu lif dayanıklılığı, çırçır randımanı ve lif uzunluğu takip etmiştir.

Çalışma sonucunda yaratılan bor toksisitesinin bitki besin elementi içerikleri üzerine etkisi değerlendirildiğinde; ortaya çıkan bor toksisitesinin, bitkilerin bor

içeriğini arttırdığı belirlenmiştir. Bor uygulamaları ile birlikte bitki bor içeriği hasat dönemine kadar artmış ve hasat sonrası dönemde ise azalmıştır. 2011 yılı hasat döneminde en yüksek bor içeriği yapraklarda ve B4 (1020 mg B l<sup>-1</sup>) ile 2012 yılında ise çiçeklenme döneminde yapraklarda ve benzer şekilde B4 uygulaması (2048 mg B l<sup>-1</sup>) ile elde edilmiştir. 2011 yılı hasat döneminde yaprakların bor içerikleri, B1' e göre B2 de % 1.45, B3 de % 79.10 ve B4 de % 468.56 oranında artmış ve B1 ile B2 uygulamasının istatistiksel açıdan aynı grupta, B3 ile B4 farklı gruplarda yer aldığı belirlenmiştir. 2012 yılı çiçeklenme döneminde yaprakların bor içerikleri, B1' e göre B2 de % 79.46, B3 de % 423.29 ve B4 de % 1152.08 oranında artmış ve tüm uygulamaların farklı gruplarda yer aldığı belirlenmiştir. Topraktaki bakiye borun etkisiyle beraber birinci yıla göre ikinci yılda toksisitenin şiddetlendiği B2, B3 ve özellikle B4 uygulamasında bitkinin ölme noktasına geldiği görülmüştür. Ancak bor toksisite belirtileri denemenin ilk yılı çiçeklenme döneminde sadece B4, ikinci yılda ise çıkıştan itibaren B4, çiçeklenme döneminden itibaren B3 uygulamasında görülmüştür. Organlara göre bor dağılımı sonuçları birinci yılda yaprak> yaprak sapı> koza> kök> gövde şeklindedir. Ancak denemenin ilk yılına oranla ikinci yılda generatif organlarda bor birikiminin olduğu (2011 yılı B4 68; 2012 yılı B4 659 mg B l<sup>-1</sup>) ve içeriklere göre organ sıralamasının yaprak> koza> yaprak sapı> gövde> kök şeklinde değiştiği belirlenmiştir.

Diğer bitki besin elementi içerikleri değerlendirildiğinde artan bor uygulamaları sonucunda, denemenin ilk yılında bitki N, P, K, Cu içeriğinin azaldığı, Mg ve Fe içeriğinin arttığı ve Ca, Mn, Zn içeriğinde değişim olmadığı belirlenmiştir. İkinci yılda ise N, P, Mg, Fe ve Cu içerikleri artmış, K içeriği azalmış ve Ca, Mn ve Zn içeriklerinin değişmediği bulunmuştur. Her ne kadar bazı organ ve dönemlerde istatistiksel açıdan önemli farklar elde edilse de genel manada net bir ayrımın olmadığı tespit edilmiştir. Öte yandan en yüksek N ve Mn içeriği her iki yılda da yapraklarda, P ve Zn içeriği 2011 de yaprak, 2012 de gövde, K, Ca ve Mg içeriği her iki yılda da yaprak sapında, Fe içeriği her iki yılda da kökte ve Cu içeriği her iki yılda gövdede bulunmuştur. Ayrıca en yüksek N, P, K ve Ca içeriği her iki yılda da taraklanma döneminde bulunmuş ve hasada doğru azalmıştır. En yüksek Mg içeriği her iki yılda hasat döneminde, Fe içeriği ilk yılda çıkıştan itibaren gittikçe artarak hasat sonunda, ikinci yılda ise taraklanma döneminde bulunmuş sonra dalgalı seyir izlemiştir. Mn içeriği ilk yılda azalarak devam etmiş, ikinci yılda taraklanma döneminde pik yaparak dalgalı seyirle devam etmiştir. Zn ve Cu

içeriği ilk yılda hasada kadar azalmış sonra artmış, ikinci yılda ise taraklanma döneminde en yüksek seviyeye ulaşmış sonrasında ise dalgalı seyie izlemiştir.

Toprak besin elementi dengesi üzerine ortaya çıkan bor toksisitesinin, her iki yılda sadece toprağın yarayışlı bor içeriğini etkilediği (arttırmıştır) ve diğer besin elementleri üzerine değişiklik yaratmadığı belirlenmiştir. İlk yılın sonunda bor uygulamala parsellerinde toprak yarayışlı bor seviyesi B1 de yeterli, B2 ve B3 uygulamalarında yüksek, B4 de ise toksik seviyede bulunmuştur. İkinci yılın sonunda, B1 ve B2 uygulamaları ile toprakların yarayışlı bor içeriğinin yüksek seviyeye ulaştığı, B3 ve B4 uygulamaları sonucunda ise toksik seviyeye çıktığı belirlenmiştir.

İki yıllık çalışma sonucunda toprağa uygulanan humik maddenin, verim verim unsurları, bitki besin elementi içerikleri, toprağın besin elementi dengesi, bazı lif kalite özellikleri üzerine etkisi aşağıda verilmiştir.

Toprağa humik madde uygulamalarının, kütlü verimi, koza sayısı ve toplam biyokütle verimi üzerine etkisi incelendiğinde, denemenin her iki yılında da istatistiksel açıdan önemli bir değişimin olmadığı ve böylece humik maddenin kütlü verimi, koza sayısı ve toplam kuru madde verimini etkilemediği belirlenmiştir.

Bitki boyu üzerine humik madde uygulamalarının etkisi incelendiğinde, denemenin ilk yılında istatistiksel açıdan önemli bir değişimin olmadığı, ikinci yılda ise H3 (77.50 cm) uygulamasının bitki boyunu arttırdığı belirlenmiştir. Ayrıca H3 uygulaması istatistiki bakımdan H1 ve H2' ye göre farklı grupta yer almıştır.

Toprağa uygulanan humik maddenin lif uzunluğu, inceliği ve çırçır randımanı üzerine etkisi incelendiğinde, denemenin her iki yılında istatistiksel açıdan önemli bir değişimin olmadığı ve sonuçta humik maddenin lif uzunluğunu, inceliğini ve çırçır randımanını etkilemediği belirlenmiştir.

Lif dayanıklılığı üzerine humik madde uygulamalarının etkisi incelendiğinde, denemenin ilk yılında istatistiksel açıdan önemli bir değişimin olmadığı, ikinci yılda ise önemli değişimler olduğu ve yüksek seviye humik madde uygulamasının lif dayanımını arttırdığı bulunmuştur. En yüksek lif dayanıklılığı değeri H3 (33.47 g/tex) uygulamasının elde edilmiş ancak H2 uygulamasının kontrole göre lif

dayanıklılığını azaltmıştır. Ayrıca H3 ile H1 uygulamaları istatistiksel bakımdan aynı grupta yer almıştır.

Denemenin her iki yılında toprağa uygulanan humik maddenin bitki bor içerikleri üzerine istatistiksel açıdan önemli bir etki yaratmadığı belirlenmiştir. Öte yandan diğer bitki besin elementleri üzerine etkisi değerlendirildiğinde, çalışmanın her iki yılında, bazı örnekleme dönemleri ve bazı organlarda istatistiksel açıdan önemli farklılık bulunmuştur. Ancak genel sonuçlardaki dalgalanma nedeniyle humik madde uygulamalarının bitki N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu içerikleri üzerinde belirgin etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Denemenin ilk yılının tamamlanmasıyla topraktaki P, K, Ca ve Zn konsantrasyonlarının sömürüldüğü, B, N, Mg, Na, Fe, Mn, Cu ise arttığı belirlenmiştir. Humik madde uygulamaları etkisinin ikinci sezon başlangıcında toprağın alınabilir fosfor ve potasyum içeriğini arttırarak, değişebilir kalsiyum ve magnezyum içeriğini ise azaltarak gösterdiği belirlenmiştir. Çıkan sonuçlara göre iki yıllık çalışma ile toprakta beklenen bakiye etkinin yansımadağı görülmüş, humik maddenin olumlu etkisinin çok net olmadığı belirlenmiştir.

İki yıllık çalışma sonucunda uygulanan farklı bor dozları ile farklı humik madde dozlarının, verim verim unsurları, bitki besin elementi içerikleri, toprağın besin elementi dengesi, bazı lif kalite özellikleri üzerine birleşik etkisi belirlenmiştir. Çıkan sonuçlara göre denemenin ilk yılında sadece bitki N içeriğinin bazı dönem ve organlarda istatistiksel açıdan önemli farklar olduğu bulunmuştur. İkinci yılda kütlü verimi, koza sayısı, bitki boyu ve lif dayanıklılığı dışında incelenen diğer özelliklerin interaksiyondan etkilendiği belirlenmiştir. Ancak sonuçların dalgalı seyir izlemesi ve besin elementi içeriklerine göre bazı dönemlerde ve organlarda interaksiyonun önemli bulunması nedeniyle bor x humik madde interaksiyonu etkisinin belirsiz olduğu hükmüne varılmıştır.

Çalışma sonucunda pamuk bitkisinin, özellikle yaprakları aracılığıyla bor biriktirebildiği görülmüştür. Pamuk bitkisinin olması gereken kritik seviyeden (20-80 mg B kg<sup>-1</sup>) yaklaşık olarak 25.6 - 102.4 kat daha fazla bor biriktirdiği tespit edilmiştir. Çalışmanın ilk yılında B3 ve B4 uygulamaları ile sezon boyunca toprağa sırasıyla 2.63 ve 7.90 kg B da<sup>-1</sup> bor verilmiş ve aynı yılın hasat döneminde, bitki toprak üstü aksamlarıyla hasat edilen toplam bor miktarlarının sırasıyla 0.053 ve 0.090 kg B da<sup>-1</sup> olduğu ve ortalama verimin 0.072 kg B da<sup>-1</sup>



çıktığı belirlenmiştir. Bu duruma göre, farklı bor uygulamaları ile toprağa verilen bor miktarlarının sırasıyla  $\frac{1}{50}$  ve  $\frac{1}{88}$  oranında bitki tarafından hasat edildiği ve ortalama bitki fitoremediasyon potansiyelinin  $\frac{1}{69}$  olduğu görülmüştür. 2012 yılında B3 ve B4 uygulamaları ile toprağa sırasıyla 2.98 ve 8.95 kg B da<sup>-1</sup> bor verilmiş, hasat döneminde, bitki tarafından hasat edilen toplam bor miktarlarının sırasıyla 0.200 ve 0.123 kg B da<sup>-1</sup> olduğu ve ortalama verimin 0.162 kg B da<sup>-1</sup> çıktığı belirlenmiştir. Bu duruma göre, farklı bor uygulamaları ile toprağa verilen bor miktarlarının sırasıyla  $\frac{1}{15}$  ve  $\frac{1}{73}$  oranında bitki tarafından hasat edildiği ve ortalama bitki fitoremediasyon potansiyelinin  $\frac{1}{44}$  olduğu görülmüştür. İki yıllık çalışma sonucunda pamuğun fitoremediasyon kapasitesinin 0.23 kg B da<sup>-1</sup> ve fitoremediasyon potansiyelinin  $\frac{1}{57}$  olduğu, ikinci yıl pamuk fitoremediasyon kapasitesinin ilk yıla göre arttığı ancak bor toksisitesi (B4) şiddetlendikçe azaldığı görülmüştür. 2012 yılı sonunda alınan topraktaki yarayıslı bor içeriklerine göre fitoremediasyon kapasitesi hesaplandığında, verilen borun (B3 ve B4) sırasıyla 18.39 ve 45.57 yılda temizlenebileceği ortaya çıkmıştır. Elde edilen sonuçlara göre pamuğun, toprak bor toksisitesini giderebileceği belirlenmiş ancak pamuk çeşitleri bazında araştırma yapmaya ve bor tolerant çeşitlerin gelişmesi ve adaptasyonu hakkında yeni çalışmalara ihtiyaç duyulacaktır. Humik madde uygulamalarının pamuğun fitoremediasyon kapasitesi üzerine belirgin bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Sonuçta bor toksisitesi, kütlü verimi, koza sayısı, bitki boyu, toplam biyokütle verimi, lif inceliği, lif dayanıklılığı, çırçır randımanı ve bitki K içeriğini değerlerini azaltmış, bitki B, N, P, Mg, Fe, Cu içeriklerini ve toprak yarayıslı B içeriğini arttırmıştır. Ancak bor toksisitesinin bitki Ca, Mn, Zn içerikleri, lif uzunluğu ile toprağın bor haricinde bahsedilen diğer besin elementleri içeriklerini etkilemediği bulunmuştur. Verim verim unsurlarına göre sulama suyu bor konsantrasyonunun 0.6-1.8 mg B l<sup>-1</sup> arasında olmasının sonuçları etkilemeyeceği görülmüştür. Ayrıca pamuğun sulama suyu bor konsantrasyonuna dayanım sınırının 1.8-5.4 mg B l<sup>-1</sup> arasında olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak humik maddenin bitki gelişimine, bitki besin elementi içeriklerine, bazı lif kalite parametreleri üzerine belirgin etkisinin olmadığı görülmüştür.

Humik madde sonuçlarına benzer şekilde bor x humik madde interaksyonunun etkinliği belirlenememiştir.

Bu çalışma, her yeni gün tarımsal amaçlı izinli ya da izinsiz olarak açılan kuyuların ve jeotermal tesislerin atıklarından etkilenen bölge topraklarında giderek artan bor toksisitesi sorununa karşı somut bir veri oluşturmak amacıyla yapılmıştır. Bölgenin ana ürünlerinden biri olan pamuğun, giderek yükselen toprak bor seviyeleri ile sulama suyu konsantrasyonlarında kullanılabilirliği ve pamuk ile fitoremediasyon tekniğinin kullanım olasılığı ve getireceği yararlar tartışılmıştır. Pamuk bitkisini, sulama suyu bor konsantrasyonunun 0.6-1.8 mg B l<sup>-1</sup> arasında olmasının önemli oranda etkilemeyeceği ve toprakta yüksek miktarlardaki boru özellikle yapraklarında ve generatif organlarında biriktirebilmesi fitoremediasyon için kullanılabilirliğini ve bölge için önemini göstermiştir. Ancak gerçek manada fitoremediasyon tekniğinden faydalanmak adına, pratikte toprak üzerine düşen, dökülen ya da kalan artık organların temizlenmesi gerekmektedir. Bölgedeki sulama suyu bor konsantrasyonlarının arttığı bir durumda pamuğun kullanımının hala mümkün olduğu ve bölge şartlarındaki ekim oranlarının düşmesine neden olan mısır bitkisine karşı yeniden rekabet edebilme potansiyelinin olduğu görülmüştür. Bu çalışmadan sonraki süreçte, farklı lokasyonlarda ve konuyla ilgili özellikle B2 ve B3 dozları arasındaki toksik seviyenin belirlenmesi için daha çok veriye ihtiyaç olduğu, yeni pamuk çeşitlerinin bora karşı daha mukavim hale getirilmesi ya da bölgeye adapte edilmesi konularında yeni çalışmalar planlanması gerekmektedir. Humik madde performansının bu çalışmada görülmemiş olması nedeniyle farklı kaynak ve ekstraksiyon metodları ile elde edilmiş ya da daha yoğun miktarlarda kullanımı ile humik maddelerin bor toksisitesine karşı kullanımı ve fitoremediasyon potansiyeli yeniden sorgulanmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Adani, F., Genevini, DP., Zaccheo, G. 1988. The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. **Journal of Plant Nutrition**, 21: 561-575.
- Ahmed, N., Abid, M., Rashid A. 2010. Zinc fertilization impact on irrigated cotton grown in an aridisol: growth, productivity, fiber quality, and oil quality. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 41: 1627-1643.
- Ahmed, N., Abid, M., Ahmad, F. 2008. Boron toxicity in irrigated cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Pakistan Journal of Botany**, 40: 2443-2452.
- Akıncı, Ş. 2011. Hümik asitler, bitki büyümesi ve besleyici alımı. **Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, 23: 46-56.
- Alpaslan, M., Güneş, A. 2001. Interactive effects of boron and salinity stress on the growth, membrane permeability and mineral composition of tomato and cucumber plants. **Plant Soil**, 236: 123-128.
- Alpaslan, M., Taban, S., İnal, A., Kütük, A.C., Erdal, İ. 1996. Besin çözeltilisinde yetiştirilen buğday (*Triticum aestivum* L.) bitkisinde bor-azot ilişkisi. **Pamukkale University Journal of Engineering Sciences**, 2: 215-219.
- Anapalı, Ö., Gemalmaz, E. 1992. Tuzlu sodyumlu toprakların ıslahında kademeli ıslah yaklaşımı. **IV. Ulusal Kültürteknik Kongresi**, Erzurum.
- Angin, I., Turan, M., Ketterings, Q.M., Çakıcı, A. 2008. Humic acid addition enhances B and Pb phytoextraction by vetiver grass (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash). **Water Air Soil Pollution**, 188: 335-343.
- Anonim, 2011a. Bor Elementi Hakkında Genel Bilgiler, Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü, <http://www.boren.gov.tr/icerik.php?id=24>, Erişim Tarihi: Haziran 2011.
- Anonim, 2011b. [http://88.255.131.84/pamukweb/Pamuk\\_Ege\\_Turkiye\\_Dunya.xls](http://88.255.131.84/pamukweb/Pamuk_Ege_Turkiye_Dunya.xls), Erişim Tarihi: Haziran 2011.

- Anonim, 2012a. 2011 Yılı Pamuk Raporu. T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Teşkilatlandırma Genel Müdürlüğü.
- Anonim, 2012b. <http://www.tuik.gov.tr> Erişim Tarihi: Haziran 2012
- Anonim, 2013a. Humic Acid Structure and Properties. Bio Ag Technologies International. Erişim tarihi: 25.03.2013.
- Anonim, 2013b. [http://metintarim.com.tr/sayfalar.php?sayfa=UrunDetayi&urun\\_no=173](http://metintarim.com.tr/sayfalar.php?sayfa=UrunDetayi&urun_no=173). Erişim tarihi: 22.03.2013.
- Anonim, 2013c. Cotton, International Fertilizer Industry Association. <http://www.fertilizer.org/ifa/content/download/8994/133861/version/1/file/cotton.pdf>. Erişim tarihi 10.10.2013.
- Apostol, K.G., Zwiazek, J.J. 2013. Boron and water uptake in jack pine (*Pinus banksiana*) seedlings. **Environmental and Experimental Botany**, 51: 145-153.
- Ardıç, M. 2006. Bor Toksisitesinin Nohut (*Cicer arietinum* L.) Bitkisinde Bazı Fizyolojik ve Biyokimyasal Özellikler Üzerindeki Etkileri. Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Eskişehir.
- Ardıç, M., Sekmen, A.H., Türkan, İ., Tokur, S., Özdemir, F. 2009. The effects of boron toxicity on root antioxidant systems of two chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. **Plant Soil**, 314: 99-108.
- Aydın, G., Seferoğlu, S. 1999. Aydın Yöresinde Kullanılan Bazı Sulama Sularının Bor konsantrasyonunun Bitki Beslenmesi ve Toprak Kirliliği Açısından İncelenmesi. Proje No: TOGTAG-1767, Aydın.
- Aydın, M., Kaptan, M.A., Dalkılıç, Z. 2010. Relationship between fruit cracking and nutritional status of fig (*Ficus carica* L. cv. sarılop) plantations in the lowland of Aydın, Turkey. **International Soil Fertility Congress**, Germany.
- Babaoğlu, M., Gezgin, S., Topal, A., Sade, B., Dural, H. 2004. *Gypsophila sphaerocephala* Fenzl ex Tchihat.: A Boron hyperaccumulator plant species

that may phytoremediate soils with toxic B levels. **Turkish Journal of Botany**, 28: 273-278.

- Baghour, M., Moreno, D.A., Villora, G., Hernandez, J., Castilla, N., Romero, L. 2002 . The influence of the root zone temperatures on the phytoextraction of boron and aluminium with potato plants growing in the field. **J. Environ. SCI. Health**, A37: 939-953.
- Baker, A.J.M., McGrath, S.P., Reeves, R.D., Smith, J.A.C. 2000. Phytoremediation of Contaminated Soil and Water. In: Metal Hyperaccumulator Plants: A Review of the Ecology and Physiology of A Biological Resource for Phytoremediation of Metal-polluted Soils. (Terry, N. and Banuelos, G., Eds.). Boca Raton: Lewis Publishers. pp. 85-107, FL.
- Banon, S., Miralles, J., Conesa, E., Ochoa, J., Franco, JA., Blanco, MJS. 2012a. Effects of salinity and boron excess on the growth, photosynthesis, water relation and mineral composition of *laurustinus* grown in greenhouse. XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): **International Symposium on Greenhouse 2010 and Soilless Cultivation Book Series: Acta Horticulturae**, 927: 379-384.
- Banon, S., Miralles, J., Valdes, R., Conesa, E., Franco, JA., Sanchez-Blanco, MJ. 2012b. Agronomical and physiological response of geranium to salinity and boron toxicity. **International Symposium on Advanced Technologies and Management Towards Sustainable Greenhouse Ecosystems: Greensys 2011 Book Series: Acta Horticulturae**, 952: 959-965.
- Baykal, Ş.A., Öncel, I. 2006. Buğday fidelerinin bor toksisitesine toleransında çözünür fenolik ve çözünür protein miktarındaki değişmeler. **C.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi, Fen Bilimleri Dergisi**, 27: 13-25.
- Berger, K.C. 1949. Boron in Soils and Crops. In: *Advances in Agronomy*, Vol. 1. (Norman, A. G., Ed.). Academic Press, New York.
- Bergmann, W. 1992. *Nutritional Disorders of Plants*. Gustav Fischer Verlag Jena, Germany.

- Bidegain, R.A., Kaemmerer, M., Guiresse, M., Hafidi, M., Rey, F., Morard, P., Revel, J.C. 2000. Effects of humic substances from composted or chemically decomposed poplar sawdust on mineral nutrition of ryegrass. **Journal of Agricultural Science**, 134: 259-267.
- Black, C.A. 1965. Methods of Soil Analysis. Part 2, American Society of Agronomy Inc., Madisson, pp.1372-1376, Wisconsin, U.S.A.
- Blaylock, M.J., Huang, J.W. 2000. Phytoextraction of Metals. In: Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean up The Environment. (Raskin, I., and Ensley, B. D., Ed.). Wiley, pp. 53-70. New York.
- Boncukçuoğlu, R., Kocakerim, M.M., Yılmaz, E.A., Yılmaz, T.M. 2003. Bor Elementinin Çevresel Açıdan Değerlendirilmesi. Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü, Erzurum.
- Bouyoucos, G.J. 1951. A Recalibration of hydrometer for marking mechanical analysis of soil. **Agronomy Journal**, 43: 434-438.
- Bozbek, T., Ünay, A. 2005. Ekim zamanı ve bitki sıklığının pamuk verimi üzerine etkisi. **J. of AARI**, 15: 34-43.
- Bozpolat, A.T. 2009. Fülvik Asit + Humik madde, Humus ve Kompostun Saksıda Yetiştirilen Mısır Bitkisinin Kuru Madde Miktarı ve Bazı Bitki Besin Elementleri Üzerine Etkisi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tokat.
- Butler, J.H.A., Ladd, J. N. 1971. Importance of the molecular weight of humic and fulvic acids in determining their effects on protease activity. **Soil. Biol. Biochem.**, 3: 249-257.
- Büyükköskün, T. 2008. Humik maddein *Vicia faba* L. (Bakla) da Fide Gelişimine ve Alüminyum Toksisitesine Etkisinin Belirlenmesi. M.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, İstanbul.

- Cartwright, B., Zarcinas, B .A., Mayfield., A. H. 1984. Toxic concentrations of B in a red-brown earth at Gladstone, South Australia. **Aust. J. Soil Res**, 22: 261-272.
- Cartwright, B., Zarcina, B.A., Spouncer, L.A. 1986. Boron toxicity in south Australian barley crops. **Australian Journal of Agricultural Research**, 37: 351-359.
- Cassman, K.G. 1993. Cotton. In: Nutrient Deficiencies and Toxicities in Crop Plants. (Bennet, W.F., Ed.). ASP Press, St. Paul, Minnesota.
- Chatzissavvidis, C., Therios, I. 2010. Response of four olive (*Olea europaea* L.) cultivars to six B concentrations: Growth performance, nutrient status and gas exchange parameters. **Scientia Horticulturae**, 127: 29-38.
- Chatzissavvidis, C., Therios, I., Antonopoulou, C., Dimassi, K. 2008. Effects of high boron concentration and scion-rootstock combination on growth and nutritional status of olive plants. **Journal of Plant Nutrition**, 31: 638-658.
- Choi, JM., Nam, MH., Kim, DY. 2012. Characterization of toxicity symptom and determination of tissue threshold levels of boron for diagnostic criteria in domestically bred strawberries. **Korean Journal of Horticultural Science & Technology**, 30: 144-151.
- Çağlar, K.Ö. 1949. Toprak Bilgisi. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, Ankara.
- Çakmak, L., Kurz, H., Marschener, H. 1995. Short-term effects of boron, germination and high light intensity on membrane permeability in boron deficient leaves of sunflower. **Physiologia Plantarum**, 95: 11-18.
- Chatterjee, C., Sinha, P., Agarwala, S.C. 1990. Interactive effect of boron and phosphorus on growth and metabolism of maize grown in refined sand. **Can. J. Plant Sci**, 70: 455-460.
- Çiftçi, N., Topak, R., Yılmaz, A.M., Süheri, S. 2004. Konya ovası tuzlu-sodyumlu topraklarda jips uygulaması. **Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu**, (20-21 Mayıs), Ankara.

- David, P.P., Nelson, P.V., Sanders, D.C., 1994. A humic acid improves growth of tomato seedling in solution culture. **Journal of Plant Nutrition**, 17: 173-184.
- Demir, E. 2010. Arıtma Çamuru ve Humik madde Uygulamalarının Mısırın Verim, Besin Elementi ve Ağır Metal İçeriğine Etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Van.
- Demiray, H., Dereboylu, A.E., Altan, F., Zeytunluoglu, A. 2011. Identification of proteins involved in excess boron stress in roots of carrot (*Daucus carota* L.) and role of niacin in the protein profiles. **African Journal Of Biotechnology**, 10: 15545-15551.
- Dhankhar, D.P., Dahiya, S.S. 1980. The effect of different levels of boron and soil salinity on the yield of dry matter and its mineral composition in Ber (*Zizyphus rotundifolia*). **Int. Symp. on Salt Affected Soils**, pp: 396-403, Karnal, India.
- Dursun, A., Güvenç, İ., Turan, M. 1999. Improved Crop Quality by Nutrient Management. In: Macro and Micro Nutrient Contents of Tomato and Eggplant Seedlings and Their Effects on Seedling Growth in Relation to Humic Acid Application. (Anaç, D. and Martin-Prevel, P., Eds). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London.
- Eaton, F.M. 1944. Deficiency, toxicity and accumulation of boron in plants. **J. Agric. Res**, 69: 237-277.
- El-Gharably, G.A., Bussler, W. 1985. Critical levels of boron in cotton plants. **Zeitschrift fur Pflanzenernahrung und Bodenkunde**, 148: 681-688.
- EPA, 2000. Introduction to Phytoremediation, National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development, EPA/600/R-99/107, USA.
- Erdal, İ., Bozkurt, M.A., Çimrin, K.M., Karaca, S., Sağlam, M. 2000. Kireçli bir toprakta yetiştirilen mısır bitkisi (*Zea mays* L.) gelişimi ve fosfor alımı



üzerine hümik asit ve fosfor uygulamasının etkisi. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, 24: 663-668.

Ermış, İ. 2002. Bazı Arpa Çeşitlerinin Çimlenme Yüzdesi ve Antioksidant Enzim Düzeylerine Bor Stresinin Etkisi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

Esringü, A. 2012. Toprakta Kurşun (Pb), Kadmiyum (Cd) ve Bor (B) Elementlerinin Şelatör Desteğiyle Kolza (*Brassica Napus* L.) Bitkisi Kullanılarak Fitoremediasyon Yöntemiyle Giderilmesi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Erzurum.

Evangelou, M.W.H., Daghan, H., Schaeffer, A. 2004. The influence of humic acids on the phytoextraction of cadmium from soil. **Chemosphere**, 57: 207-213.

Evliya, H. 1964. Kültür Bitkilerinin Beslenmesi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara.

Fagbenro, J.A., Agboola, A.A. 1993. Effect of different levels of humic acid on the growth and nutrient uptake of teak seedlings. **Journal of Plant Nutrition**, 16:1465-1483.

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: 902-918.

Gemici, Ü., Tarcan, G. 2002. Hydrogeochemistry of the Simav Geothermal Field, Western Anatolia, Turkey. **J. of Volcanology and Geothermal Research**, 116: 215-233.

Giansoldati, V., Tassi, E., Morelli, E., Gabellieri, E., Pedron, F., Barbafieri, M. 2012. Nitrogen fertilizer improves boron phytoextraction by *Brassica juncea* grown in contaminated sediments and alleviates plant stress. **Chemosphere**, 87: 1119-1125.

- Gonzalez-Chavez, C., Harris, P.J., Dodd, J., Meharg, A.A. 2002. Arbuscular mycorrhizal fungi confer enhanced arsenate resistance on *Holcus lanatus*. **New Phytologist**, 155: 163-171.
- Görmüş, Ö. 2005. Interactive effect of nitrogen and boron on cotton yield and fiber quality. **Turk J. Agric For**, 29: 51-59.
- Grimes, D.W., K.M. El-Zik. 1990. Cotton. In: Irrigation of Agricultural Crops. American Society of Agronomy, Wisconsin, USA.
- Guertal, E.A., Sikord, E.J., Hagan, A.K., Rodriguez- Kabana, R. 1998. Effect of winter cover crops on populations of southern rootknot and reniform nematodes. **Agriculture Ecosystems & Environment**, 70: 1-6.
- Guidi, L., Degl'Innocenti, E., Carmassi, G., Massa, D., Pardossi, A. 2011. Effects of boron on leaf chlorophyll fluorescence of greenhouse tomato grown with saline water. **Environmental and Experimental Botany**, 73: 57-63.
- Gupta, U.C., Jame, Y.W., Campbell, C.A., Leyshon, A.J., Nichololaichuk, W. 1985. Boron toxicity and deficiency: A review. **Canadian Journal of Soil Science**, 65: 381-409.
- Gülümser, A., Serhat, M., Özturan, Y. 2005. Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) yapraktan ve topraktan uygulanan farklı bor dozlarının verim ve verim unsurlarına etkisi. **Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 18: 163-168.
- Güneş, A., Alpaslan, M., Özcan, H., Çıkılı, Y. 2000. The effect of zinc on alleviation of boron toxicity in tomato plants (*Lycopersicon esculentum* L.). **Turk J. Agric For**, 24: 505-509.
- Güneş, A., Alpaslan, M. 2000. Boron uptake and toxicity in maize genotypes in relation to boron and phosphorus supply. **J. Plant Nutrition**. 23: 541-550.
- Güneş, A., Alpaslan, M., Çikili, Y., Özcan, H. 1999. Effect of zinc on the alleviation of boron toxicity in tomato. **J. Plant Nutrition**, 22: 1061-1068.

- Haktanır, K., Arcaç, S. 1998. Çevre Kirliliği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara.
- Harem, E., 2007. Türkiye'de Tescil Edilen Pamuk Çeşitleri. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, TAGEM, Nazilli Pamuk Araştırma Enstitüsü Md., Nazilli.
- Harmankaya, M., Gezgin, S. 2005. Konya Ovası topraklarında bor fraksiyonlarının belirlenmesi. **S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi**, 19: 93-105.
- Hasnain, A., Mahmood, S., Akhtar, S., Malik S.A., Bashir, N. 2011. Tolerance and toxicity levels of boron in mung bean (*Vigna radiata* L.) cultivars at early growth stages. **Pak. J. Botany**, 43: 1119-1125.
- Hou, H., Brown, P.H. 1994. Localization of boron in cell walls of squash and tobacco and its association with pectin. **Plant Physiology**, 105: 681-89.
- Ilgar, R. 2005. Ekolojik bakışla jeotermal kaynaklara dualist yaklaşım. **Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi**, 4: 88-98.
- Jackson, M. 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall, New Jersey, USA.
- Jin, J., Martens, D.C., Zelazny, L.W. 1987. Distribution and plant availability of soil boron fractions. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 51: 1228-1231.
- Kacar, B., 2008. Toprak Analizleri. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Kacar, B., İnal, A. 2008. Bitki Analizleri. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Kacar, B., Katkat, A.V. 2006. Bitki Besleme. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Kanber, P. 2007. Aydın İli Bazı Yeraltı ve Yerüstü Su Kaynaklarının Kirlilik Durumlarının Belirlenmesi. ADÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aydın.
- Karakaya, Z., Paksoy, M. 2008. Yaz sezonunda yetiştirilen brokkolide (*Brassica oleracea* L.) bazı organik maddelerin bitki gelişimi, verim ve kaliteye etkileri. **Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 22: 1-6.

- Kaur, S., Ford, R., Nicolas, M., Taylor, P.W.J. 2008. Genetics of tolerance to high concentrations of boron in *Brassica rapa*. **Euphytica**, 162: 31-38.
- Kaur, S., Nicolas, M.E., Ford, R., Norton, R. M., Taylor, P.W.J. 2006. Selection of *Brassica rapa* genotypes for tolerance to boron toxicity. **Plant Soil**, 285: 115-123.
- Kaya, C.T., Dikilitas, L., Ashraf, M., Koskeroglu, M., Guneri, S. 2009. Supplementary phosphorus can alleviate boron toxicity in tomato. **Scientia Horticulturae**, 121: 284-288.
- Keren, R., Bingham, F.T. 1985. Boron in water, soils and plants. **Adv. Soil Science**, 1: 230-276.
- Keskin, H. 2010. Arpa Çeşitleri (*Hordeum vulgare*) ile Çorak Çiminde (*Puccinellia distans*) Bor Toksisitesinin Temel Fizyolojik ve Biyokimyasal Özelliklere Etkisinin Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Koç, C. 2003. Measurement and evaluation of performance management-operation and maintenance of Great Menderes Basin irrigation network in before and after turnover. **Third National Irrigation Congress**, (16-19 November), pp. 484-492, Aydın.
- Koç, C. 2011. Effects of boron pollution in the lower Buyuk Menderes Basin on agricultural areas and crops. **Environmental Progress & Sustainable Energy**, 30: 347-357.
- Kramer, U. 2005. Phytoremediation: novel approaches to cleaning up polluted soils. **Current Opinion in Biotechnology**, 16: 133-141.
- Kumar, P.B.A.N., Dushenkov, V., Motto, H., Raskin, L. 1995. Phytoextraction: The use of plants to remove heavy metals from soils. **Environmental Science and Technology**, 29: 263-290.
- Lee, Y.S., Bartlett, R.J. 1976. Stimulation of plant growth by humic substances. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 40: 876-879.

- Lindsay, W.L., Norwell, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 42: 421-428.
- Lobartini J. C., Orioli G. A., Tan K.H. 1997. Characteristics of soil humic acid fractions separated by ultrafiltration. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 28: 787-796.
- Lotosh, T.D. 1991. Experimental bases and prospects for the use of humic acid preparations from peat in medicine and agricultural production. **Naucn. Dokl. Vyss. Skoly. Biol. Nauki**, 10: 99-103.
- Mahboobi, H., Yücel, M., Öktem, H.A. 2000. Changes in total protein profiles of barley cultivars in response to toxic boron concentration. **J. Plant Nutrition**, 23: 391-399.
- Malavolta, E. 1987. Amazonia. In: Seus solos e outros recuraoa naturais. (Vieira, L.S. and Santos, P.C.T.C. Eds.). Agronomica Ceres, pp.374-416. Sao Paulo.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, Second Edition, Germany.
- Masood, S., Saleh, L., Witzel, K., Plieth, C., Mühling, K.H. 2012a. Determination of oxidative stress in wheat leaves as influenced by boron toxicity and NaCl stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, 56: 56-61.
- Masood, S., Wimmer, M.A., Witzel, K., Zoerb, C., Muehling, K.H. 2012b. Interactive effects of high boron and nacl stresses on subcellular localization of chloride and boron in wheat leaves. **Journal of Agronomy and Crop Science**, 198: 227-235.
- Nable, R.O., Banuelos, G.S., Paull, J.G. 1997. Boron toxicity. **Plant and Soil**, 193: 181-198.
- Nable, R.O. 1988. Resistance to boron toxicity amongs several barley and wheat cultivars: A preliminary examination of the resistance mechanism. **Plant Soil**, 112: 45-57.

- Ochiai, K, Uemura, S., Shimizu, A., Okumoto, Y., Matoh, T. 2008. Boron toxicity in rice (*Oryza sativa* L.). quantitative trait locus (QTL) analysis of tolerance to boron toxicity. **Theoretical and Applied Genetics**, 117: 125-133.
- Oertli, J.J., Roth, J.A. 1969. Boron nutrition of sugar beet, cotton, and soybean. **Agron. J.**, 61: 191-95.
- Okay, O., Güçlü, H., Soner, E., Balkas, T. 1985. Boron pollution in the Simav River, Turkey and various methods of boron removal. **Water Research**, 19: 857-862.
- Okur, B., Yener, H., Okur, N., İrget, E. 2001. Büyük menderes nehrindeki bazı kirletici parametrelerin aylık ve mevsimsel olarak değişimi. **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 7: 243-250.
- Olsen, S.R., Dean, L.A. 1965. Methods of Soil Analysis Part 2. In: Phosphorus. (Black, C. A., Ed.). American Society of Agronomy Inc, Madison, Wisconsin, U.S.A.
- Oluk, E.A., Latif, N. 2008. Soya Fasulyesi (*Glycine max* L. Umut 2002) büyümesi ve gelişimi üzerine bor fazlalığının etkileri. **Erzincan Ün. Fen Bil. Enst. Dergisi**, 1: 27-38.
- Oluk, E.A., Demiray, H., Yardım, D. 2006. Bor fazlalığının ayçiçeği (*Helianthus annuus* L. sambro) bitkisinin in vitro koşullarda kök gelişimi ve anatomisi üzerine etkileri. **Ege Üni. Ziraat Fak. Dergisi**, 43: 145-152.
- Oluk, E.A., Acar, O., Demirbaş, S., Duran, H., Atik, E., Gorkem, H.N. 2012. Alterations in antioxidative enzyme activities caused by boron toxicity in two tomato culture varieties. **Fresenius Environmental Bulletin**, 21: 290-294.
- Onthong, J., Yoajui, N., Kaewsichan, L. 2011. Alleviation of plant boron toxicity by using water to leach boron from soil contaminated by wastewater from rubber wood factories. **Scienceasia**, 37: 314-319.

- Oosterhuis, D. M., Chipamaunga, J., Bate, G. C. 1983. Nitrogen uptake of field grown cotton. I. distribution in plant components in relation to fertilization and yield. **Expl. Agric.**, 19: 91-101.
- Ören, Y. 2007. Farklı Zamanlarda Uygulanan Hümik Asit ve Çinko (Zn) Uygulamasının Pamukta (*Gossypium hirsutum* L.) Verim, Verim Komponentleri ve Lif Kalite Özellikleri Üzerine Olan Etkisinin Saptanması. ADÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aydın.
- Ören, Y., Başal, H. 2006. Humik madde ve çinko (Zn) uygulamalarının pamukta (*Gossypium hirsutum* L.) verim, verim komponentleri ve lif kalite özelliklerine etkisi. **ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi**, 3: 77-83.
- Özkan, İ., Kaya, T. 2002. Aydın ilinde pamuğa dayalı sanayinin bugünkü durumu ve geleceği. **Türkiye V. Pamuk, Tekstil ve Konfeksiyon Sempozyumu**, (28-29 Nisan), pp.230-233, Diyarbakır.
- Özkara, M.M. 1991. Sulama Suyundaki Bor Düzeylerinin Lizimetre Koşullarında, Toprakta Bor Birikimi ile Ayçiçeği, Fasulye, Çeltiğin Gelişmelerine Etkileri. Menemen Araştırma Enstitüsü Müd. Yayınları, Genel Yay. No:185, Rap Serisi No:122, Menemen.
- Öztürk, Ö., Soylu, S., Ada, R., Gezgin, S., Babaoğlu, M. 2010. Studies on differential response of spring canola cultivars to boron toxicity. **Journal of Plant Nutrition**, 33: 1141-1154.
- Palta, Ç., Gezgin, S. 2011. Orta anadolu koşullarında yaygın olarak yetiştirilen melez mısır çeşitlerinin bor toksisitesine duyarlılığı. **Selçuk Tarım Ve Gıda Bilimleri Dergisi**, 25:1-8.
- Panhwar, Q.A., Radziah, O., Khanif, Y.M., Naher, U.A. 2011. Application of boron and zinc in the tropical soils and its effect on maize (*Zea mays*) growth and soil microbial environment. **Australian Journal of Crop Science**, 5: 1649-1654.
- Paul, J.G., Nable, R.O., Lake, A.W.H., Materne, M.A., Rathjen, A.J. 1992. Response of annual medics (*Medicago* spp.) and field peas (*Pisum sativum*)

- to high concentrations of boron: Genetic variation and the mechanism of tolerance. **Aust. J. Agric. Res.**, 43: 203-213.
- Pılanalı, N., Kaplan, M. 2002. Çileğin meyve rengi ile farklı formlarda uygulanan humik madde ve toprağın bazı bitki besin maddesi kapsamları arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. **Yüzüncü Yıl Üni. Ziraat Fak. Tarım Bilimleri Dergisi**, 12: 1-5.
- Prasad, R., Power, J.F. 1997. Soil Fertility Management for Sustainable Agriculture. Lewis Publishers, New York.
- Raskin, I., Smith, R.D., Salt, D.E. 1997. Phytoremediation of metals: Using plants to remove pollutants from the environment. **Current Opinion in Biotechnology**, 8: 221-226.
- Rees, R., Robinson, B.H., Menon, M., Lehmann, E., Gunthardt-Goerg, M.S., Schulin, R. 2011. Boron accumulation and toxicity in hybrid poplar (*Populus nigra x euramericana*). **Environmental Science & Technology**, 45: 10538-10543.
- Reeves, R.D., Baker, A.J.M. 2000. Metal-accumulating plants. In: Phytoremediation of toxic metals: Using plants to clean up the environment. (Raskin, I., and Ensley, B.D., Eds.). Wiley, pp. 193-229, New York.
- Reid, R. 2010. Can we really increase yields by making crop plants tolerant to boron toxicity? **Plant Science**, 178: 9-11.
- Rhoades, J.D. 1982. Methods of Soil Analysis Part 2. In: Soluble Salts. Chemical and Microbiological Properties, (Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R., Eds.). pp. 167-179, Wisconsin, U.S.A.
- Robinson, B.H., Green, S.R., Chancerel, B., Mills, T.M., Clothier, B.E. 2007. Poplar for the phytomanagement of boron contaminated sites. **Environmental Pollution**, 150: 225-233.
- Rosolem, C.A., Bogiani, J.C. 2011. Stress Physiology in Cotton. In: Physiology of Boron Stress in Cotton, Tennessee, ABD.



- Rozema, J., De Bruin, J., Broekman, R.A. 1992. Effects of boron on the growth and mineral economy of some halophytes and non-halophytes. **New Phytology**, 121: 249-256.
- Rulkens, W.H., Tichy, R., Grotenhus, J.T.C. 1998. Remediation of 66 polluted soil and sediment: Perspectives and failures. **Water Sci. Technology**, 37: 25-35.
- Saatçi, F., Hakerlerler, H., Tuncay, H., Okur, B. 1988. İzmir İli ve Civarındaki Bazı Önemli Endüstri Kuruluşlarının Tarım Arazileri ve Sulama Sularında Oluşturdukları Çevre Kirliliği Sorunu Üzerinde Bir Araştırma, E.Ü. Araştırma Fonu Proje No: 127. Bornova-İzmir.
- Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. USDA Handbook, USA.
- Santos, G.C.G., Rodella, A.A. 2007. Effect of sources of organic matter in the alleviation of the toxic effects of B, Zn, Cu, Mn and Pb to *Brassica Juncea*. **Rev. Bras. Cienc. Solo.**, 31: 793-804.
- Sarı, D.S. 2009. Bor – Toprak Tuzluluğu İlişkisinin Buğdayın Gelişimi Üzerine Etkisi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Schnurbusch, T., Hayes, J., Sutton, T. 2010. Boron toxicity tolerance in wheat and barley: Australian perspectives. **Breeding Science**, 60: 297-304.
- Scofield, C.S. 1936. The Salinity of Irrigation Water. Smithsonian Institute Annual Report 1935. pp. 275-287, USA.
- Selçuk, R. 2009. Artan Dozlarda Çinko ve Humik madde Uygulamalarının Mısırın Verim ve Besin İçeriğine Etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Van.
- Shamsher, A., Ullah Bhatti, A., Ghani, A., Khan, A. 2008. Effect of farmyard manure (fym) and inorganic fertilizers on the yield of maize in wheat-maize system on eroded inceptisols in Northern Pakistan. **14th Agronomy Conference**, (21-25 September), South Australia.

- Sharif, M., Khattak, R.A., Sarir, M.S. 2002. Effect of different levels of lignitic coal derived humic acid on growth of maize plants. **Soil Science and Plant Analysis**, 33: 3567-3580.
- Sheng, O., Song, S.S., Chen, Y.J., Peng, S.A., Deng, X.X. 2009. Effects of exogenous B supply on growth, B accumulation and distribution of two navel orange cultivars. **Trees**, 23: 59-68.
- Singh, D.V., Chauhan, R.P.S. , Charan, R. 1976. Safe and toxic limits of boron for grain in sandy loam and clay loam soils. **Indian J. Agron.**, 21; 309-310.
- Soil Survey Staff. 1951. Soil Survey Manual. U. S. Government Printing Office, Washington, USA.
- Sotiropoulos, T.E., Therios, N.I., Dimassi, N.K., Bosbalidis, A., Kofilids, G. 2002. Nutritional status, growth, CO<sub>2</sub> assimilation, and leaf anatomical responses in two kiwi fruit species under boron toxicity. **J. Plant Nutrition**, 5: 1244-1261.
- Sözüdoğru, S., Kütük, A.C., Yalçın, R., Usta, S. 1996. Humik maddein Fasulye Bitkisi Gelişimi ve Besin Maddeleri Alımı Üzerindeki Etkisi. A.Ü.Z.F. Yayınları No:1452, Bilimsel Araştırma ve İnceleme No:800, Ankara.
- Stevenson, F.J. 1994. Humus Chemistry, Genesis, Composition, Reactions. Wiley, New York.
- Taban, S., Erdal, İ. 2000. Bor uygulamasının değişik buğday çeşitlerinde gelişme ve toprak üstü aksamda bor dağılımı üzerine etkisi. **Turk. J. Agric. For.**, 24: 255-262.
- Tabelin, C.B., Basri, A.H.M., Igarashi, T., Yoneda, T. 2012. Removal of arsenic, boron, and selenium from excavated rocks by consecutive washingwater. **Air Soil Pollution**, 223: 4153-4167.
- Taştan, E. B., Duygu, E., Dönmez, G. 2012. Boron bioremoval by a newly isolated *Chlorella* sp. and its stimulation by growth stimulators. **Water Research**, 46: 167-175.

- Thorne, D.W., Peterson, H.B. 1954. Irrigated Soils. Constable and Company, London, UK.
- Thun, R., Hermann, R., Knickman, E. 1955. Die Untersuchung Von Boden. Neumann Verlag, Radebeul, Berlin.
- Topal, A., Gezgin, S., Akgün, N., Dursun, N., Babaoğlu, M. 2002. Yield components of durum wheat (*Triticum durum* desf.) as affected by boron application. **Boron in Plant and Animal Nutrition**, 1: 391-400.
- Torun, B. 2009. Tarla koşullarında gytija uygulamasının tahılların dane verimine ve toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkisi. **HR.Ü.Z.F. Dergisi**, 13: 60-72.
- Turan, M., Angin, I. 2004. Organic chelate assisted phytoextraction of B, Cd, Mo and Pb from contaminated soils using two agricultural crop species. **Acta Agric. Scand., Sect. B. Soil and Plant Sci.**, 54: 221-231.
- Türkan, Y. 2006. Buğdayda Bor Toksisitesi ile Fosfor Arasındaki Etkileşimin Büyüme ve Çözünür Karbonhidratlar ile İlişkisinin İncelenmesi. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Ullah, S., Khan, A.S., Malik, A.U., Afzal, I., Shahid, M., Razzaq, K. 2012. Foliar application of boron influences the leaf mineral status, vegetative and reproductive growth, yield and fruit quality of 'kinnow' mandarin (*Citrus reticulata* Blanco.). **Journal of Plant Nutrition**, 35: 2067-2079.
- Ural, E. 1995. Türkiyenin Çevre Sorunları. Çevre Vakfı Yayını. Ankara.
- Utmazian, M.N.D.S., Wenzel, W.W. 2006. Phytoextraction of metal polluted soils in Latin America. **Environmental Applications of Poplar and Willow Working Party**. (18-20 May), Northern Ireland.
- Uygan, D., Çetin, Ö. 2004. Bor'un tarımsal ve çevresel etkileri Seydisuyu su toplama havzası. **II.Uluslararası Bor Sempozyumu**. (23-25 Eylül). Maden Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara.

- Velioğlu, S., Şimşek, A. 2003. İnsan sağlığı ve beslenme açısından bor. **Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi**, 4: 123-130.
- Wang, JZ., Tao, ST., Qi, KJ., Wu, J., Wu, HQ., Zhang, SL. 2011. Changes in photosynthetic properties and antioxidative system of pear leaves to boron toxicity. **African Journal of Biotechnology**, 10: 19693-19700.
- Wimmer, M.A., Muhling, K.H., Lauchli, A., Brown, P.H., Goldbach, H.E. 2003. The interaction between salinity and boron toxicity affects the subcellular distribution of ions and proteins in wheat leaves. **Plant Cell and Environment**, 26: 1267-1274.
- Wimmer, M.A., Goldbach, H.E. 2012. Boron-and-salt interactions in wheat are affected by boron supply. **J. Plant Nutr. Soil Sci.**, 175: 171-179.
- Wolf, R. 1971. The Determination of boron in soil extractes plant materials compost, manures, waters and nutrient solutions. **Soil Science and Plant Analysis**, 2: 263-374.
- Wolf, B. 1974 Improvement in the Azomethine-H method for the determination of boron. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, 5: 39-44.
- Yadav, H.D., Yadav, O.P., Dahankar, O.P., Oswal, U. 1989. Effect of chloride salinity and boron on germination mineral composition of chickpea. (*Cicer arietinum* L.) **Arial Zone**, 28: 63-67.
- Yau, S.K. 2010. Boron toxicity in barley genotypes: effects of pattern and timing of boron application. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, 41: 144-154.
- Yermiyaho, U., Keren, R., Chen, Y. 1995. Boron sorption by soil in the presence of composted organic matter. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 59: 405-409.
- Yorgancılar, M., Babaoğlu, M. 2005. Buğday eŐitlerinde borun çimlenme üzerine etkisinin in vitro ve saksı Şartlarında araştırılması. **S.. Ziraat Fakültesi Dergisi**, 19: 109-114.

## EKLER

EK 1. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2011 yılında analiz edilen bitki B içerikleri (mg kg<sup>-1</sup>)

	TÖ		T				Ç					H					HS				
	Y	G	Y	G	K	YS	Y	G	K	YS	TA	Y	G	K	YS	KO	Y	G	K	YS	KO
B1	32	12	48a	20	22a	34	114a	16a	16a	27a	21a	179a	19a	20a	32a	29a	118a	21a	12a	27a	34a
B2	32	12	52a	26	23a	32	118a	15a	13a	27a	22a	182a	21a	22a	32a	27a	121a	22a	16ab	27a	34a
B3	33	13	56a	26	23a	50	153b	18a	17a	28a	23a	321b	21a	31b	40b	34a	170b	24a	22b	31a	38a
B4	30	13	70b	23	29b	37	169c	27b	24b	41b	42b	1020c	30b	48c	61c	68b	254c	29b	35c	40b	73b
H1	31	13	49a	23	22	44	139	18	16	31	27	431	22	27	39	37	170	25	23	29	43
H2	31	13	60b	24	26	36	138	19	18	31	28	436	22	31	42	39	165	24	20	32	45
H3	32	12	61b	24	25	35	138	20	19	31	27	410	24	32	43	43	163	24	22	33	47
B1H1	33	12	42	20	23	34	117	16	15	28	21	179	19	16	33	28	123	21	13	27	39
B1H2	30	13	52	22	21	33	107	17	16	27	22	174	18	22	32	27	115	23	12	24	31
B1H3	32	12	51	19	22	35	118	15	16	28	20	185	20	21	31	30	115	21	12	28	32
B2H1	32	13	45	25	21	29	121	15	14	27	21	170	21	21	31	29	130	23	21	26	36
B2H2	32	12	55	28	23	37	124	14	12	30	22	196	19	24	32	25	106	25	12	28	38
B2H3	32	11	55	26	25	30	108	15	14	26	22	180	23	20	32	29	128	19	16	26	27
B3H1	32	12	48	25	21	78	150	16	15	28	23	286	21	36	37	27	137	24	23	27	36
B3H2	34	13	60	24	25	35	152	21	17	26	22	333	21	29	43	40	203	23	24	30	42
B3H3	32	14	62	28	23	35	156	17	17	29	25	345	22	29	38	35	170	25	21	37	36
B4H1	28	13	61	24	22	34	169	26	19	42	41	1089	27	37	55	64	288	31	34	37	61
B4H2	30	13	72	21	32	37	169	24	25	41	45	1041	33	51	59	62	237	26	33	44	67
B4H3	32	12	79	23	32	41	169	32	26	40	40	930	32	56	70	78	238	30	38	40	91
ORT.	32	13	57	24	24	38	138	19	17	31	27	426	23	30	41	40	166	24	22	31	45
LSD B	-	-	10.04	-	4.87	-	10.24	5.57	4.34	2.57	3.43	55.63	3.20	8.39	6.67	15.1	39.33	4.14	8.35	7.69	12.49
LSD HM	-	-	8.46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LSD BxHM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası; Y: Yaprak; G: Gövde; K: Kök; YS: Yaprak sapı; TA: Tarak; KO: Koza

1 / 0

EK 2. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2012 yılında analiz edilen bitki B içerikleri (mg kg<sup>-1</sup>)

	TÖ		T				Ç					H					HS				
	Y	G	Y	G	K	YS	Y	G	K	YS	TA	Y	G	K	YS	KO	Y	G	K	YS	KO
B1	66ab	38b	84a	35a	17a	32a	164a	24a	27a	25a	33a	239a	60a	45a	43a	43a	165a	20a	20a	28a	38a
B2	59a	36a	100a	39ab	28b	30a	294b	30a	22a	31a	82ab	442b	58a	68b	43a	65a	298b	22a	22a	28a	38a
B3	77b	41c	229b	46b	21ab	36a	856c	42b	33a	53b	168b	1126c	70a	43a	44a	112b	197a	24a	38b	39ab	80b
B4	329c	54d	801c	72c	39c	61b	2048d	112c	107b	139c	659c	1441d	108b	80b	94b	220c	168a	51b	61c	46b	198c
H1	126	43b	301ab	47	28	38	851	56	51	70	277	867	97b	52	59	112	185a	27	36	31	63 a
H2	137	44a	291a	51	23	38	842	47	40	57	225	772	67a	63	49	110	253b	27	37	40	98 b
H3	135	40c	318b	46	27	44	828	53	51	60	205	797	59a	62	58	108	183a	35	33	35	105 b
B1H1	68	39	86	45	19	35	168	21	22	27	28	262	78	43	43	43	187	24	21	29	38
B1H2	65	43	81	30	16	32	158	28	19	24	32	231	44	43	43	43	144	19	19	30	36
B1H3	63	34	83	31	15	31	164	24	39	24	40	225	57	50	43	43	164	18	20	25	40
B2H1	50	38	103	31	30	28	294	31	23	33	67	508	55	66	43	43	270	24	24	27	43
B2H2	64	36	99	34	16	30	288	31	21	29	79	388	57	48	43	64	412	22	22	28	40
B2H3	64	35	98	52	36	32	299	28	24	32	101	431	62	91	43	88	213	19	21	29	31
B3H1	82	40	223	42	23	36	927	42	45	52	162	1167	92	43	45	116	179	25	47	38	69
B3H2	84	41	224	56	23	35	832	46	27	60	150	1100	49	43	43	91	211	24	39	41	89
B3H3	64	40	238	40	19	38	809	39	28	48	191	1110	71	43	43	128	200	22	29	39	83
B4H1	302	56	793	70	42	54	2016	132	114	169	850	1533	163	58	107	246	104	33	53	29	102
B4H2	334	55	759	82	38	54	2090	83	93	113	639	1370	118	117	69	241	244	41	67	60	227
B4H3	351	52	852	62	38	74	2039	119	113	134	488	1422	44	65	105	174	154	80	62	48	266
ORT.	133	42	304	48	26	40	840	52	47	62	236	812	74	59	56	110	207	29	35	35	89
LSD B	17.72	0.44	24.94	10.22	8.22	6.83	131.88	11.38	12.81	18.84	117.47	188.24	22.62	16.21	13.27	29.01	56.15	16.78	7.50	11.93	16.24
LSD HM	-	0.37	21.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.06	-	-	-	47.31	-	-	-	13.69
LSD BxHM	-	0.96	55.03	22.55	-	-	-	25.11	-	-	-	-	49.92	35.77	-	64.01	123.89	-	-	-	35.84

TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası; Y: Yaprak; G: Gövde; K: Kök; YS: Yaprak sapı; TA: Tarak; KO: Koza

EK-3. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2011 yılında analiz edilen bitki N içerikleri (%)

	TÖ		T				Ç					H					HS				
	Y	G	Y	G	K	YS	Y	G	K	YS	TA	Y	G	K	YS	KO	Y	G	K	YS	KO
B1	2.90	1.77	4.55ab	1.66b	1.58a	2.45b	3.78a	1.32a	0.94a	1.33bc	2.47c	2.65	0.85	0.69	0.85b	0.89b	1.61	1.51b	1.60	1.50b	1.68
B2	2.50	1.92	4.69a	1.74b	1.53a	2.51a	3.62b	1.02b	0.83b	1.27c	2.44c	2.42	0.78	0.65	0.86b	0.74c	1.74	2.27a	1.49	1.07b	1.25
B3	3.22	1.86	4.49b	1.94a	1.33b	2.39bc	3.62b	1.11b	0.90a	1.39ab	2.68a	2.46	0.76	0.67	0.82b	1.07a	1.90	1.31b	1.79	1.64b	1.58
B4	2.53	1.81	4.62ab	1.70b	1.32b	2.34c	3.68b	1.04b	0.93a	1.43a	2.61b	2.50	0.83	0.79	0.96a	0.98ab	1.11	1.02b	1.45	2.54a	2.17
H1	2.71	1.84	4.54b	1.72	1.40	2.39b	3.68ab	1.23a	0.93a	1.29b	2.53	2.41b	0.84a	0.71	0.85	0.77	1.71	1.40	1.45	1.80	1.79
H2	2.91	1.83	4.49b	1.74	1.48	2.38b	3.61b	1.12ab	0.93a	1.38a	2.56	2.65a	0.70b	0.74	0.85	0.97	1.63	1.73	1.59	1.56	1.55
H3	2.75	1.84	4.72a	1.82	1.44	2.50a	3.73a	1.01b	0.84b	1.39a	2.56	2.46b	0.87a	0.65	0.92	1.02	1.44	1.44	1.71	1.71	1.68
B1H1	2.88	1.79	4.45	1.70	1.51	2.55	3.78	1.85	1.01	1.21	2.48	2.50	0.89	0.67	0.81	0.77	1.56	1.14	1.54	1.72	1.77
B1H2	3.09	1.71	4.49	1.69	1.86	2.28	3.77	1.06	0.86	1.40	2.45	3.06	0.73	0.78	0.86	0.99	1.81	2.28	1.61	0.96	1.27
B1H3	2.73	1.82	4.71	1.59	1.37	2.52	3.78	1.04	0.96	1.38	2.49	2.39	0.93	0.61	0.89	0.92	1.47	1.10	1.63	1.83	2.00
B2H1	2.16	1.86	4.53	1.63	1.55	2.39	3.69	0.98	0.95	1.26	2.34	2.34	0.86	0.68	0.85	0.74	2.19	2.16	0.88	1.14	1.65
B2H2	2.63	1.98	4.74	1.67	1.36	2.55	3.35	1.11	0.89	1.26	2.42	2.47	0.62	0.57	0.91	0.67	1.74	2.29	1.48	1.05	1.12
B2H3	2.71	1.91	4.80	1.91	1.68	2.61	3.80	0.96	0.66	1.29	2.54	2.46	0.85	0.71	0.81	0.80	1.29	2.37	2.11	1.04	0.98
B3H1	3.18	1.80	4.61	1.74	1.40	2.37	3.64	0.99	0.88	1.35	2.69	2.36	0.82	0.74	0.73	0.84	1.49	1.39	2.12	2.02	1.18
B3H2	3.25	1.88	4.22	1.99	1.41	2.35	3.61	1.23	0.96	1.44	2.75	2.45	0.64	0.74	0.74	0.91	2.07	1.44	1.95	1.40	1.41
B3H3	3.23	1.89	4.64	2.09	1.18	2.45	3.60	1.10	0.88	1.38	2.61	2.57	0.81	0.53	0.98	1.47	2.15	1.10	1.30	1.49	2.16
B4H1	2.61	1.89	4.59	1.81	1.16	2.26	3.61	1.10	0.90	1.35	2.62	2.45	0.78	0.76	0.99	0.73	1.59	0.93	1.25	2.32	2.55
B4H2	2.66	1.77	4.52	1.61	1.30	2.34	3.70	1.07	1.00	1.43	2.60	2.63	0.82	0.87	0.87	1.32	0.89	0.92	1.31	2.82	2.40
B4H3	2.32	1.76	4.75	1.68	1.52	2.42	3.74	0.94	0.88	1.52	2.61	2.42	0.91	0.74	1.00	0.90	0.86	1.20	1.80	2.48	1.58
ORT.	2.79	1.84	4.59	1.76	1.44	2.42	3.67	1.12	0.90	1.36	2.55	2.51	0.80	0.70	0.87	0.92	1.59	1.53	1.58	1.69	1.67
LSD B	-	-	0.15	0.14	0.12	0.06	0.10	0.20	0.07	0.07	0.07	-	-	-	0.07	0.15	-	0.64	-	0.60	-
LSD HM	-	-	0.13	-	-	0.05	0.09	0.17	0.06	0.06	-	0.18	0.07	-	0.06	0.12	-	-	-	-	-
LSD BxHM	-	-	-	0.32	0.26	0.14	0.22	0.44	0.16	-	0.16	-	-	-	0.16	0.32	-	-	-	-	-

TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası; Y: Yaprak; G: Gövde; K: Kök; YS: Yaprak sapı; TA: Tarak; KO: Koza

EK-4. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2012 yılında analiz edilen bitki N içerikleri (%)

	TÖ		T				Ç					H					HS				
	Y	G	Y	G	K	YS	Y	G	K	YS	TA	Y	G	K	YS	KO	Y	G	K	YS	KO
B1	3.81c	2.40a	4.17a	2.52a	1.34a	2.00a	3.36a	1.72b	1.03bc	1.50b	3.01b	2.55b	1.14c	1.03c	1.03c	1.31c	2.87d	1.48	1.13	1.67c	0.82d
B2	3.82c	2.32b	4.13ab	2.54a	1.43a	1.94b	3.15b	1.36c	1.10ab	1.46b	2.94b	2.68b	1.18c	1.10b	1.35b	2.56b	3.35c	1.59	1.12	1.92b	0.96c
B3	4.03a	2.14c	3.98b	2.25b	1.10b	1.77c	3.10b	1.65b	1.00c	1.46b	3.05ab	2.65b	1.33b	1.12b	1.29b	2.55b	3.56b	1.44	1.11	2.00ab	1.25b
B4	3.93b	2.10d	4.08c	2.44a	1.00b	1.92b	3.18b	2.14a	1.18a	1.64a	3.17a	3.20a	1.55a	1.28a	1.85a	3.47a	3.81a	1.53	1.01	2.13a	1.63a
H1	3.88	2.30a	4.08	2.41	1.23	1.90ab	3.16b	1.76	1.12a	1.53	3.04	2.88a	1.34	1.15	1.40	2.52	3.42	1.54	1.08	1.90	1.15
H2	3.88	2.14c	4.11	2.45	1.21	1.93a	3.14b	1.71	1.08ab	1.50	3.01	2.70b	1.22	1.13	1.41	2.46	3.42	1.47	1.10	1.91	1.11
H3	3.94	2.27b	4.08	2.46	1.22	1.88b	3.28a	1.68	1.03b	1.52	3.07	2.74b	1.34	1.12	1.32	2.44	3.35	1.52	1.10	1.97	1.24
B1H1	3.75	2.43	4.31	2.67	1.36	2.03	3.32	1.71	1.05	1.59	3.14	2.52	1.23	1.02	0.98	1.23	2.86	1.58	0.98	1.61	0.82
B1H2	3.82	2.30	3.93	2.57	1.19	2.00	3.33	1.62	0.95	1.38	3.01	2.55	0.97	1.06	1.14	1.25	2.88	1.30	1.24	1.60	0.80
B1H3	3.86	2.46	4.28	2.33	1.46	1.96	3.42	1.82	1.08	1.53	2.88	2.57	1.21	0.99	0.98	1.46	2.89	1.56	1.16	1.82	0.84
B2H1	3.86	2.38	4.11	2.28	1.56	1.88	3.16	1.41	1.11	1.31	2.76	2.69	1.08	1.14	1.35	2.54	3.31	1.58	1.19	1.90	0.93
B2H2	3.63	2.18	4.14	2.47	1.42	1.96	3.13	1.34	1.14	1.53	3.12	2.68	1.25	1.05	1.35	2.52	3.42	1.62	1.04	1.84	0.95
B2H3	3.96	2.40	4.12	2.88	1.33	1.96	3.14	1.33	1.05	1.54	2.94	2.67	1.22	1.11	1.33	2.61	3.31	1.56	1.13	2.01	1.00
B3H1	3.95	2.27	3.88	2.34	1.11	1.78	3.02	1.72	1.01	1.56	3.04	2.79	1.39	1.11	1.27	2.65	3.73	1.38	1.08	1.95	1.31
B3H2	4.11	2.03	4.11	2.28	1.20	1.82	2.99	1.71	1.02	1.44	2.89	2.61	1.30	1.20	1.25	2.56	3.53	1.46	1.08	2.16	1.24
B3H3	4.04	2.11	3.95	2.15	0.99	1.70	3.30	1.52	0.97	1.39	3.23	2.56	1.32	1.04	1.35	2.45	3.42	1.50	1.17	1.89	1.19
B4H1	3.95	2.12	4.02	2.33	0.90	1.92	3.14	2.21	1.31	1.65	3.23	3.53	1.67	1.32	2.01	3.67	3.79	1.64	1.07	2.16	1.54
B4H2	3.95	2.07	4.26	2.49	1.02	1.94	3.13	2.17	1.19	1.64	3.03	2.95	1.38	1.19	1.90	3.50	3.86	1.50	1.05	2.06	1.43
B4H3	3.89	2.11	3.96	2.49	1.08	1.90	3.28	2.04	1.02	1.63	3.25	3.14	1.61	1.34	1.63	3.22	3.77	1.46	0.93	2.17	1.92
ORT.	3.90	2.24	4.09	2.44	1.22	1.90	3.20	1.72	1.08	1.52	3.04	2.77	1.30	1.13	1.38	2.47	3.40	1.51	1.09	1.93	1.16
LSD B	0.10	0.03	0.07	0.11	0.12	0.04	0.12	0.10	0.08	0.10	0.13	0.15	0.15	0.07	0.11	0.20	0.14	-	-	0.17	0.13
LSD HM	-	0.02	-	-	-	0.03	0.10	-	0.07	-	-	0.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LSD BxHM	0.22	0.06	0.15	0.24	0.26	0.09	-	0.22	0.19	0.22	0.30	0.32	-	0.15	0.25	-	-	0.24	0.22	-	0.29

TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası; Y: Yaprak; G: Gövde; K: Kök; YS: Yaprak sapı; TA: Tarak; KO: Koza



EK-5. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2011 yılında analiz edilen bitki P içerikleri (%)

	TÖ		T				Ç					HÖ					HS				
	Y	G	Y	G	K	YS	Y	G	K	YS	TA	Y	G	K	YS	KO	Y	G	K	YS	KO
B1	0.31	0.27	0.63	0.38	0.44ab	0.42	0.46	0.30	0.25a	0.27	0.44	0.17	0.06	0.13	0.13	0.11	0.07	0.03	0.04	0.06	0.04
B2	0.25	0.28	0.64	0.46	0.46a	0.42	0.44	0.29	0.24a	0.34	0.45	0.16	0.06	0.10	0.13	0.10	0.07	0.05	0.04	0.07	0.04
B3	0.26	0.27	0.58	0.41	0.31c	0.35	0.41	0.29	0.20b	0.24	0.41	0.17	0.06	0.13	0.13	0.13	0.08	0.03	0.04	0.07	0.03
B4	0.25	0.22	0.63	0.37	0.39b	0.38	0.42	0.27	0.21b	0.24	0.56	0.19	0.04	0.10	0.09	0.12	0.08	0.03	0.04	0.07	0.04
H1	0.27	0.27	0.61	0.40	0.37	0.40	0.42	0.29	0.23	0.30	0.51	0.17	0.06	0.12	0.12	0.10	0.08	0.04	0.04	0.07	0.04
H2	0.26	0.24	0.62	0.42	0.42	0.40	0.43	0.30	0.23	0.26	0.43	0.17	0.06	0.11	0.12	0.13	0.07	0.04	0.04	0.07	0.04
H3	0.26	0.26	0.63	0.40	0.41	0.39	0.44	0.29	0.22	0.26	0.44	0.17	0.05	0.11	0.12	0.11	0.07	0.04	0.04	0.07	0.04
B1H1	0.31	0.31	0.64	0.37	0.42	0.43	0.44	0.28	0.27	0.25	0.43	0.16	0.08	0.12	0.12	0.09	0.08	0.03	0.03	0.06	0.03
B1H2	0.30	0.22	0.66	0.42	0.49	0.42	0.46	0.33	0.23	0.28	0.46	0.18	0.06	0.14	0.14	0.13	0.05	0.03	0.04	0.05	0.05
B1H3	0.31	0.27	0.57	0.36	0.41	0.42	0.47	0.30	0.25	0.27	0.43	0.17	0.05	0.12	0.15	0.12	0.07	0.03	0.04	0.06	0.05
B2H1	0.23	0.28	0.62	0.45	0.39	0.43	0.41	0.29	0.26	0.45	0.43	0.18	0.06	0.11	0.12	0.11	0.07	0.04	0.04	0.07	0.04
B2H2	0.28	0.27	0.67	0.47	0.49	0.42	0.45	0.29	0.25	0.31	0.44	0.16	0.05	0.11	0.16	0.09	0.06	0.05	0.04	0.07	0.03
B2H3	0.24	0.28	0.64	0.47	0.50	0.43	0.47	0.30	0.22	0.27	0.47	0.15	0.05	0.09	0.10	0.10	0.06	0.04	0.03	0.07	0.04
B3H1	0.31	0.24	0.52	0.40	0.30	0.37	0.40	0.28	0.19	0.24	0.40	0.16	0.05	0.13	0.15	0.11	0.08	0.03	0.04	0.08	0.04
B3H2	0.22	0.29	0.57	0.40	0.30	0.36	0.40	0.31	0.21	0.24	0.40	0.16	0.07	0.10	0.12	0.16	0.08	0.03	0.05	0.07	0.04
B3H3	0.25	0.29	0.64	0.42	0.32	0.33	0.42	0.28	0.21	0.25	0.42	0.19	0.07	0.15	0.11	0.12	0.07	0.04	0.05	0.07	0.02
B4H1	0.24	0.25	0.66	0.38	0.37	0.39	0.43	0.29	0.21	0.25	0.79	0.20	0.04	0.11	0.10	0.10	0.08	0.05	0.05	0.08	0.04
B4H2	0.25	0.19	0.58	0.39	0.41	0.39	0.42	0.25	0.23	0.23	0.44	0.19	0.04	0.10	0.06	0.14	0.08	0.03	0.04	0.08	0.04
B4H3	0.25	0.21	0.67	0.36	0.40	0.37	0.42	0.26	0.20	0.24	0.44	0.17	0.03	0.09	0.12	0.12	0.08	0.02	0.04	0.06	0.05
ORT.	0.27	0.26	0.62	0.41	0.40	0.40	0.43	0.29	0.23	0.27	0.46	0.17	0.05	0.11	0.12	0.12	0.07	0.04	0.04	0.07	0.04
LSD B	-	-	-	-	0.06	-	-	-	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LSD HM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LSD BxHM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası; Y: Yaprak; G: Gövde; K: Kök; YS: Yaprak sapı; TA: Tarak; KO: Koza

EK-6. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2012 yılında analiz edilen bitki P içerikleri (%)

	TÖ		T				Ç					H					HS				
	Y	G	Y	G	K	YS	Y	G	K	YS	TA	Y	G	K	YS	KO	Y	G	K	YS	KO
B1	0.42b	0.45	0.39b	0.45	0.27	0.27a	0.29b	0.27b	0.17b	0.18	0.32	0.16c	0.14b	0.13c	0.09c	0.18b	0.21c	0.11b	0.11b	0.15c	0.06b
B2	0.42b	0.45	0.41a	0.43	0.29	0.23b	0.27bc	0.28b	0.18b	0.21	0.36	0.17c	0.15b	0.14bc	0.10c	0.15b	0.21c	0.10b	0.11b	0.16c	0.07b
B3	0.44a	0.43	0.38b	0.45	0.27	0.22b	0.25c	0.27b	0.19b	0.16	0.34	0.21b	0.12b	0.15b	0.13b	0.17b	0.24b	0.10b	0.11b	0.18b	0.07b
B4	0.44a	0.46	0.38b	0.43	0.27	0.23b	0.36a	0.33a	0.23a	0.26	0.35	0.37a	0.19a	0.24a	0.26a	0.22a	0.31a	0.16a	0.16a	0.23a	0.17a
H1	0.43	0.45	0.38b	0.43	0.27	0.23	0.28	0.27b	0.20	0.25	0.31	0.24	0.16	0.17a	0.16a	0.20	0.24	0.12	0.12	0.18	0.10
H2	0.44	0.46	0.39ab	0.44	0.29	0.24	0.29	0.31a	0.18	0.19	0.35	0.22	0.15	0.15b	0.14b	0.16	0.24	0.11	0.11	0.17	0.09
H3	0.43	0.44	0.40a	0.45	0.27	0.24	0.30	0.29ab	0.19	0.18	0.36	0.23	0.15	0.17ab	0.13b	0.18	0.25	0.12	0.13	0.19	0.09
B1H1	0.43	0.46	0.37	0.45	0.27	0.27	0.26	0.25	0.18	0.20	0.26	0.17	0.13	0.12	0.09	0.20	0.20	0.11	0.11	0.13	0.05
B1H2	0.44	0.46	0.38	0.45	0.28	0.25	0.30	0.30	0.17	0.18	0.30	0.15	0.16	0.14	0.09	0.15	0.20	0.10	0.10	0.14	0.06
B1H3	0.40	0.43	0.40	0.44	0.26	0.28	0.29	0.26	0.15	0.16	0.40	0.16	0.14	0.12	0.09	0.18	0.22	0.11	0.11	0.16	0.06
B2H1	0.42	0.44	0.42	0.42	0.27	0.23	0.28	0.26	0.18	0.18	0.33	0.15	0.13	0.13	0.10	0.15	0.22	0.10	0.10	0.16	0.07
B2H2	0.41	0.46	0.40	0.38	0.28	0.24	0.27	0.30	0.18	0.22	0.36	0.19	0.14	0.13	0.11	0.18	0.22	0.13	0.12	0.15	0.08
B2H3	0.43	0.45	0.40	0.50	0.30	0.23	0.27	0.28	0.18	0.22	0.38	0.17	0.17	0.15	0.10	0.12	0.20	0.08	0.10	0.16	0.07
B3H1	0.44	0.43	0.37	0.45	0.26	0.17	0.24	0.24	0.20	0.14	0.33	0.22	0.13	0.15	0.14	0.20	0.26	0.11	0.12	0.19	0.06
B3H2	0.46	0.46	0.38	0.47	0.30	0.24	0.26	0.29	0.15	0.20	0.37	0.22	0.11	0.16	0.12	0.16	0.24	0.09	0.10	0.18	0.09
B3H3	0.43	0.40	0.40	0.42	0.25	0.24	0.25	0.26	0.21	0.15	0.32	0.21	0.13	0.15	0.14	0.16	0.23	0.10	0.11	0.18	0.07
B4H1	0.43	0.48	0.35	0.40	0.26	0.23	0.36	0.31	0.24	0.47	0.33	0.41	0.25	0.29	0.32	0.23	0.29	0.16	0.16	0.23	0.19
B4H2	0.44	0.45	0.39	0.47	0.29	0.24	0.33	0.35	0.24	0.15	0.37	0.34	0.18	0.18	0.24	0.17	0.29	0.14	0.13	0.21	0.15
B4H3	0.46	0.46	0.39	0.43	0.27	0.21	0.38	0.34	0.21	0.17	0.36	0.37	0.15	0.26	0.20	0.25	0.34	0.18	0.18	0.25	0.18
ORT.	0.43	0.45	0.39	0.44	0.27	0.24	0.29	0.29	0.19	0.20	0.34	0.23	0.15	0.17	0.15	0.18	0.24	0.12	0.12	0.18	0.09
LSD B	0.01	-	0.02	-	-	0.03	0.03	0.03	0.03	-	-	0.02	0.03	0.02	0.01	0.04	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03
LSD HM	-	-	0.02	-	-	-	-	0.02	-	-	-	-	-	0.02	0.01	-	-	-	-	-	-
LSD BxHM	-	-	-	0.06	-	-	-	-	-	0.24	-	-	-	0.04	0.03	-	-	0.03	0.03	-	-

TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası; Y: Yaprak; G: Gövde; K: Kök; YS: Yaprak sapı; TA: Tarak; KO: Koza

EK-7. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2011 yılında analiz edilen bitki K içerikleri (%)

	TÖ		T				Ç					H					HS				
	Y	G	Y	G	K	YS	Y	G	K	YS	TA	Y	G	K	YS	KO	Y	G	K	YS	KO
B1	2.17	3.08	4.09	4.28	3.67a	8.88	3.74	2.64	1.28	6.42	1.95	3.01	2.12	1.39	4.92	3.94b	2.28	1.86	1.95	3.92	2.25
B2	2.16	3.02	3.68	4.61	3.70a	8.76	3.55	2.37	1.19	6.15	2.03	2.74	2.20	1.42	4.90	3.98b	2.50	2.04	1.92	3.83	2.34
B3	2.05	2.78	3.47	4.33	2.90b	8.08	3.36	2.40	1.01	6.14	1.91	2.76	2.09	1.35	4.68	3.88b	2.12	2.00	1.90	3.58	2.31
B4	2.01	2.63	3.70	4.03	3.08b	7.71	3.82	2.28	1.14	6.10	2.01	2.78	2.09	1.37	4.30	4.42a	2.71	2.16	1.79	4.30	2.13
H1	2.17	3.01	3.77	4.29	3.12	8.41	3.76	2.37	1.18	6.34	1.95	2.98	2.21	1.39	4.83	4.09	2.51	2.05	1.82	3.94	2.25
H2	2.12	2.84	3.71	4.33	3.54	8.18	3.53	2.43	1.13	6.17	1.98	2.79	2.03	1.43	4.64	4.06	2.35	2.14	1.98	4.16	2.31
H3	2.00	2.78	3.73	4.31	3.34	8.47	3.57	2.47	1.15	6.10	1.99	2.71	2.14	1.32	4.63	4.02	2.35	1.85	1.86	3.63	2.21
B1H1	2.31	3.15	4.50	4.00	3.51	9.28	3.97	2.40	1.33	6.29	1.94	3.19	2.07	1.44	5.02	4.05	2.45	1.85	1.91	4.00	2.30
B1H2	2.23	3.08	4.17	4.49	4.04	8.62	3.72	2.92	1.25	6.72	2.00	3.03	2.23	1.45	4.97	4.06	2.09	1.88	2.03	4.13	2.16
B1H3	1.96	3.00	3.59	4.35	3.47	8.74	3.53	2.61	1.25	6.24	1.90	2.81	2.07	1.27	4.77	3.71	2.31	1.85	1.91	3.63	2.30
B2H1	2.17	3.02	3.60	4.70	3.35	8.98	3.82	2.43	1.38	6.19	1.97	2.96	2.30	1.30	4.94	3.98	2.42	1.92	2.01	3.60	2.11
B2H2	2.11	2.97	3.59	4.30	3.90	7.36	3.39	2.19	1.12	5.96	1.94	2.57	2.07	1.57	4.80	4.10	2.60	2.39	1.95	4.26	2.65
B2H3	2.20	3.09	3.83	4.83	3.86	9.94	3.46	2.49	1.06	6.29	2.20	2.68	2.24	1.39	4.97	3.86	2.48	1.80	1.80	3.62	2.26
B3H1	2.06	3.06	3.06	4.35	2.94	7.97	3.35	2.34	0.92	6.53	1.94	2.90	2.25	1.46	4.86	3.94	2.31	2.10	1.71	3.50	2.42
B3H2	2.16	2.66	3.61	4.39	2.93	8.83	3.32	2.43	1.04	6.06	1.94	2.73	1.92	1.27	4.64	3.82	2.11	1.98	2.01	3.86	2.26
B3H3	1.93	2.61	3.72	4.24	2.82	7.45	3.40	2.42	1.06	5.84	1.84	2.67	2.12	1.30	4.55	3.90	1.93	1.91	1.97	3.39	2.25
B4H1	2.15	2.81	3.90	4.11	2.70	7.43	3.89	2.30	1.06	6.34	1.97	2.87	2.20	1.36	4.53	4.38	2.84	2.34	1.67	4.63	2.18
B4H2	1.97	2.64	3.45	4.15	3.30	7.94	3.70	2.19	1.11	5.93	2.07	2.80	1.91	1.43	4.16	4.26	2.63	2.31	1.93	4.39	2.16
B4H3	1.92	2.44	3.76	3.82	3.23	7.75	3.88	2.36	1.24	6.03	2.00	2.68	2.15	1.33	4.22	4.63	2.67	1.84	1.78	3.87	2.04
ORT.	2.10	2.88	3.73	4.31	3.34	8.36	3.62	2.42	1.15	6.20	1.97	2.82	2.13	1.38	4.70	4.06	2.40	2.01	1.89	3.91	2.26
LSD B	-	-	-	-	0.54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.35	-	-	-	-	-
LSD HM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LSD BxHM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası; Y: Yaprak; G: Gövde; K: Kök; YS: Yaprak sapı; TA: Tarak; KO: Koza

EK-8. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2012 yılında analiz edilen bitki K içerikleri (%)

	TÖ		T				Ç					H					HS				
	Y	G	Y	G	K	YS	Y	G	K	YS	TA	Y	G	K	YS	KO	Y	G	K	YS	KO
B1	2.94ab	4.62a	2.47	4.01	2.29b	7.33	2.15b	3.04b	1.12	5.08	1.69b	2.41c	2.21c	1.25b	5.06b	3.11c	2.10	1.66c	1.22b	2.93b	2.27b
B2	2.58c	4.71a	2.74	4.14	2.58a	7.26	2.22b	2.61b	1.14	4.98	1.68b	2.66b	2.11c	1.11b	4.89b	3.18c	2.12	1.55c	1.20b	3.21b	2.30b
B3	2.81b	4.02b	2.48	3.85	2.33b	7.23	2.47a	2.91b	1.22	4.87	1.55c	3.23a	2.48b	1.22b	4.81b	3.42b	2.33	1.91b	1.28b	3.07b	2.31b
B4	2.99a	3.68c	2.58	4.05	2.24b	7.54	2.60a	3.82a	1.26	5.11	1.94a	3.09a	3.48a	1.68a	5.48a	4.19a	2.37	2.40a	1.42a	3.62a	2.54a
H1	2.79	4.34	2.58	4.05	2.33	7.48	2.38	2.99	1.20	5.07	1.69	2.86	2.77a	1.37	5.18	3.64a	2.27	2.09a	1.31	3.18	2.31
H2	2.92	4.22	2.60	3.95	2.44	7.24	2.36	3.33	1.12	4.98	1.69	2.81	2.55ab	1.36	4.93	3.30b	2.26	1.89b	1.25	3.21	2.45
H3	2.78	4.21	2.53	4.04	2.31	7.31	2.34	2.96	1.24	4.99	1.76	2.88	2.39b	1.22	5.07	3.49ab	2.15	1.66c	1.27	3.22	2.31
B1H1	2.95	4.53	2.47	4.19	2.40	7.51	2.15	2.97	1.12	5.28	1.61	2.48	2.22	1.19	5.45	3.13	2.21	1.79	1.08	2.83	2.25
B1H2	3.05	4.56	2.51	3.92	2.30	7.40	2.26	3.14	1.01	4.98	1.77	2.45	2.21	1.40	5.01	2.98	2.19	1.82	1.29	3.07	2.36
B1H3	2.81	4.76	2.44	3.93	2.16	7.08	2.05	3.00	1.22	4.98	1.69	2.30	2.19	1.15	4.72	3.21	1.89	1.35	1.29	2.88	2.21
B2H1	2.61	4.93	2.88	4.40	2.52	7.79	2.33	2.75	1.07	5.03	1.67	2.74	2.22	1.21	4.90	3.13	2.33	1.75	1.29	3.44	2.40
B2H2	2.74	4.34	2.76	3.83	2.59	7.02	2.11	2.48	1.18	4.89	1.58	2.70	2.12	1.02	4.76	3.21	1.92	1.63	1.16	3.11	2.36
B2H3	2.40	4.86	2.58	4.18	2.62	6.98	2.22	2.59	1.18	5.03	1.80	2.55	1.98	1.09	5.00	3.20	2.11	1.26	1.14	3.07	2.15
B3H1	2.73	3.90	2.55	3.80	2.23	6.77	2.55	2.76	1.18	4.84	1.54	3.22	2.48	1.16	4.67	3.89	2.11	2.28	1.42	2.93	2.34
B3H2	2.90	4.32	2.48	3.83	2.47	7.24	2.41	3.23	1.09	5.18	1.62	3.12	2.48	1.49	4.70	3.11	2.79	1.83	1.23	3.27	2.29
B3H3	2.78	3.85	2.40	3.92	2.28	7.69	2.44	2.74	1.38	4.60	1.48	3.36	2.47	1.01	5.05	3.25	2.08	1.62	1.20	3.00	2.29
B4H1	2.87	3.99	2.40	3.81	2.17	7.85	2.49	3.47	1.42	5.13	1.94	3.01	4.17	1.91	5.70	4.38	2.44	2.53	1.45	3.52	2.25
B4H2	2.97	3.67	2.65	4.20	2.40	7.30	2.67	4.47	1.19	4.88	1.81	2.97	3.38	1.52	5.26	3.90	2.16	2.27	1.32	3.41	2.78
B4H3	3.12	3.38	2.69	4.14	2.17	7.47	2.64	3.51	1.18	5.33	2.08	3.29	2.90	1.61	5.49	4.29	2.51	2.40	1.48	3.93	2.59
ORT.	2.83	4.26	2.57	4.01	2.36	7.34	2.36	3.09	1.18	5.01	1.72	2.85	2.57	1.31	5.06	3.47	2.23	1.88	1.28	3.21	2.36
LSD B	0.16	0.20	-	-	0.25	-	0.20	0.48	-	-	0.14	0.26	0.27	0.19	0.32	0.23	-	0.22	0.12	0.38	0.17
LSD HM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.23	-	-	0.20	-	0.19	-	-	-
LSD BxHM	0.36	0.45	-	-	-	0.57	-	-	-	0.44	-	-	0.60	0.43	-	0.52	0.60	-	0.27	-	0.37

TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası; Y: Yaprak; G: Gövde; K: Kök; YS: Yaprak sapı; TA: Tarak; KO: Koza

EK-9. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2011 yılında analiz edilen bitki Ca içerikleri (%)

	TÖ		T				Ç					H					HS				
	Y	G	Y	G	K	YS	Y	G	K	YS	TA	Y	G	K	YS	KO	Y	G	K	YS	KO
B1	0.97	1.06	1.40	0.82b	0.62	1.79	1.37	0.84	0.32	1.42	0.95	1.25	0.72	0.34	1.55ab	0.79ab	1.41	0.99	0.43	1.59	0.91
B2	1.00	1.07	1.33	1.05a	0.64	1.80	1.38	0.81	0.30	1.40	0.97	1.27	0.77	0.36	1.53b	0.70b	1.40	1.06	0.46	1.62	0.88
B3	0.97	1.08	1.30	1.06a	0.54	1.73	1.41	0.89	0.30	1.40	0.91	1.30	0.73	0.38	1.59a	0.81ab	1.43	0.99	0.51	1.59	0.76
B4	1.04	1.04	1.34	0.96a	0.55	1.79	1.44	0.87	0.30	1.43	0.99	1.25	0.75	0.38	1.52b	0.90a	1.45	1.03	0.45	1.62	0.81
H1	0.98	1.06	1.37	0.96	0.55	1.80	1.41	0.82	0.29	1.41	0.93	1.26	0.76	0.37	1.55	0.80	1.43	1.04	0.46	1.60	0.84
H2	1.01	1.05	1.32	1.01	0.61	1.74	1.39	0.86	0.31	1.42	0.94	1.30	0.70	0.37	1.56	0.79	1.44	1.03	0.46	1.64	0.84
H3	0.99	1.08	1.33	0.94	0.59	1.80	1.40	0.88	0.31	1.41	0.99	1.25	0.76	0.36	1.53	0.80	1.40	0.98	0.47	1.58	0.84
B1H1	0.97	1.09	1.44	0.83	0.59	1.87	1.39	0.80	0.31	1.43	0.92	1.26	0.79	0.37	1.54	0.76	1.41	1.00	0.42	1.57	0.94
B1H2	0.96	1.02	1.35	0.83	0.66	1.67	1.34	0.89	0.36	1.43	0.96	1.24	0.64	0.34	1.59	0.77	1.40	0.98	0.43	1.63	0.80
B1H3	0.99	1.06	1.40	0.78	0.60	1.83	1.37	0.84	0.28	1.40	0.97	1.26	0.72	0.31	1.54	0.84	1.42	0.99	0.45	1.56	0.99
B2H1	1.03	1.06	1.38	1.02	0.59	1.78	1.37	0.80	0.28	1.39	0.96	1.27	0.76	0.32	1.55	0.75	1.40	1.09	0.48	1.63	0.97
B2H2	0.99	1.06	1.31	1.12	0.65	1.78	1.39	0.80	0.30	1.44	0.94	1.31	0.74	0.40	1.52	0.67	1.42	1.13	0.45	1.67	0.98
B2H3	0.98	1.11	1.31	1.01	0.68	1.83	1.39	0.84	0.33	1.38	1.02	1.24	0.80	0.36	1.52	0.69	1.37	0.95	0.45	1.55	0.69
B3H1	0.89	1.07	1.28	1.02	0.55	1.81	1.44	0.78	0.30	1.35	0.87	1.26	0.75	0.40	1.59	0.79	1.42	0.99	0.53	1.57	0.64
B3H2	1.04	1.10	1.28	1.09	0.52	1.65	1.40	0.97	0.31	1.40	0.89	1.34	0.70	0.36	1.61	0.87	1.45	0.99	0.48	1.62	0.85
B3H3	0.98	1.09	1.34	1.08	0.55	1.71	1.39	0.91	0.31	1.44	0.97	1.30	0.74	0.37	1.56	0.76	1.42	0.99	0.52	1.58	0.77
B4H1	1.04	1.03	1.40	0.96	0.49	1.71	1.43	0.89	0.28	1.45	0.96	1.25	0.74	0.37	1.54	0.91	1.47	1.06	0.41	1.61	0.79
B4H2	1.05	1.01	1.32	1.01	0.60	1.84	1.44	0.80	0.30	1.40	1.00	1.30	0.74	0.37	1.52	0.85	1.49	1.04	0.47	1.62	0.72
B4H3	1.02	1.07	1.30	0.91	0.55	1.83	1.45	0.94	0.33	1.43	1.01	1.21	0.77	0.39	1.49	0.92	1.40	0.98	0.47	1.62	0.93
ORT.	1.00	1.06	1.34	0.97	0.59	1.78	1.40	0.85	0.31	1.41	0.96	1.27	0.74	0.37	1.55	0.80	1.42	1.02	0.46	1.60	0.84
LSD B	-	-	-	0.14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	0.11	-	-	-	-	-
LSD HM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LSD B x HM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası; Y: Yaprak; G: Gövde; K: Kök; YS: Yaprak sapı; TA: Tarak; KO: Koza

EK-10. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2012 yılında analiz edilen bitki Ca içerikleri (%)

	TÖ		T				Ç					H					HS				
	Y	G	Y	G	K	YS	Y	G	K	YS	TA	Y	G	K	YS	KO	Y	G	K	YS	KO
B1	1.72a	1.27c	1.81	1.48	0.48a	2.13	1.31a	0.81b	0.22	1.49	1.01b	1.89b	1.21	0.50a	1.96b	0.86b	1.40b	0.85	0.41a	1.53b	0.87a
B2	1.59b	1.30b	1.80	1.46	0.42b	2.10	1.33a	0.77b	0.20	1.51	1.19a	1.96a	1.17	0.45b	2.03a	0.91b	1.40b	0.89	0.36ab	1.59a	0.78b
B3	1.56b	1.32ab	1.82	1.40	0.39b	2.16	1.31a	0.76b	0.24	1.50	1.07b	1.96a	1.27	0.44b	2.03a	0.98a	1.47a	0.88	0.33b	1.53b	0.81b
B4	1.64ab	1.34a	1.87	1.42	0.42b	2.17	1.23b	1.05a	0.20	1.54	1.18a	1.99a	1.24	0.45b	1.98b	0.97a	1.41b	0.88	0.33b	1.61a	0.90a
H1	1.61	1.33a	1.79b	1.46	0.43	2.16	1.32	0.82	0.21	1.50b	1.08	1.96	1.23	0.45	2.03	0.90	1.44a	0.94a	0.37	1.55	0.82
H2	1.65	1.31a	1.88a	1.42	0.42	2.14	1.27	0.91	0.20	1.49b	1.09	1.93	1.24	0.46	2.00	0.97	1.40b	0.86b	0.36	1.58	0.85
H3	1.61	1.28b	1.80b	1.44	0.42	2.12	1.30	0.80	0.24	1.54a	1.17	1.95	1.19	0.47	1.98	0.92	1.43a	0.82b	0.34	1.56	0.85
B1H1	1.72	1.31	1.82	1.48	0.48	2.13	1.33	0.78	0.25	1.51	0.91	1.92	1.24	0.48	2.06	0.80	1.43	0.88	0.45	1.55	0.91
B1H2	1.70	1.28	1.87	1.48	0.48	2.17	1.38	0.83	0.22	1.44	1.06	1.86	1.11	0.50	1.96	0.91	1.38	0.86	0.42	1.55	0.86
B1H3	1.73	1.23	1.74	1.48	0.48	2.09	1.24	0.81	0.20	1.51	1.04	1.89	1.28	0.53	1.86	0.88	1.38	0.81	0.37	1.50	0.83
B2H1	1.62	1.31	1.69	1.48	0.43	2.17	1.39	0.81	0.18	1.48	1.11	1.96	1.09	0.46	2.09	0.95	1.43	0.98	0.35	1.56	0.81
B2H2	1.69	1.26	1.87	1.30	0.43	2.09	1.23	0.85	0.22	1.48	1.14	1.94	1.28	0.45	1.99	0.88	1.36	0.88	0.38	1.65	0.80
B2H3	1.46	1.32	1.82	1.61	0.39	2.04	1.36	0.65	0.22	1.59	1.33	1.97	1.14	0.45	2.02	0.90	1.41	0.81	0.35	1.56	0.73
B3H1	1.54	1.26	1.78	1.48	0.39	2.17	1.38	0.73	0.18	1.49	1.08	1.97	1.23	0.38	2.01	0.93	1.48	0.96	0.37	1.55	0.68
B3H2	1.59	1.37	1.87	1.39	0.39	2.17	1.24	0.76	0.18	1.54	0.99	1.94	1.34	0.51	2.06	1.06	1.46	0.86	0.30	1.51	0.83
B3H3	1.54	1.32	1.82	1.35	0.39	2.13	1.31	0.78	0.36	1.48	1.14	1.96	1.23	0.43	2.04	0.95	1.48	0.80	0.33	1.53	0.91
B4H1	1.58	1.43	1.87	1.39	0.43	2.17	1.18	0.98	0.22	1.51	1.23	1.99	1.36	0.46	1.96	0.93	1.43	0.93	0.33	1.55	0.88
B4H2	1.64	1.34	1.91	1.52	0.39	2.13	1.24	1.21	0.18	1.51	1.14	1.99	1.24	0.40	2.01	1.01	1.38	0.85	0.35	1.63	0.90
B4H3	1.70	1.24	1.82	1.35	0.43	2.22	1.28	0.96	0.20	1.59	1.18	1.99	1.13	0.48	1.99	0.98	1.43	0.86	0.32	1.65	0.93
ORT.	1.63	1.31	1.82	1.44	0.43	2.14	1.30	0.85	0.22	1.51	1.11	1.95	1.22	0.46	2.00	0.93	1.42	0.88	0.36	1.56	0.84
LSD B	0.10	0.03	-	-	0.05	-	0.06	0.13	-	-	0.11	0.06	-	0.05	0.05	0.07	0.03	-	0.06	0.06	0.06
LSD HM	-	0.02	0.02	-	-	-	-	-	-	0.04	-	-	-	-	-	-	0.02	0.07	-	-	-
LSD BxHM	-	0.06	-	-	-	-	0.14	-	-	-	-	-	0.22	-	0.11	-	-	-	-	-	0.14

TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası; Y: Yaprak; G: Gövde; K: Kök; YS: Yaprak sapı; TA: Tarak; KO: Koza

EK-11. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2011 yılında analiz edilen bitki Mg içerikleri (%)

	TÖ		T				Ç					H					HS				
	Y	G	Y	G	K	YS	Y	G	K	YS	TA	Y	G	K	YS	KO	Y	G	K	YS	KO
B1	1.10	1.07	1.01	0.38	0.38	0.98	1.16	0.35	0.26	0.69b	0.43	0.78	0.26	0.26	0.68	0.21	1.45	1.38	1.36a	1.55	1.25
B2	1.14	1.13	0.99	0.49	0.39	1.05	1.15	0.34	0.24	0.73ab	0.47	0.75	0.27	0.27	0.70	0.18	1.42	1.39	1.35a	1.51	1.24
B3	1.16	1.08	1.02	0.53	0.30	1.06	1.21	0.37	0.24	0.88a	0.45	0.85	0.29	0.27	0.83	0.20	1.51	1.38	1.34ab	1.54	1.21
B4	1.20	1.06	1.14	0.48	0.33	1.13	1.25	0.38	0.25	0.86a	0.49	0.84	0.27	0.28	0.79	0.21	1.47	1.34	1.33b	1.53	1.24
H1	1.16	1.12	1.02	0.45	0.30	1.04	1.19	0.33	0.24	0.78	0.44	0.80	0.29	0.26	0.74	0.20	1.47	1.36	1.34b	1.52b	1.23
H2	1.14	1.08	1.03	0.49	0.37	1.01	1.18	0.37	0.25	0.80	0.46	0.82	0.27	0.28	0.77	0.20	1.45	1.40	1.36a	1.56a	1.24
H3	1.15	1.07	1.07	0.47	0.37	1.12	1.21	0.37	0.25	0.79	0.48	0.80	0.26	0.26	0.75	0.19	1.47	1.37	1.35ab	1.53b	1.23
B1H1	1.14	1.14	1.03	0.36	0.34	0.97	1.14	0.30	0.27	0.70	0.42	0.78	0.30	0.24	0.66	0.19	1.46	1.32	1.35	1.54	1.24
B1H2	1.05	1.01	1.03	0.43	0.43	0.92	1.07	0.39	0.24	0.66	0.44	0.75	0.23	0.28	0.67	0.20	1.44	1.42	1.36	1.57	1.25
B1H3	1.11	1.07	0.98	0.35	0.38	1.05	1.26	0.35	0.26	0.71	0.43	0.80	0.24	0.26	0.72	0.23	1.45	1.41	1.36	1.55	1.26
B2H1	1.12	1.06	0.94	0.46	0.33	1.05	1.19	0.33	0.25	0.70	0.45	0.75	0.31	0.24	0.71	0.20	1.37	1.38	1.34	1.51	1.24
B2H2	1.15	1.20	0.99	0.51	0.44	0.91	1.18	0.36	0.23	0.82	0.46	0.75	0.27	0.30	0.74	0.15	1.45	1.44	1.37	1.55	1.28
B2H3	1.15	1.13	1.04	0.48	0.40	1.20	1.08	0.32	0.23	0.67	0.50	0.75	0.23	0.26	0.65	0.19	1.45	1.35	1.35	1.47	1.21
B3H1	1.13	1.13	0.89	0.52	0.29	1.10	1.19	0.32	0.22	0.86	0.43	0.82	0.27	0.29	0.78	0.17	1.49	1.36	1.32	1.50	1.20
B3H2	1.22	1.06	1.03	0.51	0.28	1.06	1.20	0.39	0.26	0.87	0.44	0.88	0.32	0.25	0.85	0.25	1.50	1.37	1.35	1.57	1.22
B3H3	1.14	1.05	1.13	0.57	0.32	1.03	1.24	0.39	0.25	0.90	0.49	0.84	0.29	0.25	0.86	0.17	1.53	1.41	1.36	1.56	1.22
B4H1	1.25	1.13	1.19	0.48	0.26	1.05	1.23	0.37	0.23	0.87	0.47	0.83	0.28	0.27	0.79	0.22	1.57	1.37	1.33	1.53	1.25
B4H2	1.13	1.02	1.09	0.50	0.34	1.13	1.27	0.35	0.26	0.84	0.50	0.90	0.26	0.28	0.83	0.21	1.40	1.35	1.35	1.54	1.22
B4H3	1.21	1.03	1.14	0.46	0.40	1.21	1.25	0.42	0.25	0.88	0.51	0.80	0.27	0.28	0.75	0.19	1.45	1.31	1.32	1.52	1.24
ORT.	1.15	1.09	1.04	0.47	0.35	1.06	1.19	0.36	0.25	0.79	0.46	0.81	0.27	0.27	0.75	0.20	1.46	1.37	1.35	1.53	1.23
LSD B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-
LSD HM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	0.03	-
LSD BxHM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası; Y: Yaprak; G: Gövde; K: Kök; YS: Yaprak sapı; TA: Tarak; KO: Koza

EK-12. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2012 yılında analiz edilen bitki Mg içerikleri (%)

	TÖ		T				Ç					H					HS				
	Y	G	Y	G	K	YS	Y	G	K	YS	TA	Y	G	K	YS	KO	Y	G	K	YS	KO
B1	0.08	0.08	0.73	0.38	0.27a	0.63	0.74a	0.34	0.19	0.75a	0.46b	0.94a	0.40a	0.27a	0.84a	0.26a	0.67	0.42b	0.23ab	1.04ab	0.23
B2	0.08	0.08	0.75	0.38	0.20b	0.61	0.78a	0.32	0.18	0.76a	0.50a	0.92a	0.44a	0.24b	0.89a	0.29a	0.70	0.49a	0.22b	0.92b	0.22
B3	0.08	0.08	0.76	0.40	0.22ab	0.66	0.78a	0.32	0.20	0.79a	0.48ab	0.87b	0.42a	0.27a	0.75b	0.28a	0.66	0.37bc	0.24a	1.26a	0.24
B4	0.08	0.08	0.79	0.42	0.22ab	0.69	0.68b	0.34	0.17	0.70b	0.51a	0.75c	0.28b	0.25ab	0.71b	0.23b	0.69	0.32c	0.23ab	0.95b	0.24
H1	0.08	0.08	0.75	0.40	0.23	0.64	0.74	0.31b	0.19	0.74	0.47	0.87	0.36	0.24	0.81ab	0.26b	0.67	0.40	0.23	0.99	0.24
H2	0.08	0.08	0.78	0.38	0.21	0.67	0.74	0.35a	0.18	0.76	0.50	0.87	0.40	0.27	0.85a	0.29a	0.68	0.41	0.23	1.02	0.24
H3	0.08	0.08	0.73	0.40	0.25	0.63	0.76	0.32b	0.20	0.76	0.50	0.87	0.38	0.26	0.74b	0.24b	0.70	0.39	0.23	1.12	0.22
B1H1	0.08	0.08	0.78	0.43	0.24	0.72	0.71	0.32	0.19	0.79	0.42	0.92	0.38	0.24	0.87	0.26	0.63	0.38	0.20	0.92	0.25
B1H2	0.08	0.08	0.71	0.38	0.21	0.63	0.74	0.36	0.17	0.67	0.49	0.90	0.37	0.29	0.85	0.29	0.68	0.44	0.25	1.00	0.24
B1H3	0.08	0.08	0.71	0.33	0.35	0.56	0.77	0.34	0.21	0.79	0.47	0.99	0.45	0.27	0.80	0.24	0.70	0.43	0.24	1.21	0.21
B2H1	0.08	0.08	0.68	0.39	0.21	0.68	0.79	0.30	0.17	0.68	0.46	0.94	0.38	0.24	0.82	0.29	0.68	0.47	0.23	0.84	0.21
B2H2	0.08	0.08	0.87	0.34	0.21	0.60	0.78	0.35	0.18	0.82	0.50	0.86	0.53	0.23	1.05	0.28	0.67	0.55	0.20	0.98	0.25
B2H3	0.08	0.08	0.71	0.40	0.19	0.56	0.78	0.31	0.20	0.79	0.55	0.95	0.39	0.25	0.79	0.29	0.74	0.45	0.21	0.95	0.19
B3H1	0.08	0.08	0.75	0.38	0.24	0.53	0.75	0.30	0.20	0.82	0.47	0.90	0.42	0.24	0.80	0.25	0.69	0.37	0.27	1.24	0.22
B3H2	0.08	0.08	0.78	0.41	0.20	0.76	0.75	0.33	0.16	0.81	0.49	0.91	0.43	0.30	0.74	0.33	0.63	0.35	0.23	1.17	0.24
B3H3	0.08	0.08	0.74	0.41	0.22	0.70	0.84	0.33	0.23	0.73	0.49	0.80	0.41	0.26	0.71	0.25	0.67	0.39	0.22	1.38	0.27
B4H1	0.08	0.08	0.81	0.40	0.23	0.64	0.71	0.33	0.19	0.66	0.52	0.72	0.27	0.26	0.73	0.22	0.66	0.36	0.23	0.97	0.28
B4H2	0.08	0.08	0.77	0.40	0.21	0.71	0.69	0.38	0.18	0.72	0.53	0.80	0.28	0.25	0.76	0.27	0.73	0.30	0.23	0.95	0.22
B4H3	0.08	0.08	0.78	0.44	0.23	0.72	0.64	0.29	0.15	0.72	0.50	0.73	0.28	0.25	0.64	0.20	0.69	0.29	0.23	0.93	0.22
ORT.	0.08	0.08	0.76	0.39	0.23	0.65	0.75	0.33	0.19	0.75	0.49	0.87	0.38	0.26	0.80	0.26	0.68	0.40	0.23	1.05	0.23
LSD B	-	-	-	-	0.05	-	0.04	-	-	0.05	0.04	0.05	0.05	0.03	0.09	0.03	-	0.06	0.02	0.24	-
LSD HM	-	-	-	-	-	-	-	0.03	-	-	-	-	-	-	0.08	0.02	-	-	-	-	-
LSD BxHM	-	-	-	0.09	-	0.22	-	-	-	0.11	-	0.11	0.11	-	-	-	-	-	0.04	-	0.06

TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası; Y: Yaprak; G: Gövde; K: Kök; YS: Yaprak sapı; TA: Tarak; KO: Koza



EK-13. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2011 yılında analiz edilen bitki Fe içerikleri (mg kg<sup>-1</sup>)

	TÖ		T				Ç					H					HS				
	Y	G	Y	G	K	YS	Y	G	K	YS	TA	Y	G	K	YS	KO	Y	G	K	YS	KO
B1	164	190	280	49	277	112	234	60	353	84	57	183	27	409	41	17	264	144	660	181	133
B2	262	104	265	90	275	101	240	49	315	78	53	189	32	363	49	12	305	94	823	173	118
B3	210	153	260	53	212	103	225	58	326	82	47	197	27	337	47	13	240	136	729	203	107
B4	255	288	269	46	292	100	233	58	325	77	55	196	26	417	40	18	303	107	894	176	139
H1	267	158	269	51	225	107	234	54	294	80	50	189	26	325	44	17	245	99	850	190	117
H2	194	161	268	77	278	96	227	65	375	77	52	206	30	431	47	15	342	140	660	197	124
H3	207	232	269	51	289	109	237	50	321	83	58	179	29	389	42	12	248	122	820	164	131
B1H1	143	209	296	59	253	82	237	54	358	81	59	186	22	232	40	23	284	93	793	183	150
B1H2	154	247	273	45	303	91	224	83	366	79	52	193	25	496	42	18	275	241	519	215	115
B1H3	196	114	271	44	276	163	240	43	336	91	61	171	36	500	42	10	234	97	667	146	133
B2H1	246	125	250	53	224	118	233	51	275	81	47	184	29	360	49	16	278	94	859	187	109
B2H2	273	95	274	156	293	89	236	52	342	76	55	198	37	433	54	8	448	109	654	163	138
B2H3	266	92	272	63	307	96	250	43	328	75	58	185	29	297	44	12	191	79	958	169	106
B3H1	209	144	254	52	212	108	233	51	252	80	46	190	29	351	41	15	215	104	834	185	84
B3H2	249	96	256	52	193	99	220	73	380	80	44	214	30	339	52	15	250	101	645	243	130
B3H3	173	218	269	55	230	103	221	50	348	87	53	187	22	320	49	7	255	202	708	180	108
B4H1	472	155	276	38	211	122	234	59	293	77	49	193	25	358	46	15	203	105	914	204	125
B4H2	102	206	269	57	325	104	228	52	410	75	58	219	27	455	42	21	397	109	822	166	114
B4H3	192	504	263	44	342	75	237	64	272	80	59	175	28	437	33	17	311	109	946	160	177
ORT.	223	183	268	60	264	104	233	56	330	80	53	191	28	381	44	15	278	120	777	183	124
LSD B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LSD HM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LSD BxHM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası; Y: Yaprak; G: Gövde; K: Kök; YS: Yaprak sapı; TA: Tarak; KO: Koza

EK-14. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2012 yılında analiz edilen bitki Fe içerikleri (mg kg<sup>-1</sup>)

	TÖ		T				Ç					H					HS				
	Y	G	Y	G	K	YS	Y	G	K	YS	TA	Y	G	K	YS	KO	Y	G	K	YS	KO
B1	17	4	1854a	639	3257b	361a	588a	153a	838	121a	215	1320a	889c	1435	753a	740b	366b	265a	1346b	163a	87b
B2	36	4	1643a	690	4035c	301b	662ab	158a	665	132a	236	1323a	893c	1345	751a	731b	293a	251a	1342b	161a	95b
B3	15	4	2330b	652	3533bc	250bc	703b	117b	524	168b	212	1440b	743a	1432	805b	704a	480c	73c	1204a	185ab	55c
B4	16	4	2224b	664	2290a	241c	708b	163a	588	153b	254	1270a	816b	1480	819c	715a	417b	199b	1690c	204b	120a
H1	15	4a	1634a	646	3379ab	313	705	137	756	143	222	1375b	825	1332a	787	719	380	203	1446	173	73b
H2	32	4a	2276b	665	3626b	290	681	162	607	149	230	1283a	841	1487b	779	731	396	198	1353	185	101a
H3	16	4b	2128b	673	2831a	262	611	143	597	138	237	1356b	839	1451b	780	718	391	191	1387	178	94a
B1H1	16	4	1624	835	3743	405	652	150	1059	119	169	1286	891	1273	753	741	364	259	1680	162	88
B1H2	17	4	2090	501	3513	379	583	155	748	124	229	1203	878	1615	748	743	387	268	1221	185	92
B1H3	18	5	1848	580	2514	298	530	152	708	119	247	1470	898	1416	758	738	347	269	1139	144	80
B2H1	15	4	745	612	4022	372	598	163	698	126	218	1438	895	1276	755	751	311	258	1273	131	97
B2H2	80	4	2071	568	3502	266	710	174	607	134	237	1268	879	1412	761	729	273	245	1317	153	115
B2H3	13	4	2114	888	4581	266	680	136	689	137	253	1263	905	1348	737	713	297	250	1435	200	73
B3H1	14	5	2322	609	4116	253	818	120	652	168	212	1524	745	1320	824	695	456	81	1374	186	35
B3H2	16	4	2436	774	4285	249	770	114	472	191	215	1389	752	1447	785	713	492	81	1311	200	60
B3H3	15	3	2233	574	2200	248	521	118	447	146	211	1408	732	1531	806	706	492	58	928	170	71
B4H1	15	4	1846	527	1637	221	751	117	617	160	289	1249	771	1460	818	689	390	214	1458	213	72
B4H2	16	4	2506	816	3201	267	661	206	602	147	238	1275	856	1474	821	739	432	196	1565	201	138
B4H3	17	4	2319	649	2031	235	713	165	546	153	236	1285	821	1508	820	716	429	188	2045	198	151
ORT.	21	4	2013	661	3279	288	666	148	654	144	229	1338	835	1423	782	723	389	197	1395	179	89
LSD B	-	-	270.8	-	774.4	59.1	98.3	32.1	-	19.9	-	84.1	38.8	-	13.6	15.7	56.0	18.9	141.4	24.7	23.9
LSD HM	-	0.27	228.2	-	652.5	-	-	-	-	-	-	70.9	-	102.2	-	-	-	-	-	-	20.1
LSD BxHM	-	0.71	597.6	234.7	1708.7	-	216.9	-	-	-	-	185.6	-	-	29.9	34.6	-	-	312.0	54.4	52.7

TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası; Y: Yaprak; G: Gövde; K: Kök; YS: Yaprak sapı; TA: Tarak; KO: Koza

EK-15. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2011 yılında analiz edilen bitki Mn içerikleri (mg kg<sup>-1</sup>)

	TÖ		T				Ç					H					HS				
	Y	G	Y	G	K	YS	Y	G	K	YS	TA	Y	G	K	YS	KO	Y	G	K	YS	KO
B1	252	160	40	22	27	15	60	12	21	9	20	79	41	30	20	10	63	34	33	38	29
B2	259	169	37	27	30	19	61	9	24	9	19	81	44	30	20	8	63	29	35	36	28
B3	266	174	35	27	23	14	60	12	23	11	23	81	45	26	16	8	62	26	37	29	26
B4	256	111	36	26	27	17	63	12	22	13	23	85	49	30	19	9	66	30	39	32	30
H1	255	165	33	23	24	15	59	11	23	11	21	80	43	28	18	9	62	31	35	32	31
H2	259	161	37	28	28	16	60	12	24	10	21	83	45	31	19	7	69	31	38	34	27
H3	260	135	41	25	28	17	63	10	21	10	22	81	46	28	20	10	60	27	34	35	27
B1H1	265	166	32	17	29	14	63	12	24	9	20	81	37	26	17	9	62	34	29	39	39
B1H2	249	158	42	27	29	13	53	16	18	11	21	77	40	37	18	9	61	35	36	38	25
B1H3	241	158	46	20	22	17	63	7	20	7	21	80	44	27	23	13	67	33	34	37	24
B2H1	257	170	35	27	25	21	58	10	20	9	22	78	43	33	20	9	64	32	36	35	25
B2H2	262	158	36	28	32	18	65	5	29	9	16	83	46	30	18	6	72	31	36	35	33
B2H3	260	179	38	27	33	18	60	12	23	10	20	81	43	28	21	9	53	24	34	37	28
B3H1	253	207	30	22	20	14	57	10	20	13	21	79	43	25	16	10	63	25	35	23	28
B3H2	273	205	31	30	22	15	60	14	26	9	23	85	45	28	19	6	64	29	43	33	22
B3H3	274	110	45	28	26	13	64	13	24	12	25	80	47	25	14	10	59	25	33	32	27
B4H1	247	117	35	25	23	13	61	12	26	14	22	82	48	28	19	10	58	33	43	30	33
B4H2	255	122	39	28	28	18	63	14	23	14	24	89	49	31	20	8	77	30	38	30	28
B4H3	266	94	33	24	30	21	65	10	17	13	22	83	50	32	20	9	64	27	35	35	29
ORT.	258	153	37	25	27	16	61	11	23	11	21	82	45	29	19	9	64	30	36	34	28
LSD B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LSD HM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LSD BxHM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası; Y: Yaprak; G: Gövde; K: Kök; YS: Yaprak sapı; TA: Tarak; KO: Koza

EK-16. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2012 yılında analiz edilen bitki Mn içerikleri (mg kg<sup>-1</sup>)

	TÖ		T				Ç					H					HS				
	Y	G	Y	G	K	YS	Y	G	K	YS	TA	Y	G	K	YS	KO	Y	G	K	YS	KO
B1	100c	38a	229	75	86bc	33	63b	55a	50	49b	42a	78b	51a	56b	43c	38b	27b	22a	39b	17b	16
B2	87d	34b	214	71	116a	29	57c	52a	55	45b	47a	78b	51a	63a	41c	41a	24b	21a	48a	17b	35
B3	110b	23c	241	77	93b	28	74a	14c	50	57a	24b	87a	44b	59b	47b	28d	34a	11b	40b	21a	15
B4	117a	26c	231	80	73c	30	74a	35b	55	59a	27b	74b	47b	64a	52a	31c	33a	21a	53a	24a	18
H1	102	32	220	72	94	30	67	34	58a	53	34	82a	48	60	47	33b	30	19	49a	20	15
H2	106	29	234	77	99	31	67	43	49b	50	35	74b	50	62	46	37a	30	19	44ab	20	17
H3	102	31	231	78	83	29	68	40	50b	54	36	81a	48	61	45	34b	29	18	41b	19	31
B1H1	99	40	230	83	100	29	61	55	54	51	40	80	52	54	43	39	30	20	50	20	15
B1H2	99	39	220	70	81	35	61	56	48	45	40	73	53	58	43	37	27	24	34	18	17
B1H3	103	35	235	72	77	37	68	53	47	51	48	81	48	56	44	38	25	21	32	14	16
B2H1	90	38	167	65	116	34	62	53	57	46	42	79	50	64	43	38	23	23	47	17	16
B2H2	90	30	241	59	115	28	55	53	50	42	48	73	53	66	42	45	22	19	49	17	19
B2H3	80	35	233	88	117	26	56	50	58	47	51	81	50	60	39	40	27	21	49	17	72
B3H1	106	21	236	76	103	28	68	15	53	54	23	92	45	56	50	26	37	11	45	23	14
B3H2	114	23	228	85	110	29	79	15	47	58	27	85	43	61	47	33	32	8	41	22	15
B3H3	109	26	260	71	66	25	74	12	51	58	22	83	46	61	44	26	33	13	34	20	16
B4H1	113	27	248	63	56	29	76	14	68	60	33	77	43	65	52	30	29	23	53	22	15
B4H2	121	23	249	94	91	31	73	48	51	57	26	67	50	61	51	31	39	24	55	25	19
B4H3	117	28	195	82	73	29	73	44	45	60	23	80	49	65	54	32	31	17	50	25	20
ORT.	103	30	228	76	92	30	67	39	52	52	35	79	48	61	46	34	29	19	45	20	21
LSD B	4.82	3.35	-	-	18.26	-	5.50	10.37	-	4.52	4.73	7.42	3.49	3.48	2.30	2.45	4.07	2.20	6.88	3.25	-
LSD HM	-	-	-	-	-	-	-	-	6.70	-	-	6.25	-	-	-	2.07	-	-	5.80	-	-
LSD BxHM	10.64	-	-	37.33	-	-	-	22.89	-	-	10.43	-	-	-	-	5.41	8.98	4.86	-	-	-

TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası; Y: Yaprak; G: Gövde; K: Kök; YS: Yaprak sapı; TA: Tarak; KO: Koza

EK-17. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2011 yılında analiz edilen bitki Zn içerikleri (mg kg<sup>-1</sup>)

	TÖ		T				Ç					H					HS				
	Y	G	Y	G	K	YS	Y	G	K	YS	TA	Y	G	K	YS	KO	Y	G	K	YS	KO
B1	118	66	65	38	45a	64	46	18	11	20	32	19	4	11	10	3	79	43	52b	71	42
B2	154	63	65	56	40ab	58	42	17	13	21	31	20	3	21	11	4	63	41	78a	69	38
B3	163	67	52	52	45a	61	42	19	10	21	30	19	3	13	10	3	66	46	45b	71	44
B4	139	77	58	48	35b	48	44	17	13	20	31	19	4	13	12	3	67	44	49b	68	38
H1	173	73	61	45	39	52	42	17	12	20	30	20	4	17	11	4	71	43	49	68	37
H2	135	65	62	49	42	63	43	19	12	20	32	20	4	13	10	3	75	49	61	72	42
H3	121	66	57	52	43	58	45	17	12	22	31	18	3	13	10	3	59	39	59	69	43
B1H1	129	103	73	37	44	53	47	16	11	22	33	21	5	10	10	4	87	39	56	70	39
B1H2	102	57	67	39	50	64	44	19	11	18	32	18	3	12	11	3	81	46	50	79	34
B1H3	123	39	56	37	42	75	46	18	12	21	31	18	4	12	10	2	68	43	50	65	53
B2H1	191	61	59	40	43	52	39	18	15	18	30	19	4	33	11	5	68	42	56	72	35
B2H2	134	67	79	70	38	69	44	19	12	22	31	21	4	15	11	3	75	53	89	68	43
B2H3	136	61	57	59	39	55	43	16	12	22	31	19	2	15	10	3	45	30	89	67	37
B3H1	225	62	48	58	37	58	41	18	9	20	29	19	3	13	9	4	66	40	39	68	39
B3H2	159	38	46	45	43	68	41	23	13	20	32	21	4	12	9	3	61	51	50	72	48
B3H3	106	101	61	55	55	57	43	15	10	22	30	18	3	14	11	3	70	47	48	73	45
B4H1	149	68	65	46	33	46	41	15	12	20	29	19	5	11	14	3	64	51	45	63	37
B4H2	148	98	55	43	38	52	43	15	13	20	31	21	6	13	10	3	82	44	53	69	42
B4H3	121	64	54	56	34	46	49	20	14	21	32	18	2	13	11	2	55	37	50	71	35
ORT.	143	68	60	49	41	58	43	18	12	21	31	19	4	14	11	3	68	44	56	70	41
LSD B	-	-	-	-	8.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.76	-	-
LSD HM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LSD BxHM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası; Y: Yaprak; G: Gövde; K: Kök; YS: Yaprak sapı; TA: Tarak; KO: Koza

EK-18. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2012 yılında analiz edilen bitki Zn içerikleri (mg kg<sup>-1</sup>)

	TÖ		T				Ç					H					HS				
	Y	G	Y	G	K	YS	Y	G	K	YS	TA	Y	G	K	YS	KO	Y	G	K	YS	KO
B1	27	27a	84a	91	41	38a	27b	29a	22	21ab	39a	48c	48a	42	35c	41	20c	27a	18b	21b	10b
B2	24	26b	78ab	82	42	25b	25b	27a	22	19b	35b	47c	46a	45	36c	41	19c	24ab	20ab	17b	10b
B3	23	25c	82a	73	44	26b	26b	22b	23	22a	35b	51b	41b	43	40b	42	24b	16c	19b	19b	8b
B4	25	26b	71b	82	40	22b	33a	27a	22	22a	39a	58a	43b	43	43a	38	29a	22b	24a	29a	15a
H1	24b	27a	78	76	42b	31	29	25	24	21	35b	52	45	45	39	39	23	23	20	23	9b
H2	27a	26b	77	90	47a	27	27	27	20	22	37ab	50	44	42	39	40	22	22	21	20	10b
H3	23b	25c	81	80	36c	25	27	27	23	21	39a	50	44	43	38	42	24	21	20	22	13a
B1H1	24	27	79	96	40	39	30	28	20	21	33	49	46	42	37	42	21	29	18	24	8
B1H2	29	29	85	82	44	33	27	29	19	20	41	46	46	44	35	39	20	28	18	19	10
B1H3	27	24	89	97	38	41	24	31	27	21	42	49	51	41	34	42	18	24	19	19	12
B2H1	26	28	81	70	53	30	29	27	24	18	35	48	48	47	36	37	19	22	22	17	8
B2H2	28	24	76	100	37	24	23	27	22	21	34	47	46	43	37	42	20	24	21	15	9
B2H3	18	26	76	75	37	21	24	28	21	18	37	45	45	45	36	43	17	26	19	19	12
B3H1	22	23	88	72	45	30	24	22	26	22	33	51	43	43	41	40	24	15	18	22	6
B3H2	27	26	78	77	51	29	27	20	21	24	33	51	39	42	40	41	19	15	18	16	10
B3H3	19	26	79	72	35	20	27	24	22	22	40	50	42	45	40	46	27	18	22	18	8
B4H1	25	29	65	67	30	27	33	23	27	21	41	61	43	48	44	37	26	26	24	27	13
B4H2	24	24	68	103	56	22	32	33	17	23	38	56	44	40	44	41	27	20	27	29	12
B4H3	27	23	79	77	34	18	34	26	23	22	37	57	40	41	41	38	34	18	20	30	21
ORT.	25	26	79	82	42	28	28	26	22	21	37	51	44	43	39	41	23	22	20	21	11
LSD B	-	0.68	7.70	-	-	7.57	3.52	2.92	-	2.03	2.85	2.80	2.26	-	1.79	-	3.44	4.13	4.02	5.61	2.54
LSD HM	2.57	0.58	-	-	5.34	-	-	-	-	-	2.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.14
LSD BxHM	-	1.51	-	-	13.98	-	-	6.45	-	-	6.29	-	5.00	6.67	-	-	7.58	-	-	-	-

TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası; Y: Yaprak; G: Gövde; K: Kök; YS: Yaprak sapı; TA: Tarak; KO: Koza

EK-19. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2011 yılında analiz edilen bitki Cu içerikleri (mg kg<sup>-1</sup>)

	TÖ		T				Ç					H					HS				
	Y	G	Y	G	K	YS	Y	G	K	YS	TA	Y	G	K	YS	KO	Y	G	K	YS	KO
B1	43	65	21	14b	14	16	29	18	18	10	20	10	12	16	13	5	16	33	18	16	12
B2	34	65	18	19a	14	16	29	17	17	8	22	10	13	14	13	4	17	29	19	15	9
B3	29	74	16	20a	13	17	28	18	17	12	19	9	13	14	13	6	15	28	20	15	8
B4	27	79	16	18ab	13	19	28	19	14	10	18	9	13	16	13	5	14	29	20	16	10
H1	33	69	19	18	13	17	29	18	16	10	18	9ab	13	13	13	5	11b	32	20	16	9
H2	30	69	16	18	13	17	27	18	18	10	20	10a	12	15	13	5	17a	32	18	16	11
H3	37	75	17	18	14	17	29	18	16	11	21	8b	13	16	13	5	18a	27	20	15	10
B1H1	33	60	24	13	17	16	26	20	17	10	19	9	13	13	14	5	10	35	19	16	12
B1H2	36	65	19	15	11	14	27	16	23	9	19	11	10	18	13	5	19	38	17	17	13
B1H3	60	71	19	14	15	19	34	18	15	12	21	10	13	17	13	5	18	27	19	15	13
B2H1	31	68	22	17	12	17	26	16	16	8	19	10	13	12	13	4	14	30	20	14	11
B2H2	36	64	15	22	15	15	30	19	17	10	22	11	14	15	12	4	13	31	18	15	9
B2H3	35	64	16	19	15	15	29	16	17	8	25	9	13	16	14	4	24	25	17	16	7
B3H1	41	75	14	20	13	16	28	19	16	12	19	9	13	14	14	5	12	29	20	14	6
B3H2	24	70	16	18	12	17	29	18	18	10	21	10	13	14	13	6	17	27	17	16	11
B3H3	23	77	19	22	13	16	26	19	19	13	17	9	13	13	13	6	16	29	22	15	8
B4H1	27	72	17	20	11	17	34	19	13	9	16	10	13	12	13	5	9	32	19	18	8
B4H2	25	77	16	15	14	20	24	17	15	11	18	9	13	14	12	5	19	31	20	16	10
B4H3	30	89	16	17	13	20	26	20	14	11	21	7	13	20	13	5	15	25	20	15	11
ORT.	33	71	18	18	13	17	28	18	17	10	20	9	13	15	13	5	15	30	19	16	10
LSD B	-	-	-	4.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LSD HM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.32	-	-	-	-	5.77	-	-	-	-
LSD B x HM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası; Y: Yaprak; G: Gövde; K: Kök; YS: Yaprak sapı; TA: Tarak; KO: Koza

EK-20. Farklı bor ve humik madde uygulamaları, örnekleme zamanları ve organlara göre, 2012 yılında analiz edilen bitki Cu içerikleri (mg kg<sup>-1</sup>)

	TÖ		T				Ç					H					HS				
	Y	G	Y	G	K	YS	Y	G	K	YS	TA	Y	G	K	YS	KO	Y	G	K	YS	KO
B1	7	26a	92	179a	79a	10	30b	39a	11b	10bc	14a	27a	36a	30c	24b	23a	25b	35a	25c	18b	17a
B2	8	23b	77	92b	62ab	10	27b	43a	15a	9c	14a	24b	30b	39ab	23b	22a	22b	34a	32b	19b	19a
B3	11	17c	82	54c	50b	15	38a	8c	13ab	10ab	9b	27a	24c	35b	27a	17b	30a	16c	30b	23a	14b
B4	9	17c	82	68c	59b	17	35a	20b	15a	11a	10b	29a	30b	40a	28a	17b	31a	28b	37a	24a	15b
H1	8	21a	84	137	56	9b	33	28	15a	9b	11	27	28b	39a	25	19	28	28	32	22a	16
H2	8	19b	78	85	61	25a	32	27	12b	10b	12	26	33a	35b	26	20	27	27	31	20b	17
H3	10	22a	88	73	70	6b	33	28	14ab	11a	12	27	30b	34b	25	20	27	29	30	22a	16
B1H1	5	25	88	348	62	10	34	40	13	8	11	27	36	32	25	23	26	36	27	20	18
B1H2	10	24	90	104	63	13	28	38	9	9	15	25	37	29	23	23	27	35	24	16	17
B1H3	7	28	98	85	114	7	30	39	12	11	15	29	36	30	25	22	23	34	25	20	18
B2H1	8	24	90	84	61	10	28	58	17	8	13	24	28	39	24	21	24	34	33	20	16
B2H2	4	23	66	104	60	17	28	35	12	8	13	22	33	41	23	21	20	33	30	19	25
B2H3	12	23	76	88	66	4	26	37	16	10	14	25	30	36	22	23	23	35	34	19	16
B3H1	10	17	92	58	51	5	37	7	12	11	9	28	23	35	27	15	29	11	27	25	14
B3H2	9	15	73	57	51	32	38	7	13	11	9	28	26	35	29	18	29	18	33	22	13
B3H3	14	18	82	48	48	8	39	8	14	10	10	26	24	35	25	18	32	18	30	23	15
B4H1	10	18	66	58	52	11	34	7	21	11	11	28	27	48	26	17	31	33	43	25	14
B4H2	8	16	81	76	73	37	34	28	13	11	10	30	36	36	29	16	32	23	38	24	16
B4H3	9	19	98	71	51	3	37	26	13	11	9	30	28	36	28	16	30	28	32	24	15
ORT.	9	21	83	98	62	13	33	28	14	10	12	27	30	36	25	20	27	28	31	21	16
LSD B	-	1.45	-	93.57	19.32	-	4.13	10.55	2.96	1.27	1.41	3.14	3.70	4.01	1.86	1.59	3.67	2.96	4.34	1.82	1.94
LSD HM	-	1.22	-	-	-	14.22	-	-	2.50	1.07	-	-	3.12	3.38	-	-	-	-	-	1.53	-
LSD B x HM	-	-	25.53	-	-	-	-	23.28	-	-	3.10	-	-	8.85	-	-	-	6.52	-	-	4.29

TÖ: Taraklanma öncesi; T: Taraklanma; Ç: Çiçeklenme; H: Hasat; HS: Hasat sonrası; Y: Yaprak; G: Gövde; K: Kök; YS: Yaprak sapı; TA: Tarak; KO: Koza



## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mustafa Ali KAPTAN

Doğum Yeri ve Tarihi : Aydın-1981

### EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi

Yüksek Lisans Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi

Doktora Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

### BİLİMSEL FAALİYETLERİ

#### Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayınlanan Makaleler

Aydın M., Demiral M.A., Kaptan M.A., 2006. Effect of Zinc on Growth, Nutrient Composition and Antioxidative Enzyme Activities of Maize As Influenced by Phosphorus. *Int. J. Biol. Biotech.* 3.2. 411-417.

#### Ulusal Hakemli Dergilerde Yayınlanan Makaleler

Kaptan M.A., Aydın M., 2007. Topraksız Kültür Ortamında Yapılan Hıyar Yetiştiriciliğinde Farklı Azot Dozlarının Verim Ve Bazı Kalite Unsurları Üzerine Etkisi, *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4, 1-2, 77-81.

#### Yurtdışı Bildiriler

Aydın M., Kaptan M.A., Dalkılıç Z., 2010. Cracked fruit ratio in fig (*Ficus carica* L. cv. Sarılop) plantations of the lowland of Aydın, Turkey, *International Conference on Soil Fertility and Soil Productivity*, Berlin, Germany.

Aydın M., Kaptan M.A., Sümer F.Ö., 2008. A study on the differential response of malting barley genotypes to boron toxicity, International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology, Kuşadası.

### **Yurtiçi Bildiriler**

Aydın G., Atatanır L., Kurucu Y., Kızılkaya K., Demiral M.A., Kaptan M.A., 2012. NIRS (Near Infrared) Yansıma Tekniği ile Toprak Parametrelerinin Belirlenebilirliği, Nuri Munsuz Ulusal Toprak ve Su Sempozyumu, Ankara.

Seferoğlu S., ve Kaptan M.A., 2010. Camarosa çilek çeşidinde besin maddelerinin mevsimsel değişimi. 5. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi, İzmir.

Aydın M., Başal H., Şeker G., Merken Ö., Kaptan M.A., 2008. Aşağı Büyük Menderes Vadisi Topraklarında Yetişen 2. Ürün Mısırın Beslenme Durumu, Gübre Uygulamaları ve Sorunları, 4. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi, Konya.

Seferoğlu S., Seferoğlu H.G., Kaptan M.A., 2008. Zeytinyağı Fabrikası Atığı Karasuyun (Sıvı) Gübre Olarak Mandarinlere Uygulanmasının Besin Maddesi İçeriğine Ve Meyve Kalitesi Üzerine Etkisi, 4. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi, Konya,

### **PROJELER**

Yüksek Düzeyde Bor İçeren Topraklarda Kalsiyumlu Gübrelemenin İncirin Gelişme Ve Kalitesi Üzerine Etkisi ve Bor Toksitesine Dayanıklılık. ZRF-08010.

Linyit Tozunun Zeytin (*Olea europaea* L.) Yetiştiriciliğinde Kullanılma Olasılığının Araştırılması, Üniversite-Özel Sektör İş Birliği.

“Near-Infrared (NIR) Yansıma Tekniği Kullanılarak Söke Ovası (Aydın) Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenebilirliği Üzerine Bir Araştırma”, TÜBİTAK, Proje No:106O208.

Topraksız Kùltür Ortamında Yapılan Hıyar Yetiştiriciliğinde Farklı Azot Dozlarının Verim ve Bazı Kalite Unsurları Üzerine Etkisi, 2006. Adnan Menderes Üniversitesi, BAP, Aydın, Yüksek Lisans Projesi.

### **İŞ DENEYİMİ**

ÇalıŐtıđı Kurumlar ve Yıl : Adnan Menderes Üniversitesi 2002–

### **İLETİŐİM**

E-posta Adresi : makaptan@adu.edu.tr

Tarih : 29.11.2013