

Bazı Taze Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinin  
Bor Uygulamalarına Tepkileri

Anıl Akoğlu

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Şubat 2013

The Response of Some Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.)  
Genotypes to Boron Applications

Anıl Akoğlu

**MASTER OF SCIENCE THESIS**

Department of Horticulture

February 2013

Bazı Taze Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinin  
Bor Uygulamalarına Tepkileri

Anıl Akoğlu

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Doç. Dr. Ece Turhan

Şubat 2013

## ONAY

Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Anıl Akoğlu'nun YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Bazı Taze Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinin Bor Uygulamalarına Tepkileri” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğın ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

**Danışman** : Doç. Dr. Ece Turhan

**İkinci Danışman** : -

### **Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:**

**Üye:** Doç. Dr. Ece Turhan

**Üye :** Prof. Dr. Hatice Gülen

**Üye :** Prof. Dr. Haldun Kurama

**Üye :** Doç. Dr. Yasemin Evrenosoğlu

**Üye :** Yrd.Doç. Dr. Nuray Çömlekçioğlu

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve  
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Nimetullah BURNAK

Enstitü Müdürü

## ÖZET

Bazı taze fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin Bor (B) toksisitesine toleranslarının morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal açıdan araştırıldığı bu çalışmada 4 genotip kullanılmıştır.

Bitkiler kontrollü sera koşullarında ortalama 32/15 °C sıcaklıkta (gündüz/gece) ve  $\approx$  % 55 nemde yetiştirilmiştir. Fideler 3-4 yapraklı olduğu dönemde 10 ve 20 gün süre ile 0 (Kontrol), 8, 16 ve 24 ppm H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> içeren ½ lik Hoagland besin çözeltisi ile sulanmışlardır. Her iki uygulamanın sonunda genotiplere ait yaprak ve kök yaş-kuru ağırlıkları, genç ve yaşlı yaprakların yaprak alanı ve yaprak renginde meydana gelen değişimler tespit edilmiştir. Bununla birlikte, toplam klorofil miktarı, yaprak oransal su kapsamı (YOSK) ve turgor kaybı (TK) değerleri belirlenmiştir. Analizlerin sonunda genotipler arasındaki fark ile genotip ve uygulama arasındaki interaksiyon istatistikî olarak önemli bulunmuştur. On ve 20 gün süreli uygulanan B toksisitesi sonucunda; yaprak ve köklerin yaş-kuru ağırlıkları, yaprak alanları, YOSK ve toplam klorofil miktarları azalmış, TK değerleri ise artmıştır. Ayrıca, askorbat peroksidaz (APX) ve glutatyon redüktaz (GR) aktiviteleri her iki dönemde de artan B konsantrasyonuna paralel olarak artmış, katalaz (CAT) aktivitesi ise azalmıştır. Yapraklardaki enzim aktivitesinin, köklerden daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bitki bünyesinde biriken B konsantrasyon değerlerinin artan B konsantrasyonu ile her iki dönemde de arttığı, yapraklarda biriken bor miktarlarının, köklerden daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan analizler ve değerlendirmeler sonucunda, mevcut genotipler arasında Şeker Fasulye genotipinin B toksisitesine göreceli olarak tolerant olduğu, Yerel Genotip'in ise nispeten daha hassas olduğu ortaya konmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** *Phaseolus vulgaris* L., Bor Toksisitesi, Oksidatif Stres, Antioksidatif Enzimler

## SUMMARY

Tolerances of common bean genotypes to boron (B) toxicity were investigated in terms of morphological, physiological and biochemical in 4 genotypes.

Plants were grown under controlled greenhouse conditions at 32/15 °C (day/night) temperature with relative humidity  $\approx$  55 %. When the plants had developed 3-4 true leaves seedlings were exposed to B treatments for 10 and 20 days; were watered with 1/2 Hoagland solution containing 0 (Control), 8, 16 and 24 ppm  $H_3BO_3$ . At the end of each treatment period changes in leaves and roots fresh and dry weight, young and old leaves' leaf area and leaf colour were determined. Besides, total chlorophyll content, leaf relative water content (LRWC) and loss of turgidity (TL) were measured. Differences between genotypes, genotype and treatment interaction was statistically important at all analysis in general. It was found that, while fresh and dry weights of leaf and root tissues, leaf area, LRWC and total chlorophyll content decreased, TL values increased at the end of each treatment periods. Ascorbate peroxidase (APX) and glutathione reductase (GR) activities increased as increasing B concentrations at the end of each treatment periods. In the contrary, B treatments degraded catalase (CAT) activity in leaves and roots. It was determined that, enzyme activities were higher in the leaves than those in the roots. Besides that, it was found that B contents in the plant tissues enhanced with increased B concentration in both treatment periods. Moreover, B content in leaf tissues was higher than that in root tissues.

As a result, Şeker Fasulye was relatively B tolerant genotype than others, whereas Yerel Genotype was determined as the most sensitive genotype among 4 evaluated common bean genotypes.

**Key Words:** *Phaseolus vulgaris* L., Boron Toxicity, Oxidative Stress, Antioxidative Enzymes

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim boyunca ve tezimin her aşamasında bilgisini ve tecrübesini benden esirgemeyen Danışman Hocam Doç. Dr. Sayın Ece TURHAN'a sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Yüksek lisans eğitimim süresince yardımını ve bilgisini esirgemeyen değerli Hocalarım Yrd. Doç. Dr. Yasemin EVRENOSOĞLU ve Yrd. Doç. Dr. Cenap YILMAZ'a, çalışma materyali olarak kullanılan taze fasulye tohumlarının teminini sağlayan Yrd. Doç. Dr. Nezihe KÖKSAL'a, bor miktar tayini analizinin gerçekleşmesi aşamasında yardımlarını aldığım Ziraat Mühendisi Volkan ALVEROĞLU ve Yük. Biyolog Özgür ATEŞ'e teşekkürler ederim. Ayrıca, bu çalışmayı (Proje No: 201223A105) Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Sera ve laboratuvar çalışmalarım sırasında her türlü yardımını ve desteğini gördüğüm Araş, Gör. Çiğdem AYDOĞAN'a teşekkürlerin en büyüğünü sunarım.

Tüm hayatım boyunca olduğu gibi tez çalışmam sırasında da sabrını ve her türlü desteğini benden esirgemeyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖZET</b> .....	<b>v</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>vi</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>vii</b>
<b>ŞEKİLLER İZİNİ</b> .....	<b>x</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>xii</b>
<b>SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>xvi</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ</b> .....	<b>5</b>
2.1 Bor ve bitkiler için önemi .....	5
2.2 Örnek araştırmalar .....	14
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>26</b>
3.1 Bitki materyali .....	26
3.2 Yöntem .....	27
3.2.1 Denemenin kuruluşu .....	27
3.2.2 Bitkilere bor uygulanması .....	27
3.2.3 İncelenen parametreler .....	28
3.2.3.1 Yaprak ve kök yaş- kuru ağırlığı .....	28
3.2.3.2 Yaprak alanı .....	28
3.2.3.3 Yaprak rengi .....	28
3.2.3.4 Yaprak oransal su kapsamı (YOSK) ve turgor kaybı (TK) .....	29
3.2.3.5 Toplam klorofil miktarı .....	30
3.2.4 Enzim Aktivitesi .....	30
3.2.4.1 Askorbat Peroksidaz (APX) aktivitesi .....	30



## İÇİNDEKİLER (devam)

	<b><u>Sayfa</u></b>
3.2.4.2 Glutatyon Redüktaz (GR) aktivitesi.....	31
3.2.4.3 Katalaz (CAT) aktivitesi.....	31
3.2.5 Bor miktar tayini.....	32
3.3 Verilerin Değerlendirilmesi .....	32
<b>4. SONUÇLAR .....</b>	<b>33</b>
4.1 Yaprak ve kök yaş ağırlığı.....	33
4.2 Yaprak ve kök kuru ağırlığı.....	41
4.3 Yaprak alanı.....	49
4.4 Yaprak rengi.....	57
4.5 Yaprak oransal su kapsamı (YOSK) ve turgor kaybı (TK).....	59
4.6 Toplam klorofil .....	65
4.7 Enzim aktivitesi.....	69
4.7.1 Askorbat Peroksidaz (APX) aktivitesi .....	69
4.7.2 Glutatyon Redüktaz (GR) aktivitesi.....	75
4.7.3 Katalaz (CAT) aktivitesi.....	81
4.8 Bor miktar tayini .....	87
<b>5. TARTIŞMA .....</b>	<b>83</b>
<b>EK AÇIKLAMALAR- A .....</b>	<b>91</b>
<b>KAYNAKLAR DİZİNİ .....</b>	<b>112</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1.1 Genotiplere ait tohumların görünümü.....	26
4.1.1 On gün süreli B uygulamaları sonucu taze fasulye genotiplerinin yaprak ve kök yaş ağırlıkları.....	37
4.1.2 Yirmi gün süreli B uygulamaları sonucu taze fasulye genotiplerinin yaprak ve kök yaş ağırlıkları.....	37
4.2.1 On gün süreli B uygulamaları sonucu taze fasulye genotiplerinin yaprak kuru ağırlıkları.....	42
4.2.2 Yirmi gün süreli B uygulamaları sonucu taze fasulye genotiplerinin yaprak ve kök kuru ağırlıkları.....	42
4.3.1 On gün süreli B uygulamaları sonucu taze fasulye genotiplerinin yaprak alanı değerleri.....	45
4.3.2 Yirmi gün süreli B uygulamaları sonucu taze fasulye genotiplerinin yaprak alanı değerleri.....	48
4.5.1 On gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki yaprak oransal su kapsamı (YOSK) ve turgor kaybı (TK) .....	52
4.5.2 Yirmi gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki yaprak oransal su kapsamı (YOSK) ve turgor kaybı (TK) .....	55
4.6.1 On ve 20 gün süreli B uygulamalarına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin toplam klorofil miktarları.....	59
4.7.1.1 On gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki ve köklerdeki APX aktivitesi.....	62
4.7.1.2 Yirmi gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki ve köklerdeki APX aktivitesi.....	65
4.7.2.1 On gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki ve köklerdeki GR aktivitesi.....	68
4.7.2.2 Yirmi gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki ve köklerdeki GR aktivitesi.....	71

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.7.3.1 On gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki ve köklerindeki CAT aktivitesi.....	74
4.7.3.2 Yirmi gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki ve köklerindeki CAT aktivitesi.....	77
4.8.1 On gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak ve köklerinde biriken B miktarı.....	80
4.8.2 Yirmi gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak ve köklerinde biriken B miktarı.....	83
A.1 On gün süreli B uygulaması sonrasında Eyri Oturak ve Ferasetsiz genotiplerinin görünüşleri.....	108
A.2 On gün süreli B uygulaması sonrasında Şeker Fasulye ve Yerel Genotip genotiplerinin görünüşleri.....	109
A.3 Yirmi gün süreli B uygulaması sonrasında Eyri Oturak ve Ferasetsiz genotiplerinin görünüşleri.....	110
A.4 Yirmi gün süreli B uygulaması sonrasında Şeker Fasulye ve Yerel Genotip genotiplerinin görünüşleri.....	111

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b><u>Cizelge</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
2.1.1 Sulama sularının bor kapsamına göre sınıflandırılması .....	7
2.1.2 Tarımsal üretimi yapılan bitkilerin nispi bor toleransları.....	10
3.1.1 Araştırmada kullanılan taze fasulye genotipleri, orjinleri, temin edildikleri yerler ve özellikleri.....	26
4.1.1 On ve 20 gün süreli B uygulamalarına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak yaş ağırlıkları ve % değişim oranları.....	34
4.1.2 On ve 20 gün süreli B uygulamalarına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin kök yaş ağırlıkları ve % değişim oranları.....	36
4.2.1 On ve 20 gün süreli B uygulamalarına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak kuru ağırlıkları % değişim oranları.....	39
4.2.2 On ve 20 gün süreli B uygulamalarına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin kök kuru ağırlıkları ve % değişim oranları.....	41
4.3.1 On gün süreli B uygulamalarına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak alanı değerleri ve % değişim oranları.....	44
4.3.2 Yirmi gün süreli B uygulamalarına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaşlı ve genç yapraklarının yaprak alanı değerleri ve % değişim oranları.....	47
4.4.1 On ve 20 gün süreli B uygulamaları sonrasında yaprak renginde meydana gelen değişimler.....	49
4.5.1 On gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak oransal su kapsamı (YOSK) ve yapraklarındaki turgor kaybı (TK).....	51
4.5.2 Yirmi gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak oransal su kapsamı (YOSK) ve yapraklarındaki turgor kaybı (TK).....	54
4.6.1 On ve 20 gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin toplam klorofil miktarları ve % değişim oranları.....	57

### ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.7.1.1 On gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak ve köklerindeki APX aktivitesi.....	60
4.7.1.2 Yirmi gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak ve köklerindeki APX aktivitesi.....	63
4.7.2.1 On gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak ve köklerindeki GR aktivitesi.....	66
4.7.2.2 Yirmi gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak ve köklerindeki GR aktivitesi.....	69
4.7.3.1 On gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak ve köklerindeki CAT aktivitesi.....	72
4.7.3.2 Yirmi gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak ve köklerindeki CAT aktivitesi.....	75
4.8.1 On gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak ve köklerinde biriken B miktarı ve % değişim oranı.....	78
4.8.2 Yirmi gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak ve köklerinde biriken B miktarı ve % değişim oranı.....	81
A.1 On gün süreli B uygulaması yaprak yaş ağırlığı interaksiyon tablosu.....	91
A.2 Yirmi gün süreli B uygulaması yaprak yaş ağırlığı interaksiyon tablosu.....	91
A.3 On gün süreli B uygulaması kök yaş ağırlığı interaksiyon tablosu.....	92
A.4 Yirmi gün süreli B uygulaması kök yaş ağırlığı interaksiyon tablosu....	92
A.5 On gün süreli B uygulaması yaprak kuru ağırlığı interaksiyon tablosu.....	93
A.6 Yirmi gün süreli B uygulaması yaprak kuru ağırlığı interaksiyon tablosu.....	93
A.7 On gün süreli B uygulaması kök kuru ağırlığı interaksiyon tablosu.....	94

**ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)**

<b><u>Cizelge</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
A.8 Yirmi gün süreli B uygulaması kök kuru ağırlığı interaksiyon tablosu.....	94
A.9 On gün süreli B uygulaması yaprak alanı interaksiyon tablosu.....	95
A.10 Yirmi gün süreli B uygulaması yaprak alanı interaksiyon tablosu.....	95
A.11 Yirmi gün süreli B uygulaması yaşlı yaprak alanı interaksiyon tablosu.....	96
A.12 Yirmi gün süreli B uygulaması genç yaprak alanı interaksiyon tablosu.....	96
A.13 On gün süreli B uygulaması yaprak oransal su kapsamı interaksiyon tablosu.....	97
A.14 On gün süreli B uygulaması turgor kaybı interaksiyon tablosu.....	97
A.15 Yirmi gün süreli B uygulaması yaprak oransal su kapsamı interaksiyon tablosu.....	98
A.16 Yirmi gün süreli B uygulaması turgor kaybı interaksiyon tablosu.....	98
A.17 On gün süreli B uygulaması toplam klorofil interaksiyon tablosu.....	99
A.18 Yirmi gün süreli B uygulaması toplam klorofil interaksiyon tablosu.....	99
A.19 On gün süreli B uygulaması yaprak APX aktivitesi interaksiyon tablosu.....	100
A.20 On gün süreli B uygulaması kök APX aktivitesi interaksiyon tablosu.....	100
A.21 Yirmi gün süreli B uygulaması yaprak APX aktivitesi interaksiyon tablosu.....	101

**ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)**

<b><u>Cizelge</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
A.22 Yirmi gün süreli B uygulaması kök APX aktivitesi interaksyon tablosu.....	101
A.23 On gün süreli B uygulaması yaprak GR aktivitesi interaksyon tablosu.....	102
A.24 On gün süreli B uygulaması kök GR aktivitesi interaksyon tablosu.....	102
A.25 Yirmi gün süreli B uygulaması yaprak GR aktivitesi interaksyon tablosu.....	103
A.26 Yirmi gün süreli B uygulaması kök GR aktivitesi interaksyon tablosu.....	103
A.27 On gün süreli B uygulaması yaprak CAT aktivitesi interaksyon tablosu.....	104
A.28 On gün süreli B uygulaması kök CAT aktivitesi interaksyon tablosu.....	104
A.29 Yirmi gün süreli B uygulaması yaprak CAT aktivitesi interaksyon tablosu.....	105
A.30 Yirmi gün süreli B uygulaması kök CAT aktivitesi interaksyon tablosu.....	105
A.31 On gün süreli B uygulaması yaprak B miktarı interaksyon tablosu.....	106
A.32 On gün süreli B uygulaması kök B miktarı interaksyon tablosu.....	106
A.33 Yirmi gün süreli B uygulaması yaprak B miktarı interaksyon tablosu....	107
A.34 Yirmi gün süreli B uygulaması kök B miktarı interaksyon tablosu.....	107

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
$^1\text{O}_2$	Singlet Oksijen
a*	Kırmızılık/ Yeşillik
ANOVA	Analysis of Variance
b*	Sarılık/ Mavilik
[B(OH) <sub>4</sub> ]	Borat
C*	Renk Doygunluğu, Chroma
Ca	Kalsiyum
CO <sub>2</sub>	Karbondioksit
Fe	Demir
H <sub>+</sub>	Hidrojen
H <sub>2</sub> O	Su
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Hidrojen peroksit
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Borik asit
h°	Renk Tonu, hue
K	Potasyum
K <sub>m</sub>	Michaelis sabiti
L*	Beyazlık, Parlaklık/ Siyahlık
Mg	Magnezyum
N	Sodyum
O <sub>2</sub>	Oksijen
O <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Süperoksit
°C	Santigrat derece
OH	Hidroksil
P	Kükürt
Rb	Rubidyum
Zn	Çinko



**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)**

<b><u>Kısaltmalar</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>
APX	Askorbat Peroksidaz
ATP	Adenozin Trifosfat
ATPaz	Adenozin Trifosfotaz
BSA	Bovine Serum Albumin
CAT	Katalaz
cm	Santimetre
cm <sup>2</sup>	Santimetre kare
cm <sup>3</sup>	Santimetre küp
dH <sub>2</sub> O	Saf Su
DHAR	Dehidroaskorbat Redüktaz
dk	Dakika
DMF	Dimethylformamide (Dimetilformamid)
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
DSİ	Devlet Su İşleri
EC	Elektriksel İletkenlik
EDTA	Etilendiamin-Tetraasetik Asid
et al	Ve diğerleri
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
g	Santrifüj Kuvveti
GR	Glutasyon Redüktaz
GSH	Glutasyon, $\gamma$ -glutamyl-cysteinyglycine
ha	Hektar
İAA	İndol Asetik Asit
kg	Kilogram
L	Litre
MDA	Malondialdehyde
MDHAR	Monodehidroaskorbat Redüktaz

**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)**

<b><u>Kısaltmalar</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>
MEGEP	Mesleki Eğitim ve Öğretim Sistemini Güçlendirme Projesi
mg	Miligram
ml	Mililitre
mM	MiliMolar
NADPH	$\beta$ -Nikotinamid adenin dinüleotid fosfat
NAD <sup>+</sup>	Nikotinamid adenin dinüleotid
NADH	İndirgenmiş NAD <sup>+</sup>
nm	Nano Metre
NN	Nispi Nem
POX	Peroksidaz
ppm	Parts Per Million
PPO	Polifenol Oksidaz
PPP	Pentoz Fosfat Yolu
PVPP	PolyVinylPolyPyrrolidone
RNA	Ribonükleik Asit
ROS	Reaktif Oksijen Türleri
RuBPCO	Ribulose-1,5-Bisphosphate Carboxylase/Oxygenase
SOD	Süperoksitdismutaz
SS	Standart Sapma
vd	Ve diğerleri
$\mu$ L	Mikrolitre
$\mu$ M	Mikromolar

## 1. GİRİŞ

Bitkisel üretimde stres; bir veya birden fazla etkenin, bitki yaşamının herhangi bir döneminde ortaya çıkarak, büyümede yavaşlama ve verim düşüklüğüne neden olması biçiminde tanımlanabilir. Stres, önemli fizyolojik ve metabolik değişimlere yol açarak bitkilerde büyüme ve gelişmeyi olumsuz şekilde etkilerken, üründe nitelik ve nicelik kaybına (ürün kalitesinin ve miktarının azalmasına), bitkinin ve/veya organlarının ölümüne yol açabilmektedir (Levitt, 1980). Doğadaki çok çeşitli biyotik ve abiyotik etmenler strese neden olurlar. Strese neden olan etmenlerin bitkilerde meydana getirdikleri zarar, bitkinin sahip olduğu tolerans mekanizmalarına göre değişmektedir. Sahip oldukları bu mekanizma onların değişik bölge ve şartlarda en iyi şekilde gelişmelerini sağlamaktadır. Bitkiler ya geliştirdikleri önleyici mekanizmalarla stres faktörlerinin etkilerini önlemekte ya da tolerans mekanizmaları ile strese karşı koymakta ve yaşamlarını devam ettirebilmektedirler.

Mikro besin elementlerinin eksikliği ya da fazlalığı bitkilerde stres oluşturan abiyotik etmenlerden biridir. Bitki büyüme ve gelişmesi için temel bir mikro besin elementi olduğu bundan yaklaşık 89 yıl önce Warington (1923) tarafından ortaya konulan Bor (B)'un eksikliği ve fazlalığının bitkilerde strese neden olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur. Eksikliği kadar yaygın olmasa da B toksisitesine ülkemizde ve Dünya'nın çeşitli yerlerinde rastlanmaktadır. B toksisitesi dünyanın hemen her yerinde kurak ve yarı kurak bölgelerin tarım topraklarında bitki yetiştiriciliğini sınırlayan bir beslenme sorunudur (Tanaka and Fujiwara, 2007).

Son yıllarda yapılan çalışmalarla, Dünya ve Türkiye topraklarında mikro besin elementlerinden kaynaklanan beslenme problemlerinin yaygın olarak görüldüğü ortaya konulmuştur. Bu elementlerden bir tanesi de B'dur (Cartwright et al., 1986). B elementinin, bitkilerin normal büyüme ve gelişmelerini sağlayabilmeleri ve optimum düzeyde ürün vermeleri için toprakta doğal olarak bulunması ya da gereken miktarlarda bitkiye verilmesi gerekmektedir.

B elementi yer kabuğu üzerinde homojen bir dağılım göstermemektedir. Dünya topraklarında kıtlığı görülen bu elementin ülkemiz topraklarında bolluğu gözlenmektedir. Dünya’da B’un toksik düzeyde gözlendiği araziler, B’un yetersiz bulunduğu topraklara göre nispeten daha azdır. Bunlar, Güney Avustralya’nın kuru arazileri (Cartwright et al., 1984), Orta Doğu (Ravikovitch and Margolin, 1961), Malezya’nın batı bölgeleri (Shorrocks, 1964), Kuzey Şili (Caceres et al., 1992), Hindistan (Takkar, 1982) ve İsrail’dir (Ravikovitch and Margolin, 1961). Ülkemizde ise Afyonkarahisar, Aksaray, Balıkesir, Bigadiç, Burdur, Kemalpaşa, Eskişehir-Kırka, Germencik-Ömerli, Iğdır, Karasaz, Kayseri, Konya-Ereğli, Kütahya-Emet, Manyas, Susurluk/Demirkapı-Sultançayır, Salihli ve Yüksekova yörelerinde toksik konsantrasyonlarda olduğu bilinmektedir. Ayrıca, Batı Anadolu bölgesinin dünyadaki B rezervlerinin % 61’ini içerdiği tespit edilmiştir (Bektaş ve Öztürk, 2005; Gezgin vd, 2005).

Bitkilerde noksanlık ve toksisiteye neden olan B düzeyleri arasındaki sınırın çok dar olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (Goldberg, 1997; Chapman et al., 1997; Yau and Ryan, 2008). Bu nedenle noksanlık ve toksisite belirtilerine en sık rastlanan mikro besin elementlerinden biridir. Bitkilerin B gereksinimleri oldukça farklılık göstermektedir. Genel olarak çift çenekli (dikotil) bitkilerin B gereksinimlerinin, tek çenekli (monokotil) bitkilere göre daha fazla olduğu, bunun nedeninin ise hücre çeperlerindeki pektin miktarından kaynaklandığı tespit edilmiştir (Alves et al., 2006).

B toksisitesine duyarlılık bakımından da çeşitler arasında büyük farklılıklar vardır. B toksisitesine karşı duyarlılığı yüksek olan bitkiler, geliştirdikleri çeşitli mekanizmalarla dokularındaki B seviyesini düşük tutabilmektedirler. Bazı bitkiler kök sistemlerinde bulunan fiziksel bir bariyer vasıtası ile veya yine kök sistemlerinde sahip oldukları pompa benzeri mekanizmalar ile bünyelerindeki B seviyesini azaltabilmektedirler. Bazı bitkiler de köklerinde meydana getirdikleri bazı kimyasal reaksiyonlarla toprak pH’sını değiştirerek B’a olan duyarlılıklarını arttırmaktadırlar. Bazı bitkiler ise B’un köklerden gövdeye taşınmasını engellemektedirler. Kimi bitkiler de, B seviyesi yüksek olan topraklarda yüzlek kökler oluşturarak yaşamlarını devam

ettirebilmektedirler (Nable, 1988; Paul et al., 1992). Özetle, bitkilerin B toksisitesine dayanıklılık düzeyleri, B'u bünyelerinden uzak tutabilme yetenekleri ile doğru orantılıdır.

Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) *Leguminosae* (Baklagiller-650 cins, 18000 tür) familyasına bağlı kültür bitkisi olarak kabul edilir. Botanikte fasulyeler, aynı tür ismini taşımakla beraber, aralarında bitki şekli, çiçek, meyve ve tohum bakımından büyük farklar mevcuttur. Anavatanı Güney Amerika olan ve 16. yüzyılda Avrupa'ya getirilen fasulyenin tarımı yavaş yavaş çoğalmış ve dünyanın her yerinde yetiştirilmeye başlanmıştır. Ülkemizde halkın beslenmesinde büyük önemi olan fasulyenin ne zaman ve kimler tarafından ülkemize getirildiğine dair bilgiler olmamasına rağmen, 250 yıldan beri yetiştiriciliği yapılmaktadır. Taze, kuru ve konserve olarak tüketilen fasulye insan beslenmesinde büyük bir öneme sahiptir. 100 gr taze fasulyede ortalama 6–14 gr kuru madde, 1–3 gr protein, 0,2 gr yağ, 2–6 gr karbonhidrat bulunmaktadır. Kalori değeri 18-24'tür. Bundan başka taze fasulyelerde A, B1, B2 ve C vitaminleri de bulunmaktadır (MEGEP).

Fasulye sadece insan beslenmesi bakımından değil, dolaylı olarak tarım ve hayvancılık alanlarında da önemli bir yere sahiptir. Fasulye baklagiller familyasında yer alan bir bitki olduğu için köklerinde nodül ismi verilen yumrucuklar vardır. Bu nodüller içerisindeki nodozite bakterileri (*Rhizobium phaseoli*) ile havanın serbest azotunu bağlayarak, toprağın azotça zenginleşmesini sağlamaktadır (Şehirli, 1988).

Ülkemiz beslenmesinde önemli bir yere sahip olan fasulyenin üretiminde Dünya sıralamasında üst sıralarda yer almaktayız. 2011 yılı verilerine göre Dünya'da toplam 1.541.818 ha alanda taze fasulye üretimi yapılmıştır. Dünya sıralamasına bakıldığında Çin 616.209 ha alanla birinci, Hindistan 218.352 ha alanla ikinci, Tayland 170.594 ha alanla üçüncü, Endonezya 129.565 ha alanla dördüncü, Türkiye ise 65.652 ha alanla beşinci sırada yer almaktadır. Ülkemiz bu değerle dünya genelinde taze fasulye üretimi yapılan alanın % 4,25 ine sahiptir. Aynı yıl için üretim değerlerine bakıldığında dünya genelinde 20.394.746 ton taze fasulye üretildiğini, yine Çin'in 15.716.947 ton ile ilk sırada yer aldığını, onu 883.802 ton ile Endonezya'nın izlediğini, Türkiye'nin ise

614.948 ton ile üçüncü sırada yer aldığını görmekteyiz. Bu alanda Çin % 77,06 gibi büyük bir paya sahipken, ülkemiz % 3,01' lik bir paya sahip olmaktadır (FAO, 2013).

Tarih boyunca karşılaşılan ve çözüm aranan sorunlardan biri insanların beslenme ihtiyaçlarının karşılanmasıdır. Hızla artan ve 2050 yılında 9 milyarı aşması beklenen dünya nüfusu, küresel ısınma nedeniyle meydana gelen mevsimsel değişiklikler, su kıtlığı, sanayileşmenin kontrolsüz sonucu olan çevre kirliliği ve tarımda kullanılabilir alanların azalışı gibi nedenlerle bu problem gün geçtikçe büyümekte ve önem kazanmaktadır. Ekilebilir alanlardan maksimum seviyede ürün alınması ve element içeriğinin yüksek olması nedeniyle tarım yapılamayan alanların tarıma kazandırılması bu sorunun çözümüne yönelik yürütülen çalışmalar arasındadır. Bu bağlamda bitkiler ile besin elementleri arasındaki ilişkilerin açıklığa kavuşturulması gerekmektedir.

Dünyanın en önemli B yataklarına sahip olan ülkemiz topraklarında B fazlalığı ve tarımsal üretimi yapılan ürünlerde, topraktaki bu fazlalıktan kaynaklanan B toksisitesi görülmektedir. B içeriği yüksek olan alanlarda yetiştiriciliğin yapılabilmesi ve bitkiler için toksik seviyede B içeren alanların değerlendirilebilmesi için B'a karşı dayanıklı çeşit kullanmak gerekmektedir. Bu bağlamda bitkilerin tür, çeşit ve genotip bazında B'a duyarlılıklarının ve toleranslarının tespit edilmesi gerekmektedir. Bunun için de besin elementi ile bitkiler arasındaki ilişkiler açık bir şekilde ortaya konulmalıdır.

Bu çalışmanın amacı; B gereksiniminin az olduğu daha önce yapılan çalışmalarla ortaya konan taze fasulye bitkisinin ülkemiz topraklarında karşılaşması muhtemel B toksisitesi koşullarında verdiği morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal tepkilerin belirlenmesine; B'un bitkiler üzerinde oluşturduğu toksik etkilerin, fizyolojik parametreler ve antioksidant enzim sistemleri ile bağlantılı olarak tolerans mekanizmasının anlaşılmasına katkıda bulunmaktır.

## 2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

### 2.1. B ve Bitkiler İçin Önemi

Bor elementi periyodik sistemin 3A grubunun başında yer alır. Atom numarası 5, atom ağırlığı 10,81, yoğunluğu 2,84 gr/cm<sup>3</sup>, erime noktası 2300 °C ve kaynama noktası 2550 °C olan, metalle ametal arası yarı iletken özelliklere sahip bir elementtir (Yılmaz, 2002; Buluttekın, 2008).

B doğada saf ve serbest olarak bulunmaz. Oksijene olan ilgisi nedeniyle pek çok B-oksijen bileşimi oluşturur. Basitten karmaşığa oldukça fazla sayıda değişik molekül yapılarına sahip olabilen bu bileşimler 'borat' [B(OH)<sub>4</sub>] olarak isimlendirilir. Doğada yaklaşık olarak 250 çeşit B minerali olduğu bildirilmiştir (Yılmaz, 2002; Çalık, 2002; Helvacı, 2003).

B ürünleri cam sanayi, seramik sanayi, temizleme ve beyazlatma sanayi, yanmayı önleyici madde yapımı, ilaç sanayi, kimya sanayi, tarım, metalurji, enerji depolama, pigment ve kurutucu olarak, nükleer uygulamalar, fotoğrafçılık, kozmetik sanayi, atık temizleme, yakıt, tıp, gıda, nanoteknoloji, inşaat, uzay ve hava araçları, askeri araçlar, füzeler, radarlar, iletişim teknolojileri gibi birçok alanda kullanılmaktadır (DPT, 2001; Yılmaz, 2002).

Dünya toplam B rezervi sıralamasında Türkiye % 72'lik pay ile ilk sırada yer almaktadır. % 8'lik payı ile Rusya ikinci sırada yer alırken, onu % 7'lik oranla A.B.D izlemektedir. Türkiye'de bilinen B yatakları özellikle Kırka/Eskişehir, Bigadiç/Balıkesir, Kestelek/Bursa ve Emet/Kütahya' da bulunmaktadır. 2011 yılı verilerine göre toplam B rezervlerimizin % 37'si Bigadiç/Balıkesir'de, % 34'ü Emet/Kütahya'da, % 28'si Kırka/Eskişehir'de ve % 1'lik kısmı Kestelek/Bursa'da bulunmaktadır (Eti Maden, 2011).

B toksisitesi Dünya'nın hemen her yerinde kurak ve yarı kurak bölgelerin tarım topraklarında bitki yetiştiriciliğini sınırlayan bir beslenme sorunudur (Tanaka and

Fujiwara, 2007). B toksisitesi topraklarda doğal olarak oluşabildiği gibi, özellikle yüksek B içeren suların (Nable et al., 1997) ya da kompost gübrelerinin kullanılması sonucunda veya linyit kömürü kullanan termik santrallerin yakınlarında yetiştiricilik yapılması durumunda yaygın olarak ortaya çıkabilmektedir (Bergmann, 1992; Marschner, 1995; Güneş vd., 2002).

Topraklarda B kayalar ve primer minerallerin içinde, küllerin ve demir ile alüminyumun sulu oksitlerinin yüzeylerinde absorbe edilmiş olarak, organik maddeye bağlanmış olarak ve toprak çözeltisinde bağımsız yani borik asit ( $H_3BO_3$ ) ve  $[B(OH)_4]$  olmak üzere 4 değişik formda bulunur (Brady and Weil, 2008).

Toprakların B içeriği 2-200 ppm arasında değişmektedir. Bitkiler bu miktarın % 5'inden daha az bir kısmından yararlanabilirler. Topraklar genel olarak doygun çözeltilerindeki B miktarına göre az B içeren, orta B içeren, yüksek B içeren ve çok yüksek B içeren topraklar olarak dört grup altında sınıflandırılmaktadır. Az B içeren topraklar 0,7 ppm'e kadar B içermekte ve hiçbir bitki için sorun oluşturmamaktadır. Orta B içeren toprakların 0,7-1,5 ppm B içerdiği ve bazı bitkiler için sorun yaratmadığı tespit edilmiştir. Yüksek B içeren topraklar 1,5–3,75 ppm B içermekte ve çoğunlukla bitkiler için tehlikeli olmakta, çok yüksek B içeren topraklar ise 3,75 ppm den fazla B içermekte olup bu topraklar bitkiler için tehlikelidir (Uygan ve Çetin, 2004).

Kumlu, tınlı ve killi topraklardaki B sınıflandırmasına göre topraklar ise, B düzeyi <0,3 ppm: çok düşük, 0,4-0,8 ppm: düşük, 0,9-1,5 ppm: optimum, 1,6-3 ppm: yüksek, >3 ppm: çok yüksek olarak belirtilmiştir (Kelling, 2003).

Bitkiler toprakta doğal olarak bulunan B'un yanı sıra, kullanılan sulama sularıyla da B'u bünyelerine almaktadırlar. B bileşikleri yer altı ve yer üstü sularında bulunmaktadır. Yer altı sularında B konsantrasyonunun tüm dünyada 0,3-100 ppm arasında değiştiği, deniz suyunda bu seviyenin 0,5-9,6 ppm, tatlı sularda ise 0,01-1,5 ppm arasında olduğu bildirilmiştir (Kabay et al., 2006). Çizelge 2.1.1'de sulama sularının B kapsamlarına göre sınıflandırılması görülmektedir (Richards, 1954).



Çizelge 2. 1. 1. Sulama sularının B kapsamalarına göre sınıflandırılması (Richards, 1954).

Sınıfı	Hassas	Orta Hassas	Toleranslı
<b>1- Çok İyi</b>	0,33 ppm	0,67 ppm	1,00 ppm
<b>2- İyi</b>	0,33 - 0,67 ppm	0,67 – 1,33 ppm	1,00 – 2,00 ppm
<b>3- Kullanılabilir</b>	0,67 – 1,00 ppm	1,33 – 2,00 ppm	2,00 – 3,00 pmm
<b>4- Şüpheli</b>	1,00 – 1,25 ppm	2,00 – 2,50 ppm	3,00 – 3,75 ppm
<b>5- Uygun Değil</b>	1,25 ppm	2,50 ppm	3,75 ppm

Bitki B ihtiyacını karşılama yollarından biri; B içerikli gübreler ile toprağın gübrenmesi olup bu durum topraktaki B içeriğinin artmasına neden olmaktadır. Gübrelemede kullanılan gübrenin B içeriğine, miktarına ve kullanılan bitkiye dikkat edilmelidir.

Bitkiler tarafından B'un alımı konusunda araştırmacılar arasında fikir birliği olmamasına karşın, özellikle son yapılan çalışmalarla üç farklı mekanizma ile kök hücrelerine alındığına inanılmaktadır. 1. Toprakta yüksek B konsantrasyonunun bulunmasıyla meydana gelen hücre zarından pasif difüzyon yolu ile (Dordas and Brown, 2000; Brown et al., 2002), 2. Yine yüksek B konsantrasyonlarında, hücre zarında bulunan integral zar proteinleri aracılığı ile kolaylaştırılmış difüzyon şeklinde (Dannel et al., 2002) ve 3. Yetersiz B konsantrasyonlarının ve çeşitli mikro besin elementleri ve soğuk etkisi gibi nedenlerle alımının azaldığı durumlarda B taşıyıcıları aracılığıyla aktif taşıma ile dissosiyeye olmamış  $H_3BO_3$  şeklinde bitki bünyesine alınmaktadır (Tanaka and Fujiwara, 2007).

Suyun, bitki bünyesinde taşıyıcı olarak görev yaptığı ve besin elementlerinin bitki içerisindeki uzun mesafelere taşınımının ksilem ve floem iletim demetleri içerisinde meydana geldiği bilinmektedir. Ortamda bulunan B konsantrasyonunun etkisiyle aktif ve pasif yollarla alınan B, ksilem iletim demetlerine aktarılır. Transpirasyonla bitkinin su kaybetmesi ile birlikte B, bitkide ksilem iletim demetlerinde tepe noktalarına kadar taşınmakta ve buralarda birikmektedir. Ayrıca türden türe

değişen düzeylerde vejetatif ve generatif organlara floem yoluyla taşındığı son yıllarda ortaya konmuştur (Dannel et al., 2002; Matoh and Ochiai, 2005). Floem taşınımının primer fotosentez ürünleri sorbitol, mannitol, fruktoz gibi şeker ve şeker alkollerini olan türlerde B'un bu bileşiklerin *cis*-hidroksil gruplarına bağlanarak meydana geldiği belirlenmiştir (Stangoulis et al., 2001; Matoh and Ochiai, 2005). Kereviz ve şeftali bitkisinde bu ürünlerin B elementiy ile bağ yaptıkları ve B'un mobil hale geçtiği bildirilmiştir (Hu and Brown, 1997). Temel fotosentez ürünü sakkaroz olan tütün bitkisinde B'un taşınımı immobildir. Gen aktarımı yoluyla sorbitol üretmesi sağlanan tütünlerde B'un meristemlere taşınımının arttığı bulunmuştur (Bellaloui et al., 1999).

Taşınımı gibi, B'un hücre içinde yerleşimi de değişiklik göstermektedir. Suda çözünür B'un çoğu apoplastik bölgede  $H_3BO_3$  olarak lokalize olmakta, suda çözünmeyen B'un çoğu ise *cis*-diol konfigürasyonuna sahip substratlarla özellikle de poliollerle bileşik oluşturmaktadır (Loomis and Durst, 1992; O'Neill et al., 2004).

Bitkilerin normal gelişmesi ve optimum derecede ürün vermeleri için gerekli olan B'un bitki bünyesine alınımı çeşitli faktörlere bağlıdır. Yapılan çalışmalarla bitkilerin topraktan B alımını etkileyen en önemli faktörün toprak pH'sı olduğu belirtilmiştir. Diğer önemli faktörler ise, bitki çeşidi, toprağın bitkiye yararlı B kapsamı, topraktaki değişebilir iyonların tipi, topraktaki minerallerin miktarı ve tipi, toprak sıcaklığı, toprağın organik madde kapsamı, toprağın ıslanması ve kurumması, toprak / su oranı ve genetik faktörlerdir (Velioğlu ve Şimşek, 2003).

B'un bitkiler tarafından alınımı etkileyen en önemli faktör toprak pH'sıdır. Topraktaki çözülmüş B içeriği toprak pH'sıyla yakından ilgilidir. Toprak pH'sı 7 olduğunda çözülmüş B'un % 99'u  $H_3BO_3$  ve % 0,9' luk kısmı da  $[B(OH)_4]$  formunda bulunurken, toprak pH'sının 8,4 olduğu durumda % 80'i  $H_3BO_3$ , % 18'i ise  $[B(OH)_4]$  formunda bulunmaktadır (Schachtschabel et al., 1993). Dolayısıyla toprağın pH'sı arttıkça bitkiler tarafından alınabilir B miktarı önemli ölçüde azalmaktadır. Bununla birlikte, B'un topraktan yıkanarak uzaklaştırılması zorlaşmaktadır.

Toprak tekstürü inceldikçe tutulan B miktarı artmaktadır. Kumlu topraklar az, drenajı iyi olan ince tekstürlü topraklar daha çok B içermektedirler. Toprakta aktif kil yüzeyleri, değişebilir alüminyum konsantrasyonları ve OH-Al materyalleri ile de B adsorbsiyonu arasında pozitif bir ilişki mevcuttur. Bu nedenle killi topraklara verilen B'lu gübrelere bitkiler daha uzun süre yararlanmaktadırlar (DSİ Teknik Bültenleri, 1980).

Uzun yıllardır yürütülen çalışmalar sonucunda, bitki beslenmesinde önemli bir yeri bulunan B'un N, Ca, Mg, Fe ve Mn ile antagonistik; P, K, S, Zn ve Cu ile de sinerjistik etkileşiminin olduğu belirlenmiştir (Gezgin ve Hamurcu, 2006).

B toksisitesi kurak ve yarı kurak bölge topraklarında lokal olarak görülen ve tarımı yapılan bitkilerdeki verim kayıplarının önemli sorunlarından biridir (Kalaycı et al., 1998; Tanaka and Fujiwara, 2007). B toksisitesinin fenotipte ilk belirtileri özellikle yaşlı yapraklarda yaprak uçlarının sararması, klorozis ve yaprak kenarlarının yanmasıdır. Semptomlar daha sonra orta damara kadar yayılır. B miktarının 5 ppm'den fazla olması durumunda kökte yanma meydana gelip, ani bitki ölümleri gözlenebilmektedir. Ayrıca yaprakların kıvrılması, kabuk nekrozları, genç gövdelerde uç yanıklığı, yaprak aksillerinde aşırı zamklanma ve gövde ile petiyoller arasında kahverengi mantarsı lezyonların görünmesi de toksisite semptomları arasında sayılabilir (Vitosh, 1994; Brown and Shelp, 1997).

Diğer besin elementlerinden farklı olarak B'un bitkiler için eksiklik ve toksisite seviyeleri arasında çok az bir fark vardır ve bu seviye birbirine oldukça yakındır (Yau and Ryan, 2008). B gereksinimi bitkiler arasında türden türe hatta aynı türün çeşitleri arasında bile değişim göstermektedir. Çizelge 2. 1. 2. Tarımsal üretimi yapılan bitkilerin nispi B toleransları verilmiştir (Maas, 1984).

Çizelge 2. 1. 2. Tarımsal üretimi yapılan bitkilerin nispi B toleransları (Maas, 1984).

<b>Çok hassas(&lt;0.5 mg/L)</b>		<b>Nisbeten hassas (1.0-2.0 mg/L)</b>	
Limon	<i>Citrus limon</i>	Acı biber	<i>Capsicum annuum</i>
Böğürtlen	<i>Rubus app.</i>	Bezelye	<i>Pisum sativa</i>
<b>Hassas (0.5-0.75 mg/L)</b>		Havuç	<i>Daucus carota</i>
Avokado	<i>Persea americana</i>	Turp	<i>Raphanus sativa</i>
Greyfurt	<i>Citrus X paradisi</i>	Patates	<i>Solanum tuberosum</i>
Portakal	<i>Citrus sinensis</i>	Salatalık	<i>Cucumis sativus</i>
Kayısı	<i>Prunus armeniaca</i>	<b>Nisbeten toleranslı (2.0-4.0 mg/L)</b>	
Şeftali	<i>Prunus persica</i>	Marul	<i>Lactuca sativa</i>
Kiraz	<i>Prunus avium</i>	Lahana	<i>Brassica oleracea var. capitata</i>
Erik	<i>Prunus domestica</i>	Kereviz	<i>Apium graveolens</i>
Trabzon hurması	<i>Diospyros kaki</i>	Şalgam	<i>Brassica rapa</i>
İncir	<i>Ficus carica</i>	Kavun	<i>Cucumis melo</i>
Üzüm	<i>Vitis vinifera</i>	Yulaf	<i>Avena sativa</i>
Fındık	<i>Juglans regia</i>	Mısır	<i>Zea mays</i>
Pekan	<i>Carya illinoensis</i>	Enginar	<i>Cynara scolymus</i>
Börülce	<i>Vigna unguiculata</i>	Tütün	<i>Nicotina tabacum</i>
Soğan	<i>Allium cepa</i>	Hardal	<i>Brassica juncea</i>
<b>Hassas (0.75-1.0 mg/L)</b>		Balkabağı	<i>Cucurbita pepo</i>
Sarımsak	<i>Allium sativum</i>	<b>Toleranslı (4.0-6.0 mg/L)</b>	
Tatlı patates	<i>Ipomoea batatas</i>	Sorgum	<i>Sorghum bicolor</i>
Buğday	<i>Triticum aestivum</i>	Domates	<i>Solanum lycopersicum</i>
Arpa	<i>Hordeum vulgare</i>	Yonca	<i>Medicago sativa</i>
Ayçiçeği	<i>Helianthus annuus</i>	Şeker pancarı	<i>Beta vulgaris</i>
Mung fasulyesi	<i>Vigna radiata</i>	Maydanoz	<i>Petroselinum crispum</i>
Susam	<i>Sesamum indicum</i>	Pancar, kırmızı	<i>Beta vulgaris</i>
Yerfıstığı	<i>Arachis hypogaea</i>	<b>Toleranslı (6.0-15.0 mg/L)</b>	
Çilek	<i>Fragaria spp.</i>	Pamuk	<i>Gossypium hirsutum</i>
Yerelması	<i>Helianthus tuberosus</i>	Kuşkonmaz	<i>Asparagus officinalis</i>
Taze fasulye	<i>Phaseolus vulgaris</i>		
Lima fasulyesi	<i>Phaseolus lunatus</i>		

Bitkiler için mutlak gerekli bir mikro besin elementi olan B'un, bitki metabolizmasındaki işlevleri tam olarak aydınlatılamamıştır. Genel olarak bitkilerde B elementinin; şekerlerin kısa ve uzun mesafelere taşınmasında, hücre duvarı sentezinde ve yapısının oluşumunda, enzim aktivasyonunda (O'Neill et al., 2004), nükleik asit metabolizması ve protein sentezinde (Topak, 2001; Gezgin vd., 2005), indol asetik asit (IAA), karbonhidrat ve fenol metabolizmasında (Camacho-Cristobal et al., 2002), solunum ve fotosentezde, O<sub>2</sub> aktivasyonunun indüklenmesinde (Marschner, 1995) ve askorbat metabolizmasında (Lukaszewski and Blevins, 1996), azot fiksasyonunda (Blevins and Lukaszewski, 1998), lignin biyosentezinde ve ksilem farklılaşmasında (Lovatt, 1985), anter gelişiminde (Huang et al., 2000), polen çimlenmesi ve polen tüpü büyümesinde önemli ve belirgin işlevlere sahip olduğu belirlenmiştir.

Yapılan araştırmalarla, bitkilerde B'un hücre duvarında yapısal bir role sahip olduğu ve hücre duvarının sentezi için gerekli olduğu ortaya konmuştur. Hücre duvarı selüloz, hemiselüloz ve pektinden oluşur. Hücre duvarında bulunan B'un selüloz ve hemiselülozdan çok, hücre duvarının elastikiyetini sağlayan pektinlere bağlandığı bulunmuştur (Perez et al., 2003). Pektinler dikotillerin hücre duvarlarının 1/3' ünü oluştururken; monokotiller, gramineler ve tohumuz bitkilerin hücre duvarlarında yok denecek kadar azdır. Bitkiler arasındaki farklı B isteklerinin temel sebebinin hücre duvarındaki pektin içeriği olduğu düşünülmektedir (Hu and Brown, 1994). Ayrıca B; hücre zarı transport işlemlerinde, zarda yerleşen proteinlerin aktivitesinde ve zarın kompozisyonunun oluşmasında da etkilidir (Parr and Loughman, 1983).

B toksisitesi, çeşitli fizyolojik ve metabolik etkiler sonucunda, bitkilerin büyüme ve gelişmelerini olumsuz yönde etkilemektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda B toksisitesinin bitkiler üzerine birincil etkileri, üç ana başlıkta ifade edilmiştir. Bunlardan birincisi ve en önemlisi hücre çeperinde oluşan hasar; ikincisi ATP, NADH ve NADPH'ye bağlanan riboz kısımlarında metabolik bozukluk; üçüncüsü ise RNA, serbest şekerler veya riboz bağlarınca meydana getirilen bölünen ve gelişen hücrelerdeki hasarlardır. Bunlara dördüncü olarak da yapraklarda yüksek miktarda biriken B'un transpirasyon akımı yönündeki ozmotik düzeni bozması ilave edilmiştir (Stagoulis and Reid, 2002; Reid et al., 2004).

B toksisitesi sonucunda bitki bünyesinde meydana gelen ikincil hasarlar ise; kök ve sürgünlerde hücre bölünmesinin azaltılması sonucunda büyümenin azalması (Liu et al., 2000; Choi et al., 2007), yapraklarda klorofil miktarının azalması, stomatal iletkenliğin azalması ve fotosentez oranının düşmesi (Reid, 2007), lignin ve süberin depolanması (Ghanati et al., 2002), prolin birikimi, hücre membran yapısının bozulması ve hücreye madde giriş çıkışının değişmesi (Eraslan et al., 2007), lipit peroksidasyonu ve  $H_2O_2$  birikimi sonucunda oksidatif stresin yaşanmasıdır (Karabal et al., 2003; Gunes et al., 2007).

B eksikliği ve fazlalığında bitkilerde fenolik maddelerin sentezinden sorumlu enzimlerin aktivitelerinde değişiklik görülür. Böylece fenolik maddelerin miktarı artar. B eksikliği görülen yapraklarda PPO enzimi fenolik maddeleri okside eder ve kinonlar oluşur (Camacho-Crisobal et al., 2002). Özellikle ışık tarafından aktive edilmiş fenoller olan kinonlar reaktif oksijen türleri (ROS) üretmede oldukça etkin olup lipid peroksidasyonuna yol açarak membranlara zarar verme potansiyeline sahiptirler (Marschner, 1997).

Bitkiler için temel bileşenlerden olan oksijen; moleküler oksijenin ( $O_2$ ) su ( $H_2O$ )'ya indirgenmesi yoluyla bitkilerin temel enerji kaynağını oluşturmaktadır. Oksijenin indirgenmediği durumlarda ise biyolojik molekülleri okside edebilen ROS oluşmaktadır (Seçkin, 2005). ROS oluşturan hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ), süperoksit ( $O_2^-$ ), hidroksil radikalleri ( $OH^-$ ) ve tek değerlikli oksijen ( $O_2$ ); bitki hücrelerinde kloroplastlarda, mitokondrilerde ve peroksizomlarda meydana gelen oksidatif reaksiyonlar sonucu üretilmektedir. Hücre zarı ve işlevlerine büyük zarar veren bu moleküller özellikle stres faktörlerine maruz kalınması sonucunda üretimi artmaktadır (Demiral, 2003). Bitkiler, stres koşullarında ortaya çıkan serbest oksijen radikallerinin toksik etkilerine karşı, geliştirdikleri bazı enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidant savunma mekanizmaları ile cevap vermektedirler (Mittler, 2002; Gratao et al., 2005). Süperoksitdismutaz (SOD) (EC 1.15.1.1), katalaz (CAT) (EC 1.11.1.6), askorbat peroksidaz (APX) (EC 1.11.1.11) ve glutatyon redüktaz (GR) (EC 1.6.4.2) bitkilerin geliştirdikleri enzimatik antioksidant savunma sistemi üyelerindedir (Gechev et al., 2002; Gratao et al., 2005).

Antioksidant savunma mekanizmasının ilk basamağı SOD enziminin  $O_2^-$  'ini oksijen ve  $H_2O_2$ 'ya dönüştürmesiyle gerçekleşir. SOD enzimi serbest oksijen radikalinin  $H_2O_2$  ve  $O_2$ 'ye dönüşümünü gerçekleştiren antioksidant sisteminin en önemli enzimi olarak kabul edilir (Bowler et al., 1992). Bundan sonraki aşamada açığa çıkan  $H_2O_2$ ; peroksidaz (POX) (EC 1.11.1.7), polifenol oksidaz (PPO) (EC 1.14.18.1), CAT ve askorbat-glutasyon döngüsü enzimleriyle etkisiz hale getirilmesidir (Mittler, 2002; Brown et al., 2002).

Toksisite seviyesindeki B, gövdeden yaprağın en uç kısmına kadar taşınır ve bitkide taşındığı bu en uç bölgeden yani transpirasyonun sonlandığı yerden diğer kısımlara doğru azalarak toksisite etkisini göstermeye başlar. Bunun sonucunda bitkilerdeki tipik belirtileri; yaşlı yaprak uçlarında ve yaprak kenarlarında yanıklar ve nekrotik, klorotik beneklerdir (Roessner et al., 2006; Tanaka and Fujiwara, 2007).

Yapılan çalışmalar sonucunda, B toksisitesine karşı dayanıklılığın, bitkilerin yeşil aksamalarında daha az B bulundurma yeteneklerine bağlı olduğu, dayanıklı genotiplerin duyarlı genotiplere kıyasla bünyelerinde daha az B biriktirdikleri belirtilmiştir (Nable et al., 1997; Reid, 2007). Ayrıca, B toksisitesinin daha çok mevcut B'un hücre sitoplâzmasında birikmesiyle kendini gösterdiği, B'un hücre çeperinde ve vakuolde birikmesiyle bitki üzerindeki zararın daha az olduğu ifade edilmiştir (Marschner, 1995).

## 2.2. Örnek Araştırmalar

B toksisitesinin temel nedeni toprakların B içeren minerallerden meydana gelmesidir. Gezgin et al., (2002) yaklaşık 3,5 milyon ha tarım arazisine sahip olan Orta- Güney Anadolu Bölgesi (Konya, Afyon, Karaman, Aksaray, Niğde Nevşehir ve Kayseri) tarım topraklarından aldıkları 898 adet toprak örneğinin analizleri sonucunda toprakların bitkiye elverişli B miktarının  $0,01- 63,9 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Ayrıca, toprakların % 26,6'sında noksan ( $<0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve % 18'inde ise toksik düzeyde B içerdiklerini tespit etmişlerdir.

Aynı araştırmacılar tarafından birkaç yıl sonra yürütülen, DPT projesi ile Orta Güney Anadolu'da 7 ilde toprak, bitki ve suda B haritası çıkarılmış, noksan, toksik ve normal seviyeler haritalanmıştır. Orta Güney Anadolu tarım topraklarından alınan 1154 adet toprak örneğinin analiz sonuçlarına göre bölge topraklarının % 19,7'si yetersiz ( $< 0,5 \text{ mg B kg}^{-1}$ ), B'a hassas bitkiler ve tahıllar için % 12,7'sinin toksik ( $>3 \text{ mg B kg}^{-1}$ ), B'a toleranslı bitkiler için % 6,4'ü toksik ( $>10 \text{ mg B kg}^{-1}$ ) ve % 67,6'sı ise yeterli ( $0,5-3 \text{ mg B kg}^{-1}$ ) düzeyde B ihtiva ettiği tespit edilmiştir (Gezgin vd., 2006).

Yapılan araştırmalarla, B noksanlığı ve toksisitesinin bitkisel üretimi sınırlayan önemli bir beslenme problemi olduğu tespit edilmiştir. B bakımından zengin topraklar, B noksanlığının olduğu alanlarla karşılaştırıldığında daha az alanı kapsamına rağmen verimi daha fazla düşürdüğü ve bundan dolayı B toksisitesinin, B eksikliğinden daha önemli olduğu bildirilmiştir (Cartwright et al., 1986).

B toksisitesi toprakların B içeren minerallerden meydana gelmesi sonucu doğal olarak oluşabileceği gibi, çeşitli şekillerde antropojenik kaynaklı da olabilmektedir. B yataklarından açığa çıkan artıkların çeşitli yollarla baraj göllerine taşınması ve sulamanın da bu kanaldan yapılması durumunda bitkiler toksik düzeydeki B'ü bünyelerine almaktadır. Eskişehir'in Kırka ilçesinde yapılan bir araştırmada, bölgenin dışındaki dereye günde ortalama 95,235 kg B taşındığı tespit edilmiştir (DSİ, Araştırma Raporu, 1983). Bu bölgede yapılan sulama sonucu; bitkilerde yaprak sararmaları,



yanma ve yarılmalar, olgunlaşmamış yapraklarda dökülme ve büyüme hızının yavaşlaması ile üründe verim kaybı gözlenmiştir.

Uygan ve Çetin (2004), 2001-2003 yılları arasında Eskişehir-Kırka Boraks işletmesinin de yer aldığı Eskişehir-Seyitgazi sulama şebekesi su kaynaklarını oluşturan Çatören ve Kunduzlar Baraj Gölleri, şebeke sulama suyu, seydisuyu, derin kuyular (40 adet) ve ovayı temsilen seçilen 12 farklı noktadaki toprak profillerinin B içeriklerini incelemiştir. Buna göre, farklı parsel ve profil derinliklerine göre B düzeylerini toprakta 0,003-3,24 ppm, yüzey sulama suyu kanallarında 0,03-35,55 ppm ve derin kuyu sularında 0,0-2,89 ppm belirlemiştir. Sonuç olarak sulama ve içme suyundaki B düzeylerinin sınır değer olan 1 ppm'den yüksek olduğunu tespit etmiştir.

Yapılan çalışmalar B'un bitkilere olan toksik etkisinde, kullanılan suyun içerdiği B miktarının yanı sıra, kullanılan sulama yönteminin de etkili olduğunu göstermiştir. Örneğin; Saatçi vd. (1998), 0,5 mg L<sup>-1</sup> B içeren sulama suyu ve yağmurlama sulama sistemi ile sulanan turunçgil yapraklarında, B toksisitesi gözlemlenmişler ve yapraklardaki B miktarını 200-250 mg kg<sup>-1</sup> gibi yüksek bir miktarda bulurken, aynı miktarda B içeren su, karık sulama yöntemi ile verildiğinde ise turunçgil yapraklarındaki B miktarının, önemli derecede düştüğünü ve 50-100 mg kg<sup>-1</sup> gibi normal sınırlar içerisinde olduğunu tespit etmişlerdir.

B'un, bakla bitkisinin büyümesi ve gelişimi için temel bir besin olduğunun ilk belirli kanıtı, Warington (1923) tarafından ortaya konmuştur. Warington'un bu gözlemi, bugün B'un bitki gelişiminde ne derece önemli olduğunun anlaşılması için bir gösterge olmuştur. Sonrasında yapılan çalışmalarda pek çok monokotil ve dikotil bitki için türden türe değişen oranlarda B gereksinimi olduğu saptanmıştır (Harite, 2008).

Uzun yıllar boyunca, araştırmacılar tarafından yapılan deney ve gözlemler sonucunda, bitki türlerinin B gereksinimi ve duyarlılık konusunda büyük farklılıklar gösterdiği bildirilmiştir. Paull et al. (1988), bitki türleri arasında olduğu gibi, aynı türün çeşitleri arasında da B'a duyarlılıkta büyük farklılıkların olduğunu ve bu farklılıkların nedeninin de bitkilerin B toksisitesinden fizyolojik olarak farklı düzeylerde

etkilenişinden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Yani, diğer besleyici minerallerden farklı olarak B'un optimum seviyesi türler arasında değişiklik göstermektedir, hatta aynı tür içinde dahi optimum ve toksik seviyeler arası farklı olabilir. Tüm bitki türleri için bu farkın oldukça dar olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Yau and Ryan, 2008).

Bitki türleri arasında B toleransı konusunda büyük farklılıklar olduğu gibi, aynı bitki üzerindeki organlar arasında da B içeriği açısından farklılıklar mevcuttur. B bitkilerde en fazla yaprak ve üreme organlarında bulunurken sırasıyla en az kök, meyve ve tohumlarda bulunmuştur. Zhao and Oosterhuis (2002), Pamuk'ta B miktarının bitki bünyesindeki dağılımını inceledikleri çalışmalarında, yüksek konsantrasyondan düşük konsantrasyona doğru sıralandığında; en yüksek düzeyde alt yapraklarda, üst yapraklarda, kabuk bölgesinde, kökte, gövdede ve en az ise odun bölgesinde bulunduğunu bildirilmişlerdir. Benzer bir çalışmada da, aynı arazi koşullarında yetiştirilen badem (*Prunus amygdalus*), elma (*Malus domestica*), Antep fıstığı (*Pistachio vera*) ve ceviz (*Juglans regia*) ağaçlarının çeşitli organlarındaki B dağılımının farklı olduğu, Antep fıstığı ve cevizde en yüksek B konsantrasyonunun yaprakta (130 ve 295 mg kg<sup>-1</sup>), en düşük B konsantrasyonunun ise meyve ve tohumda (1 ve 4 mg kg<sup>-1</sup>) olduğu; buna karşın, bademde en yüksek B konsantrasyonunun meyve kabuğunda (170 mg kg<sup>-1</sup>), elmada ise meyve çekirdeğinde (54 mg kg<sup>-1</sup>) bulunduğunu, badem ve elmanın yaprak B konsantrasyonlarının (41 ve 42 mg kg<sup>-1</sup>) ise daha düşük olduğu saptanmıştır (Brown and Hu, 1996).

Organlar arasında olduğu gibi aynı organın farklı kısımlarında da B miktarı değişmektedir. Yaprığın en uç bölgesi B'un en yüksek konsantrasyonda olduğu bölge iken, bunu sırasıyla yaprak kenarları, daha sonra merkezi bölüm izler, petiyole yaklaştıkça B konsantrasyonu azalır (Brown and Shelp, 1997). Arpa bitkisinde yapılan bir çalışmada kuru ağırlıkta, yaprak tabanındaki B miktarının 0,75 mg g<sup>-1</sup>, yaprağın orta kesiminde 6,6 mg g<sup>-1</sup>, yaprak ucunda ise bu değer 23,5 mg g<sup>-1</sup>'a yükseldiği bulunmuştur (Reid et al., 2004).

B'un kökler tarafından bitki bünyesine alınım yolunu, topraktaki B konsantrasyonu belirlemektedir. B konsantrasyonu yetişme ortamında yeterli ve fazla olduğu durumlarda B,  $H_3BO_3$  şeklinde pasif difüzyonla, yetersiz miktarda B bulunması durumlarında ise integral zar proteinleri aracılığıyla kolaylaştırılmış difüzyon ile ve B taşıyıcıları aracılığı ile aktif taşıma şeklinde kök hücrelerine alınmaktadır (Brown et al, 2002). İntegral zar proteinlerinin B taşınımında etkili olduğu yönünde ilk deneysel çalışma Dordas et al., (2000) tarafından kabak kökleriyle yapılan çalışmada ortaya konmuştur. Daha sonra yapılan çalışmalarla bu tespit desteklenmiştir. 2006 yılında Takano et al., *Arabidopsis thaliana*'da epidermal hücre zarında, kök ve endodermal hücrelerde bulunan, B taşınımından sorumlu olan bir integral zar proteini (AtNIP5;1) izole etmişlerdir. Az miktarda B içeren toprakta yaşayan bitki köklerinde bu proteinin daha fazla ifade edildiği ortaya konmuştur (Takano et al., 2006). Sonrasında, bu protein ile homolog yapı ve göreve sahip kök dışında sürgünlerde de lokalize olabilen başka bir integral zar proteini çeltikte tanımlanmıştır (Hanaoka and Fujiwara, 2007). Yine çeltik üzerinde yapılan bir çalışma ile de B eksikliği, çeşitli metabolik engelleyiciler ve soğuk etkisi gibi B alımının engellendiği durumlarda aktif taşıma ile B alımında görevli olan (OsBOR1) BOR taşıyıcısı belirlenmiştir (Nakagawa et al., 2007).

Uzun yıllar B'un sadece ksilem iletim demetleri aracılığıyla taşındığına inanılıyorken, özellikle son yıllarda yapılan detaylı incelemelerle türden türe değişim göstermek suretiyle floem de taşınımın da meydana geldiği ortaya konmuştur (Dannel et al., 2002; Tanaka and Fujiwara, 2007). Kök hücreleriyle pasif veya aktif yollarla ksileme iletilen B elementinin buradan transpirasyon akımı ile sürgünlere, floem yolu ile de vegetatif ve generatif dokulara taşındığı, floem taşınımının fotosentez ürünü mannitol, sorbitol gibi şeker alkollerini olan türlerde meydana geldiği bildirilmiştir (Matoh and Ochiai, 2005). Penca et al., (2001) verim çağındaki Manzanillo zeytin çeşitinin yapraklarına kararlı  $^{10}B$  izotopunu püskürterek B taşınımını incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, B'un mannitol ile kompleks yapıp floem yoluyla taşındığını ve uygulama yapılan yaprağa en yakın olan çiçek ve meyvelerin B içeriklerinin önemli ölçüde arttığını bildirmişlerdir.

Bitki büyüme ve gelişmesindeki gerekliliği uzun yıllar önce ortaya konan B'un, bu güne dek yapılan çok sayıdaki çalışmayla fizyolojik ve biyokimyasal rolleri anlaşılmasına çalışılmıştır. Elde edilen bilgiler ışığında toksik ve noksan konsantrasyonlarda B'a maruz kalan bitkilerde meydana gelen değişimler ve bu değişimlerin neden olduğu olumlu ve olumsuz sonuçlar belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılmış çeşitli çalışmalarla B toksisitesi koşullarında çeşitli bitki türlerinde oluşan stres durumu ve sonuçları aşağıda verilmiştir.

B karbonhidrat bakımından zengin hücre duvarına sahip organizmalar için gereklidir. Bitki hücre duvarında B'un rolü, B eksikliğinin oluşturulduğu koşullarda anatomik ve fizyolojik gözlemlerle uzun yıllar araştırılmıştır (Loomis and Dust, 1992). Yapılan çalışmalara göre B, hücre duvarının pektik kısmı ile kompleksler oluşturmaktadır ve B eksikliğinde hücre duvarında bir seri anatomik ve fiziksel değişimler görülmektedir. Loomis and Dust (1992)'nin hipotezine göre "bitki hücre duvarının pektik kısmında nadir bir şeker olan apioz, fizyolojik koşullarda  $[B(OH)_4]$  ve  $H_3BO_3$  ile esterler oluşturabilen bir hücre duvarı bileşenidir", bu hipotez daha sonraki çalışmalarla desteklenmiştir (Hu at al., 1996).

Marschner (1995), B'un membran bütünlüğü ve fonksiyonlarındaki rolünü incelemek için yaptığı bir çalışmada, B elementince zengin ve B elementince kıt ortamlarda yetiştirdiği ayçiçeği yapraklarını kullanmıştır. B elementince kıt ortamda yetiştirilen ayçiçeği yapraklarından dışarı verilen potasyum (K) elementinin, B elementince zengin ortamda yetiştirilen ayçiçeği yapraklarından verilen K'dan daha fazla olduğunu bulmuştur. Ancak, B elementince kıt ortamda yetiştirilen ayçiçeği yapraklarına dışarıdan verilen B ile K çıkışı azaltılmıştır. Bu durum bize, B'un hücre çeperi kararlılığında ve plazma membran bütünlüğünde oynadığını göstermektedir.

B eksikliği halinde; hücre zarı transport işlemlerinde, zarda yerleşen proteinlerin aktivitesinde ve zarın kompozisyonunda meydana gelen düzensizlikler üzerine yapılan çeşitli araştırmalarla, B'un hücre zarındaki rolü gösterilmeye çalışılmıştır. Fasulyede, fosfor emilim kapasitesinde B eksikliği ile ortaya çıkan azalma, ortama 1 saat süreyle  $10 \mu M H_3BO_3$  uygulanması ile giderilebilmiştir. Ayrıca, Rubidium (Rb) emilim

kapasitesi ve paralelinde ATPaz azalması ile uyarılan  $K^+$  aktivitesi, 1 saat süreli B uygulaması ile tamamen normal düzenine dönmüştür (Pollard et al., 1977). B eksikliği ve toksisitesinin ATP bağımlı  $H^+$  pompalama ve vanadat-duyarlı ATPaz aktivitesini inhibe ettiği bulunmuştur (Ferrol, et al., 1993). B eksikliğinde, domates ve havuçta net proton salınması 3–4 saat içerisinde % 50 oranında azalmıştır. Bu etki, kültür ortamına B eklenmesi ve vanadat ilavesi ile inhibe edilebilmektedir (Goldbach et al., 1990). Bu sonuçlar, zar özelliklerinin B eksikliği ile değiştiğini göstermektedir.

Yapılan kapsamlı bir araştırmada Hu et al. (1996), dokularındaki B miktarı ve metabolik ihtiyaçları birbirinden farklı olan 13 bitki türünü (kuşkonmaz, arpa, brokkoli, soğan, bezelye, turp, domates, havuç, karnabahar, buğday, salatalık, şalgam ve tatlı mısır) B içeren ve B içermeyen ortamda yetiştirmişlerdir. Alınan yaprak örneklerinde hücre ve hücre duvarı B içerikleri analiz edilmiştir. Hücre duvarındaki pektin konsantrasyonu ile B gerekliliği, eksikliği ve hassasiyeti arasında pozitif bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Hücre duvarı yüksek miktarda pektin içeren türlerde, hücre duvarı yapımı için daha fazla B'a ihtiyaç duyulduğu, hücre duvarındaki pektinin B ile çözünmez bir bileşik oluşturduğu, böylece B'un hücre duvarında tutularak B gerektiren diğer metabolik fonksiyonlar için B'un kullanılabilirliğinin azaldığını belirtmişlerdir. Bu nedenle, yüksek pektin içeren türlerin daha fazla B'a gereksinim duydukları sonucuna varılmıştır. Nitekim tek çeneklilerde kritik B eksiklik düzeyi  $5-10 \text{ mg kg}^{-1}$  iken, çift çeneklilerde bu miktar  $20-70 \text{ mg kg}^{-1}$ 'a kadar çıkmaktadır. Bunun nedeni olarak bu iki grubun hücre çeperi bileşenlerinin farklılığı (Loomis and Durst, 1992), bu farkın da çeperdeki pektinin dikotillerde daha fazla oluşundan kaynaklandığı bildirilmektedir (Perez et al., 2003). Çift çenekli bitkilerin hücre çeperinde, tek çenekli bitkilere göre 6,5 kat daha fazla pektin bileşenleri vardır (Kaneko et al., 1997).

Çeşitli araştırmacılar B'un, şeker taşınımında da görev aldığını öne sürmüşlerdir. Matsunaga and Nagata, (1995) yaptıkları bir çalışmada; pH:6,2'de malik asitin turp, elma ve lahana solüsyonlarında ve pH:4,0'teki elma solüsyonunda, fruktoz miktarını 100 kat arttırdığını göstermişlerdir. Bu nedenle adı geçen yazarlar; fruktozun, turp köklerinde  $H_3BO_3$  ve elma suyunda malik asit için kompleks oluşturucu bir diol olduğunu iddia etmişlerdir.

Birçok bitki özellikle de meyve ağaçları vegetatif gelişimden çok generatif gelişimleri açısından B'a ihtiyaç duymaktadırlar. Nyomora et al., (2000) verim dönemindeki meyve ağaçlarında yapraktan B uygulamasının meyve tutumu, çiçek tozu ve çiçek tozu çim borusunun gelişimi üzerine etkilerini *in vivo* ve *in vitro* koşullarda araştırmışlardır. Araştırmacılar, yapraktan uygulanan B'un arazi koşullarında çiçek tozu canlılığını etkilemediğini ancak, *in vivo* koşullardaki çiçek tozu çimlenme oranı ile çiçek tozu çim borusunun gelişmesini arttırdığını bildirmişlerdir. B uygulamasının esas etkisinin *in vivo* koşullarda çiçek tozu çim borusunun yumurtalığa ulaşmasını hızlandırdığını, buna karşılık *in vitro* koşullarda çiçek tozu çim borusunun patlamasını azalttığını ve çimlenme ortamına B ilavesiyle çiçek tozu çimlenmesinin ve çiçek tozu çim borusunun uzamasını arttırdığına dikkat çekmişlerdir (Nyomara et al., 2000).

B toksisitesinin yaygın görülen semptomları kuru madde kaybı, kök uzamasının engellenmesi, meyve çürümesi, yapraklarda öncelikle uç ve kenarlarda başlayan kahverengi lekeler ile klorozla başlayıp nekrozla devam eden bozulmalar (Marschner, 1995; Oertli, 1993), kabuk nekrozları ve kambiyum ölümüne bağlı gövde ölümü (Brown, 1996) ve yaşlı yaprakların yanık bir görünüm alıp erken dökülmesi şeklindedir.

Bitkilerin maruz kaldığı abiyotik stres etmenlerinden biri olan yetişme ortamında fazla miktarda B'un bulunması yani B toksisitesi durumunda, bitkilerde çeşitli morfolojik ve fizyolojik değişimler meydana gelmektedir. Abiyotik stres koşullarında, bitkilerde yaprakların nispi nem içeriğinin ve yaprak su potansiyelinin düşmesinin fotosentez oranının azalmasına sebep olduğu belirtilmiştir (Lawlor, 2001). Terleme miktarı ve yaprak su potansiyeli bitkilerde, B toksisitesiyle birlikte değişen unsurlardan biridir. Gunes et al. (2006), asmada yüksek miktarda B alımının (20 ve 30 mg kg<sup>-1</sup> B) yapraklarda stoma direncini arttırdığını ortaya koymuşlardır. Benzer sonuçlar, mandarin bitkisiyle yapılan bir çalışmayla da elde edilmiştir (Papadakis et al., 2004). Ayrıca, Ardıç (2006), B toksisitesinin nohut bitkisinde, bağıl su miktarını değiştirmedeğini gözlemlemiştir.

Birçok stres faktörünün bitkilerdeki klorofil miktarını önemli ölçüde değiştirdiği, yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Sairam and Saxena, 2000; Sotiropoulos et al., 2006). Papadakis et al. (2004), iki farklı anaç üzerine aşılamanın Clementine mandarininin B toksisitesine tepkisi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada; B uygulamasının yapraklardaki klorofil konsantrasyonunu, fotosentez oranını, stoma iletkenliğini, klorofil rengini ve lamina kalınlığını azalttığını belirlemişlerdir. Aynı zamanda kloroplast hücrelerinin hacminin ve tanedeki nişasta miktarının azaldığını gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar, kullanılan anaçların B toksisitesinde önemli rol oynadıklarını bildirmişlerdir. Keles et al., (2004) portakal yapraklarını, Sotiropoulos et al., (2006) elma kök sürgünlerini B toksisitesine maruz bıraktıklarında klorofil miktarının, Neocleous and Vasilakakis (2007) B ve tuz stresine maruz bıraktıkları ahududu bitkisinde klorofil miktarı ve klorofil floresansının, Han et al., (2009) ise aşırı B uygulamasının greyfurt bitkisinde klorofil floresansını azalttığını tespit etmişlerdir. Bir başka çalışmada, Inbaraj and Muthuchelian (2011) börülce yaprakları üzerine yüksek miktarda B uygulamasının klorofil miktarına olan etkisini incelemişlerdir. Sonuçta, yüksek oranda B uygulamasıyla klorofil miktarının düştüğünü gözlemlemişlerdir.

Domates bitkisine uygulanan dört farklı B konsantrasyonunun (0, 5, 10, 20 mg kg<sup>-1</sup>) etkilerinin sera koşullarında araştırılmasına yönelik bir çalışmada (Gunes et al., 1999); 10 ve 20 mg kg<sup>-1</sup> düzeyindeki uygulamalarda B toksisite belirtilerini gözlemlemişler ve uygulanan B'un bitkinin yaş ve kuru ağırlığını belirgin derecede azalttığını saptamışlardır.

Güneş vd., (2000) 0, 10 ve 30 mg kg<sup>-1</sup> düzeylerinde H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> uyguladıkları toprak örneklerinde yetiştirdikleri 8 farklı mısır çeşidinin B toksisitesine duyarlılıklarını araştırdıkları çalışmalarında, bitkilerin yaş ve kuru ağırlıklarını, içerdikleri B konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Araştırma sonucunda, artan B konsantrasyonu ile bütün çeşitlerin yaş ve kuru ağırlıklarının dikkate değer bir azalma gösterdiği, tüm çeşitlerin B içeriklerinin önemli ölçüde arttığı ortaya konmuştur. Yüksek miktarda B'a duyarlılıkları düşük olan çeşitlerin, duyarlılıkları yüksek olan çeşitlere göre daha fazla B içerdiklerini tespit etmişlerdir.

Değişik dozlardaki B konsantrasyonlarının kavun bitkisinin büyümesi ve ürün verimi üzerine etkileri araştırılmıştır (Goldberg et al., 2003). Toprağa, 2 mmol L<sup>-1</sup>, 3 mmol L<sup>-1</sup> ve 5,3 mmol L<sup>-1</sup> oranlarında B uygulanmış ve kavunlar, 95 gün için büyüme bırakılmıştır. İlk çiçeklenme günü; 2 mmol L<sup>-1</sup> ve daha küçük konsantrasyonlarda 35 gün, 3 mmol L<sup>-1</sup> ve daha büyük konsantrasyonlarda 51 gün gecikmiştir. Meyve verimi 5,3 mmol L<sup>-1</sup> B konsantrasyonunda tamamen engellenmiştir.

Çelik (2007), sulama suyundaki farklı B konsantrasyonlarına karşı topraktaki B toleransı 1,0-2,3 mg L<sup>-1</sup> olan sivri biber (*Capsicum annuum* L.) bitkisinin, sulama suyundaki farklı B konsantrasyonlarına dayanımını ölçmüştür. Araştırmada, 0,06 mg L<sup>-1</sup> (kontrol), 1,00mg L<sup>-1</sup>, 2,00 mg L<sup>-1</sup>, 4,00 mg L<sup>-1</sup>, 6,00 mg L<sup>-1</sup> ve 10,00 mg L<sup>-1</sup> olmak üzere 6 farklı B konsantrasyonu uygulamıştır. Deneme sonunda yaş meyve verimlerinin B düzeylerinden etkilendiği, buna karşın meyve sayısı ve meyve çapı değerlerinde önemli farklılıklara rastlanmadığı belirtilmiştir. Meyvede, yapraklarda ve toprakta oluşan B birikimi değerlerinin de uygulanan sulama suyunun B içeriğine paralel olarak artış gösterdiği ortaya konmuştur.

Liu et al. (1993), B içeren ve B içermeyen uygulamalarla iki brokkoli çeşidini farklı alınabilir B kapsamına sahip topraklarda ve sulu koşullarda yetiştirerek arazi koşullarında brokkoli bitkisinde B dağılımı ve taşınımını araştırdıkları çalışmalarında; yeşil aksamdaki B konsantrasyon gradientindeki azalmanın yalnızca B uygulamasının yapıldığı koşullarda görüldüğünü ve buna karşın, çiçekteki B konsantrasyonu ve içeriğinin B uygulamalarından çok az etkilendiğini bildirmişlerdir. Aynı çalışmada, transpirasyonun gerçekleştiği organlarda B birikimi görülmekle birlikte düşük B içeren organlara B taşınımının koşullara bağlı olarak değişiklik gösterdiği belirtilmiştir.

Akçam-Oluk vd, (2006), B fazlalığının ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.cv. Sembro No.5) bitkisinin in vitro koşullarda kök gelişimi ve anatomisi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> miktarını 4 kat arttırarak (6,2x4=24,8 mg L<sup>-1</sup>) kullanmışlardır. Çalışmada, ortamın B seviyesi arttırıldığında ayçiçeği bitkisinin köklerindeki ksilem kolu sayısının 8'den 4'e indiğini, buna karşılık lateral kök oluşumunda bir artışa neden olduğunu belirlemişlerdir.



Harite (2008), perlit+kum karışımında yetiştirilen 8 pamuk çeşidinin dört farklı B dozuna (0,5, 7,5, 15, 22,5 mg L<sup>-1</sup> B) reaksiyonlarını incelemiştir. Çalışma sonucunda, artan B konsantrasyonu ile B toksisitesinden zarar görmüş yaprak sayısının, kök, gövde ve yaprak B içeriğinin arttığı, buna karşılık; bitkilerde taze ağırlık, kuru ağırlık, bitki boyu ve yaprak sayılarının azaldığı belirlenmiştir.

Üç farklı B seviyesine (0,025, 0,1 ve 0,3 mM) maruz bırakılmış kivi bitkisinde B'un, bitkinin mineral kompozisyonu ve büyümede azot oluşumu üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada (Thomas et al., 2003); bütün B seviyelerinde, gövde yüksekliği, ortalama gövde kuru ağırlığı, yaprak sayısı, yaprak kuru ağırlığı ve azot konsantrasyonunun arttığı belirlenmiştir. B konsantrasyonunun 0,3 mM 'lık seviyelerinde ise gövde boyu önemli derecede azalmıştır. B toksisite belirtileri, bitkinin 0,1 ve 0,3 mM B ile muamele edilmesini izleyen ilk 14 günün sonunda görülmüştür.

Gülümser vd., (2005) farklı B dozlarının (0, 0.5, 1.0, 1.5 ve 2.0 kg ha<sup>-1</sup>) Efsane çeşidi fasulye bitkisine (*Phaseolus vulgaris* L.) yapraktan ve topraktan uygulanmasının verim ve verim unsurları üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda, uygulama şekilleri arasında önemli bir fark bulunmazken, farklı B dozlarının etkisi önemli bulunmuştur. Analizler sonucunda; ilk bakla yüksekliği, tanenin B içeriği, çimlenme oranı, 1000-tane ağırlığı ve tane veriminin önemli ölçüde etkilendiği görülmüştür.

Mariano et al. (2000) serada saksı (3 bitki/saksı) denemelerinde 0 dan 10 mg kg<sup>-1</sup>'a kadar 6 farklı B dozuyla fasulye bitkisinde yaptıkları çalışmalarda fasulye için kritik B seviyelerinin çeşitlere göre toprakta 0,57-4,65 mg kg<sup>-1</sup> B arasında, bitki analizlerinde ise 44,2-199,1 mg kg<sup>-1</sup> B aralığında olduğunu bildirmişlerdir.

Soya fasulyesinin B uygulamalarına tepkisini ölçmek amacıyla yapılan bir çalışmada Ross et al. (2006), 4 farklı bölge toprağına, 5 farklı B dozunu (0, 0.28, 0.56, 1.12, 2.24 mg kg<sup>-1</sup>), 2 farklı zamanda uygulamışlardır. Soyanın gelişimi üzerine B eksik alanlarda yapılan B uygulamasının daha etkili olduğunu ve tane verimini % 4 ile % 130 arasında arttığını ve B uygulama zamanının verim değerleri üzerine çok fazla etkili

olmadığını belirlemişlerdir. Araştırmada ayrıca artan miktarlarda B uygulamasıyla yaprak ve tane B içeriğinin de arttığını ortaya koymuşlardır.

Kekec (2008), B elementinin fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), nohut (*Cicer arietinum* L.), mısır (*Zea mays* L.), buğday (*Triticum aestivum* L.), arpa (*Hordeum vulgare* L.) ve domates (*Solanum lycopersicum* L.) bitkileri üzerinde meydana getirdiği genetik zararları RAPD bant profilleri kullanarak belirlemiştir. Bu çalışmaya göre bitkilerin büyüme oranlarında fasulye 10 ppm % (-9), nohutta 50 ppm % (-13), mısırdaki 50 ppm % (-14), buğdayda 10 ppm % (-19), arpada 10 ppm % (-23), domateste 10 ppm % (-31)'den itibaren net bir düşüşün meydana geldiği, fasulye ve nohutta 50 ppm, mısırdaki 500 ppm, arpada 750 ppm den itibaren B uygulamasına karşı belirgin DNA değişiklikleri olduğu belirlenmiştir.

Sıcaklık, kuraklık, tuzluluk, ışık, besin elementleri, ağır metaller, hava kirliliği gibi aşırı miktarda B'a maruz kalınması da bitki hücrelerinde oksidatif strese neden olmaktadır. Oksidatif stres altında  $H_2O_2$ ,  $O_2^-$  ve  $OH^-$  içeren ROS üretilmektedir (Minibaeva and Gordon, 2003). Oksidatif strese uğrayan bitkilerde oluşan ROS'lardan  $H_2O_2$ , Halliwell-Asada döngüsünde elimine edilmektedir (Mittler, 2002). Bu döngüde glutatyon ve askorbat, APX ve GR enzimleri ile oksitlenip, yeniden indirgenmekte olup, antioksidatif yanıt için askorbat ve glutatyonun yenilenme süreci çok önemlidir. Bu süreçte monodehidroaskorbat redüktaz (MDHAR) (EC 1.6.5.4), dehidroaskorbat redüktaz (DHAR) (EC 1.8.5.1), APX ve GR enzimleri rol oynamaktadır (Blokhina et al., 2003; Ishikawa et al., 2006).

Gunes et al. (2006); asma bitkisinde, B uygulanan bitkilerle kontrol grubu bitkileri karşılaştırdıklarında, SOD ve CAT aktivitelerinin arttığını, APX aktivitesinin ise azalış gösterdiğini belirlemişlerdir.

Cervilla et al., (2007), iki farklı domates çeşidine 0,05, 0,5 ve 2,0 mM B olmak üzere artan düzeyde B uygulayarak yetiştirdikleri domates yapraklarında kuru ağırlık, nisbi yaprak gelişim oranı, toplam ve serbest B,  $H_2O_2$ , Malondialdehyde (MDA),

glutasyon, şekerler, toplam enzimatik olmayan antioksidant miktarı ve SOD, CAT, APX, MDHAR, DHAR, GR, askorbat oksidaz (EC 1.10.3.3) ve galaktoz dehidrogenaz (EC 1.1.1.48) gibi antioksidant enzimlerin aktivitelerinin B toksisitesine tepkilerini araştırmışlardır. Yapraklarda B toksisitesi sonucunda, MDA ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> içeriğinin her iki çeşitte de artış gösterdiği belirtilmiştir. B toksisitesi her iki çeşitte askorbat konsantrasyonunu da artırmıştır. Yüksek B konsantrasyonuna sahip domates yapraklarında orta derecede oksidatif zararlanmaların olduğu gözlenirken, antioksidant enzim aktivitelerinde genel olarak bir artış olduğu belirlenmiştir. Özellikle, B toksisitesinin bazı enzim aktivitelerini ve düşük seviyede askorbatı artırmakta olduğu belirtilmiştir.

Keles et al., (2004) B'ca zengin topraklara sahip olan Nazilli'de portakal ağaçları ile yürüttükleri çalışmalarında yüksek ve düşük B içerikli sulama suyu kullanmışlardır. Aldıkları yaprak örneklerinde biriken B konsantrasyonlarını ve antioksidant bileşimlerini incelemiştir. Çalışmanın sonucunda, yüksek miktarda B içeren sulama suyu uygulanan ağaçların yapraklarında, B miktarı düşük sulama suyu ile sulanan ağaçların yapraklarına göre 10 kat daha fazla B birikimi olduğu, yarı yarıya klorofil kaybı, düşük prolin, yüksek protein, karbonhidrat ve askorbat değerleri ölçülmüştür. Ayrıca yüksek miktarda B içeren sularla sulanmış yaprak örneklerinde CAT ve GR aktivitesinin düştüğü, buna karşılık SOD aktivitesinin arttığı belirlenmiştir. Bunun yanında, yüksek miktarda B'un, bitkinin hücre membran lipitlerine de zarar verdiği saptanmıştır.

Molassiotis et al. (2006), 1 mM'den 6 mM'e kadar olan B uyguladıkları elma kök sürgünlerindeki CAT aktivitesinin, aşırı B uygulama gurubunda azaldığını saptamışlardır. Yine elma kök sürgünlerinde yapılan diğer bir çalışmada ise, CAT aktivitesinin arttığı görülmüştür (Sotiropoulos et al., 2006). Bu kapsamda, aşırı B uygulanan *Citrus grandis* L. bitkilerinde gerçekleştirilen bir çalışmada, CAT aktivitesi azalırken, APX enzim aktivitesinin anlamlı şekilde arttığı belirlenmiştir (Han et al., 2009).

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Bitki Materyali

Denemede Türkiye'nin farklı bölgelerinde yetiştirilen ve farklı iklim koşullarına adapte olmuş 4 taze fasulye genotipi kullanılmıştır. Denemede kullanılan genotiplere ait tohumlar Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Nezihe Köksal' dan temin edilmiştir. Kullanılan genotipler, orjinleri, temin edildikleri yerler ve özellikleri Çizelge 3.1.1'de, genotiplere ait tohumların görünümü ise Şekil 3.1.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1.1. Araştırmada kullanılan taze fasulye genotipleri, orjinleri, temin edildikleri yerler ve özellikleri.

GENOTİP	ORJİNİ	TEMİN EDİLDİĞİ YER	ÖZELLİK
Eyri Oturak	Samsun-Bafra	Samsun Köylü Pazarı	Oturak
Ferasetsiz	Bursa- Karacabey	Görükle Pazarı	Sırık
Şeker Fasulye	Bursa-Karacabey	Görükle Pazarı	Sırık
Yerel Genotip	Mersin- Erdemli	Mersin	Oturak



Şekil 3.1.1. Genotiplere ait tohumların görünümü.

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Denemenin kuruluşu

Denemede yetiştirme ortamı olarak perlit kullanılmıştır. Su ile doyurulmuş perlitler, 31,5 x 51,5 cm ebatlarındaki viyollere doldurulmuştur. Her viyolde 12 bitki olacak şekilde tohum ekimi yapılmıştır. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre her tekerrürde 12 bitki olacak şekilde 3 tekerrürlü olarak düzenlenmiştir.

### 3.2.2 Bitkilere B uygulaması

Tohum ekimi yapılan viyoller seraya tesadüfî bir şekilde yerleştirilmiştir. Deneme süresince seradaki sıcaklık ortalama 32/ 15 °C (gündüz/gece), ortalama nem % 55 olarak tutulmuştur.

Tohum ekiminden itibaren sulama saf su ile yapılmıştır. Tohum ekiminden 15 gün sonra bitkiler 3-4 yapraklı olduğu dönemde B uygulamalarına başlanmıştır. Bu amaçla Kontrol (½'lik Hoagland çözeltisi), 8 ppm B, 16 ppm B ve 24 ppm B içeren ½ lik Hoagland besin çözeltisi (Hoagland ve Arnon, 1950) kullanılmıştır. Tüm bitkilere eşit ve 50 mL olacak şekilde her gün uygulama yapılmıştır. Hoagland çözeltisinin pH'sının 5,8-6,0 arasında olmasına dikkat edilmiştir. B kaynağı olarak H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> kullanılmıştır. B uygulamasının 10. gününde ilk söküm yapılmış, bitkiler saf su ile temizlenerek analizler gerçekleştirilmiştir. Kalan bitkilere B uygulamasına 10 gün daha devam edilmiş, bu sürenin sonunda aynı işlem ve analizler tekrarlanmıştır. On gün süreli B uygulaması sonrasında taze fasulye genotiplerinin görünümüleri Şekil A.1 ve Şekil A.2'de, 20 gün süreli B uygulaması sonrasında taze fasulye genotiplerinin görünümüleri ise Şekil A.3 ve Şekil A.4'te verilmiştir.

### **3.2.3. İncelenen parametreler**

#### **3.2.3.1. Yaprak ve kök yaş- kuru ağırlığı**

Deneme sonunda sökülen bitkilerin yaprakları ve kökleri ayrılarak saf suyla temizlenmiştir. Tartım amacıyla bitkilerden bir genç ve bir yaşlı yaprak alınmıştır, köklerinde 1/3'ü kullanılmıştır. Yaş ağırlıkları belirlenen örnekler 70 °C sıcaklıktaki etüvde (Memmert Universal Oven Une 600, Germany) 48 saat kurutulmuştur. Daha sonra yaprak ve köklerin kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Tartımlar 0,001 g'a duyarlı hassas terazide (Mettler Toledo MS204S/01) yapılmıştır. Ölçümler her grup için 5 tekerrürlü olarak yapılmış ve ortalama değerler verilmiştir.

#### **3.2.3.2. Yaprak alanı**

Bitki yaprak alanı Portable Area Meter (LICOR – 3000 C, USA) ile ölçülmüş ve değerler cm<sup>2</sup> cinsinden verilmiştir. Bütün bitkilerden her uygulama için bir genç bir de yaşlı yapraktan olmak üzere iki ölçüm yapılmıştır. Ölçümlerde 10. ve 20. gün için, genç ve yaşlı yaprakların ortalamaları ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

#### **3.2.3.3. Yaprak rengi**

Bütün uygulamalar sonunda sökülen bitkilerden alınan yapraklarda Minolta CR-400 Colorimeter (Japan) cihazı kullanılarak, CIELAB (L\* a\* b\*) renk alanında yansıtıldığı gibi ölçülerek yapılmıştır. Cihazın ışıklayıcısı D65, kalibrasyon standartları ise Y= 93,5, x= 0,158, y= 0,3323tür.

Her bir bitki için biri genç diğeri yaşlı yapraktan olmak üzere 2 okuma yapılmıştır. Renk değerleri L\* (beyazlık, parlaklık/ siyahlık), a\* (kırmızılık/ yeşillik), b\* (sarılık/ mavilik) olarak ifade edilmiştir. Daha sonra renk doygunluğu (Chroma, C\*) ve ton (hue, h°) değerleri McGuire (1992)' in yöntemiyle belirlenmiştir.

$$C^* = [(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}]$$

$$h^{\circ} = \arctan(b/a)$$

C\* değerleri donukluğu (düşük değerler) ve parlaklığı (yüksek değerler); h° değerleri ise 0° de kırmızı mor, 90° de sarı, 180° de mavimsi yeşil, 270° de mavi rengi belirtir.

#### **3.2.3.4. Yaprak oransal su kapsamı (YOSK) ve turgor kaybı (TK)**

Dört taze fasulye genotipinin yapılan uygulamalar sonunda YOSK ve TK değerlerini belirlemek amacıyla alınan yaprak örneklerinden 1,5 cm çaplı 3'er disk çıkartılmıştır. Disklerin öncelikle taze ağırlıkları, 4 saat saf suda bekletildikten sonra turgor ağırlıkları ve 70 °C de 24 saat tutulduktan sonra kuru ağırlıkları kaydedilmiş ve elde edilen verilere bağlı olarak YOSK ve TK değerleri hesaplanmıştır. Değerler % olarak ifade edilmiştir (Barr and Weatherley, 1962).

Taze fasulye genotiplerinin YOSK ve TK değerleri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$YOSK = (Y.A - K.A) / (T.A - K.A) \times 100$$

$$TK = (T.A - Y.A) / T.A \times 100$$

YOSK = Yaprak oransal su kapsamı

TK = Turgor kaybı

Y.A = Yaş Ağırlık

K.A = Kuru Ağırlık

T.A = Turgor Ağırlığı

### **3.2.3.5. Toplam klorofil miktarı**

Toplam klorofil miktarının analizi için 10 ve 20 gün süreyle 0 ppm B (Kontrol), 8 ppm B, 16 ppm B ve 24 ppm B uygulamalarına maruz bırakılan 4 farklı taze fasulye bitkilerinden alınan yapraklardan 1,5 cm çaplı 2 adet disk hassas terazide tartıldıktan sonra cam şişelere konulmuştur. Her örnek üzerine 1,5 mL DMF (Dimetil Formamid) eklenmiştir. Bu örnekler + 4 °C de buzdolabında 72 saat karanlık ortamda bekletilmiştir. Daha sonra karanlık bir ortamda oda sıcaklığına gelmesi beklenen örneklerle spektrofotometrede (Perkin Elmer Lambda 25, USA) 652 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunmuştur (Moran and Porath, 1980). Dört taze fasulye genotiplerinin klorofil miktarı aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir.

$$\text{Toplam Klorofil (mg / g T.A)} = \text{O.D 652 nm} \times 29 \times \text{seyreltme faktörü} / \text{mg T.A}$$

mg / g T.A = 1 gram taze ağırlıktaki mg cinsinden klorofil miktarı

O. D 652 nm = 652 nm' deki okuma değeri

T.A=Taze Ağırlık

### **3.2.4. Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi**

#### **3.2.4.1. Askorbat Peroksidaz aktivitesi (APX) [EC 1.11.1.11]**

APX aktivitesini belirlemek amacıyla her uygulama için yaklaşık 0,15 g yaprak ve kök örnekleri tartılmıştır. Tartılan örnekler 4 °C'de 1,5 mL ekstraksiyon çözeltisi ile porselen havanda öğütülmüştür. Ekstraksiyon çözeltisi için; pH 7,6 olan 50 mM K-fosfat tamponu, 0,1 mM EDTA, 1 mM askorbat ve % 0,1 triton kullanılmıştır. Oluşan homojenize bitki örnekleri, 4 °C'de 15000 g'de 15 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüj edildikten sonra ayrılan sıvı kısımdan, enzim analizleri için 1,5 mL'lik mikro santrifüj tüplerine aktarılmıştır. APX aktivitesi, Nakano and Asada (1987)'ya göre 290 nm dalga boyunda askorbatın oksitlenmesi sonucu absorbanstaki azalmaya dayalı olarak belirlenmiştir. Enzim aktivitesi, reaksiyonun başlangıç oranı baz alınarak sönüm değeri ( $E=2,8 \text{ nM cm}^{-1}$ ) ile hesaplanmıştır.



### **3.2.4.2. Glutatifon Redüktaz aktivitesi (GR) [EC 1.6.4.2]**

GR aktivitesini belirlemek amacıyla her uygulama için yaprak ve köklerden yaklaşık 0,15 g örnek tartılmıştır. Tartılan örnekler 4 °C'de % 1,0 Poly Vinyl Poly Pyrrolidone (PVPP) ve 1,5 mL ekstraksiyon çözeltisi ile porselen havanda öğütülmüştür. Ekstraksiyon çözeltisi için; pH 7,6 olan 50 mM K-fosfat tamponu, 0,1 mM EDTA kullanılmıştır. Oluşan homojenize bitki örnekleri, 4°C'de 15 000 g'de 15 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüj edildikten sonra ayrılan sıvı kısım, enzim analizleri için 1,5 mL' lik mikro santrifüj tüplerine aktarılmıştır. GR aktivitesi Foyer and Halliwell (1976)'a göre 340 nm'de ( $E=6,2 \text{ mM cm}^{-1}$ ),  $\beta$ -Nikotinamid adenin dinüleotid fosfat (NAD(P)H) oksidasyonu esas alınarak belirlenmiştir.

### **3.2.4.3. Katalaz aktivitesi (CAT) [EC 1.11.1.6]**

CAT aktivitesini belirlemek amacıyla her uygulama için yaprak ve köklerden yaklaşık 0,15 g örnek tartılmıştır. Tartılan örnekler 4 °C'de % 1,0 PVPP ve 1,5 mL ekstraksiyon çözeltisi ile porselen havanda öğütülmüştür. Ekstraksiyon çözeltisi için (Moran et al., 1994); pH 7,0 olan 100 mM K-fosfat tamponu, 0,1 mM EDTA ve % 0,1 Triton kullanılmıştır. Oluşan homojenize bitki örnekleri, 4 °C'de 15 000 g'de 10 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüj edildikten sonra ayrılan sıvı kısımdan, enzim analizi için 1,5 mL' lik mikro santrifüj tüplerine aktarılmıştır. CAT enzim aktivitesi  $\text{H}_2\text{O}_2$ 'nun 240 nm'de ( $E=39,4 \text{ mM cm}^{-1}$ ) degradasyonu esasına göre belirlenmiştir (Rao et al., 1996).

Ayrıca yaprak ve kök dokularındaki protein konsantrasyonunun strese bağlı olarak nasıl değiştiğini belirlemek için Bradford (1976) yöntemi kullanılmıştır. Bu amaçla 100  $\mu\text{L}$  enzim santrifüğü üzerine 5 mL Bradford çözeltisi ilave edilmiştir. Oluşan renk spektrofotometrede 595 nm'de standartlara göre belirlenmiştir (Örnekler 15 dk. içerisinde okunmuştur). Standart olarak 0-600  $\mu\text{g/mL}$  (ppm) arasında hazırlanan Bovine Serum Albumin (BSA) kullanılmıştır. Her bir enzim için aktivite nmol/mg protein biriminde hesaplanmıştır.

### 3.2.5. B miktar tayini

B miktar tayini amacıyla alınan yaprak ve kök örnekleri deiyonize edilmiş saf su (dH<sub>2</sub>O) ile yıkanarak 65 °C'de 24 saat kadar kurutulup öğütülmüştür. Kurutulmuş ve öğütülmüş 1'er gr bitki örnekleri, kuru yakma yöntemi ile 500 °C'de 5 saat yakıldıktan sonra oda sıcaklığına getirilen örneklerde Kaçar (1972) tarafından bildirildiği şekilde Azomethine-H yöntemine göre B belirlenmesi yapılmıştır. Bu amaçla, elde edilen kül örneklerinin çözünmesi için her örnek 10'ar mL seyreltik asit karışımıyla (300 mL HCl+ 100 mL HNO<sub>3</sub> + 600 mL dH<sub>2</sub>O) muamele edilmiş, kısa bir süre sonra da balon jöjelere filtre kâğıdı ile süzölmüştür. Elde edilen süzöntöler, dH<sub>2</sub>O ile 50 mL'ye tamamlanmıştır. Seyreltik örneklere 4 mL, 1 mL tampon çözelti (50 gr Amonyum asetat+ 3 gr EDTA disodyum+ 80 mL dH<sub>2</sub>O+ 25 mL asetik asit) ve hazırlanan Azomethine-H çözeltisinden (100 mL dH<sub>2</sub>O+ 1 gr askorbik asit+ 0,45 gr azomethin-H karıştırılıp, filtre kâğıdı ile süzölmüş) 1 mL alınarak cam tüplerde karıştırılmıştır. Bir saat beklendikten sonra 420 nm dalga boyunda spektrofotometrede okuma yapılmıştır.

### 3.3. Verilerin Değerlendirilmesi

Elde edilen sonuçlar "IBM SPSS Statistics 20" istatistik programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Uygulamalar arasındaki farklılık 'Duncan' testi ile 0,05 önem seviyesinde ortaya konulmuştur.

## 4. SONUÇLAR

### 4.1. Yaprak ve kök yaş ağırlığı

On ve 20 gün süreli B uygulamalarının taze fasulye genotiplerinin yaprak yaş ağırlıkları üzerindeki etkilerinin önem derecesi ve kontrol değerleri ile B uygulamalarında genotiplerin yaprak yaş ağırlık değerlerindeki % değişim oranları Çizelge 4.1.1’de verilmiştir. Ortalama yaprak yaş ağırlık değerlerinde, Şeker Fasulye’nin 20 gün süreli 8 ppm B uygulaması sonucu yaprak yaş ağırlık değeri dışında tüm genotiplerde en yüksek yaprak yaş ağırlık değeri kontrol gruplarında belirlenmiştir. Şeker Fasulye’nin 10 gün 16 ppm B uygulaması ve Yerel Genotip’in 20 gün 24 ppm B uygulaması dışında, uygulanan B konsantrasyonuna paralel olarak ortalama yaprak yaş ağırlık değerleri azalmıştır. Buna göre genotipler ve uygulamalar arasındaki fark istatistikî olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca genotip ve uygulamalar arasındaki interaksiyonun % 5 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiş ve interaksiyon tablosu Çizelge A.1 ve Çizelge A.2’de verilmiştir.

Kontrol değerleri ile 10 ve 20 gün süreli B uygulamalarında genotiplerin yaprak yaş ağırlık değerlerindeki değişim oranları karşılaştırıldığında, Şeker Fasulye genotipinde 20 gün süreli 8 ppm B uygulaması dışında tüm B uygulamalarında yaprak yaş ağırlığının azaldığı belirlenmiştir. En büyük azalışların 24 ppm B uygulamasıyla gerçekleştiği görülürken, genel olarak 20 günün sonundaki azalış 10 günün sonunda meydana gelen azalıştan daha fazla olmuştur. Yirmi gün süre ile 24 ppm B uygulamasına maruz kalan Eyri Oturak genotipinin yaprak yaş ağırlığında en fazla azalışı gösterdiği (% 83,43) belirlenmiştir. En düşük azalış oranı ise 10 gün süre ile 8 ppm B uygulamasına maruz kalan Ferasetsiz genotipinde görülmüştür.

Çizelge 4.1.1. On ve 20 gün süreli B uygulamalarına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak yaş ağırlıkları ve % değişim oranları.

Genotip	Uygulama	10. Gün Yaprak Yaş Ağırlığı (gr)	20. Gün Yaprak Yaş Ağırlığı (gr)	Değişim Oranı (%)	
				10.Gün	20.Gün
Eyri Oturak	Kontrol	0,984 <sup>a</sup>	1,554 <sup>a</sup>	----	----
	8 ppm B	0,753 <sup>bcd</sup>	0,795 <sup>cd</sup>	-23,47	-48,80
	16 ppm B	0,623 <sup>cdef</sup>	0,785 <sup>cd</sup>	-36,73	-49,45
	24 ppm B	0,592 <sup>def</sup>	0,257 <sup>f</sup>	-39,84	-83,43
Ferasetsiz	Kontrol	0,615 <sup>def</sup>	1,572 <sup>a</sup>	----	----
	8 ppm B	0,582 <sup>def</sup>	0,919 <sup>bc</sup>	-5,28	-41,57
	16 ppm B	0,512 <sup>ef</sup>	0,812 <sup>cd</sup>	-16,76	-48,36
	24 ppm B	0,491 <sup>f</sup>	0,350 <sup>f</sup>	-20,06	-77,72
Şeker Fasulye	Kontrol	0,928 <sup>ab</sup>	1,072 <sup>b</sup>	----	----
	8 ppm B	0,751 <sup>bcd</sup>	1,7015 <sup>a</sup>	-19,07	+58,60
	16 ppm B	0,774 <sup>bcd</sup>	0,6337 <sup>de</sup>	-16,66	-40,93
	24 ppm B	0,597 <sup>def</sup>	0,428 <sup>ef</sup>	-35,66	-60,02
Yerel Genotip	Kontrol	0,839 <sup>abc</sup>	0,805 <sup>cd</sup>	----	----
	8 ppm B	0,734 <sup>bcdde</sup>	0,744 <sup>cd</sup>	-12,49	-7,58
	16 ppm B	0,526 <sup>ef</sup>	0,600 <sup>de</sup>	-37,28	-25,44
	24 ppm B	0,248 <sup>g</sup>	0,630 <sup>de</sup>	-70,43	-77,46
Uygulamalar	Genel Ortalama		Değişim Oranı (%)		
	10.Gün	20.Gün	10.Gün	20.Gün	
	Kontrol	0,836 <sup>a</sup>	1,251 <sup>a</sup>	----	----
	8 ppm B	0,711 <sup>b</sup>	1,040 <sup>b</sup>	-14,95	-16,87
	16 ppm B	0,621 <sup>b</sup>	0,701 <sup>c</sup>	-25,72	-43,96
	24 ppm B	0,482 <sup>c</sup>	0,404 <sup>d</sup>	-42,34	67,71
ANOVA		10.Gün	20.Gün		
Uygulama		*	*		
Genotip		*	*		
Genotip x Uygulama		*	*		

\*0,05 seviyesinde önemli

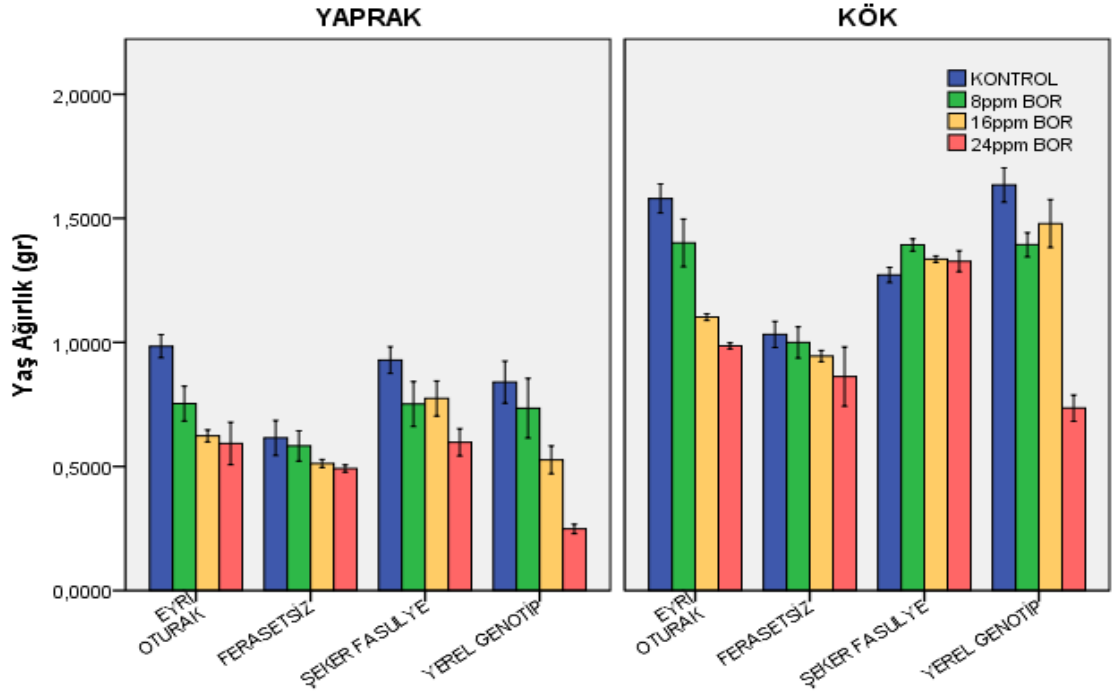
Çizelge 4.1.2’de 10 ve 20 gün süreli B uygulamalarının taze fasulye genotiplerinin kök yaş ağırlıkları üzerindeki etkilerinin önem derecesi ve kontrol örnekleri ile uygulamalar arasındaki % değişim oranları verilmiştir. Ortalama kök yaş ağırlık değerleri incelendiğinde, 10 gün süreli B uygulamaları sonucunda Şeker Fasulye genotipinde 8 ppm B uygulamasında bir artışın ve artan B konsantrasyonu ile azalışın meydana geldiği, ancak tüm uygulamalara ait ortalama kök yaş ağırlıklarının kontrolden daha yüksek olduğu dikkat çekmektedir. Yirmi gün süreli B uygulamalarında da aynı genotipin, 16 ppm B uygulamasının kontrol ve 8 ppm B uygulamasından yüksek olduğu görülmektedir. Bu istisnalar haricinde iki dönemde de, tüm genotip ve uygulamaların ortalama kök yaş ağırlık değerleri artan B konsantrasyonu ile azalmıştır. Buna göre genotipler ve uygulamalar arasındaki fark istatistikî olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca genotip ve uygulamalar arasındaki interaksiyonun % 5 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiş ve interaksiyon tablosu Çizelge A.3 ve Çizelge A.4’de verilmiştir.

On gün süreli B uygulamalarındaki değişim oranları incelendiğinde, Şeker Fasulye genotipinde tüm uygulama gruplarında (8 ppm: % 9,54, 16 ppm: % 4,99, 24 ppm: % 4,34) kontrole göre bir artış gözlenirken, diğer genotip ve uygulamalarda ortalama kök yaş ağırlık değerlerinde azalma olduğu tespit edilmiştir. En büyük azalış Yerel Genotipte 24 ppm B uygulamasında (% 55,01) meydana gelmiştir. Yirmi gün süreli B uygulamalarındaki değişim oranları incelendiğinde ise, yalnızca Şeker Fasulye genotipinin 16 ppm B uygulaması bir artışa neden olmuş (% 5,77), diğer tüm uygulamalarda ve genotiplerde ortalama kök yaş ağırlık değerleri kontrol gruplarına göre azalmıştır. En büyük azalış, Eyri Oturak genotipinde 24 ppm B uygulamasında (% 80,53) görülmüştür. On gün süreli B uygulamasına bağlı olarak genotiplerin yaprak ve kök yaş ağırlıklarında meydana gelen değişimler Şekil 4.1.1 ‘de 20 gün süreli B uygulamasına bağlı olarak genotiplerin yaprak ve kök yaş ağırlık değerlerinde meydana gelen değişimler ise Şekil 4.1.2’de verilmiştir.

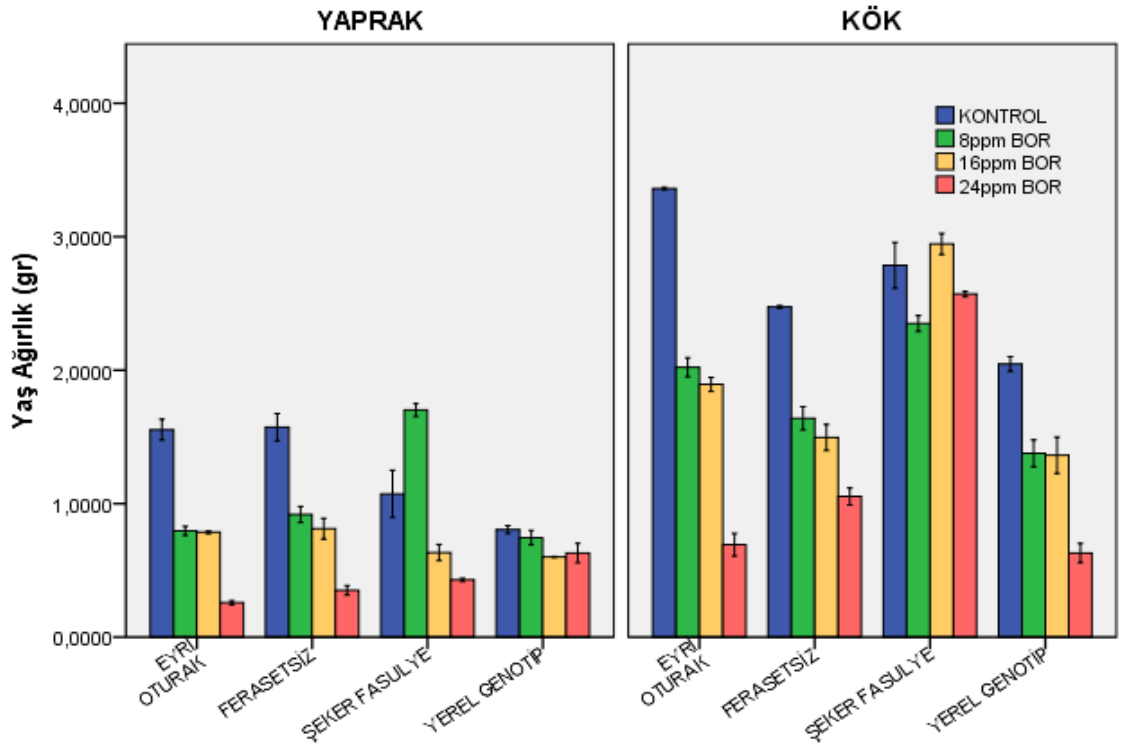
Çizelge 4.1.2. On ve 20 gün süreli B uygulamalarına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin kök yaş ağırlıkları ve % değişim oranları.

Genotip	Uygulama	10. Gün Kök Yaş A.(gr)	20. Gün Kök Yaş A. (gr)	Değişim Oranı(%)	
				10.Gün	20.Gün
Eyri Oturak	Kontrol	1,579 <sup>ab</sup>	3,360 <sup>a</sup>	----	----
	8 ppm B	1,400 <sup>bc</sup>	2,021 <sup>e</sup>	-11,34	-39,84
	16 ppm B	1,102 <sup>de</sup>	1,893 <sup>e</sup>	-30,24	-43,65
	24 ppm B	0,986 <sup>ef</sup>	0,692 <sup>i</sup>	-37,58	-80,53
Ferasetsiz	Kontrol	1,031 <sup>ef</sup>	2,474 <sup>d</sup>	----	----
	8 ppm B	0,999 <sup>ef</sup>	1,639 <sup>f</sup>	-3,15	-31,54
	16 ppm B	0,944 <sup>ef</sup>	1,495 <sup>fg</sup>	-8,42	-39,54
	24 ppm B	0,862 <sup>fg</sup>	1,054 <sup>h</sup>	-16,42	-57,40
Şeker Fasulye	Kontrol	1,271 <sup>cd</sup>	2,785 <sup>bc</sup>	----	----
	8 ppm B	1,392 <sup>bc</sup>	2,349 <sup>d</sup>	+9,51	-15,65
	16 ppm B	1,335 <sup>c</sup>	2,946 <sup>b</sup>	+4,99	+5,77
	24 ppm B	1,327 <sup>c</sup>	0,428 <sup>cd</sup>	+4,34	-7,71
Yerel Genotip	Kontrol	1,634 <sup>a</sup>	2,046 <sup>e</sup>	----	----
	8 ppm B	1,393 <sup>bc</sup>	1,377 <sup>fg</sup>	-14,74	-32,71
	16 ppm B	1,478 <sup>abc</sup>	1,362 <sup>g</sup>	-9,52	-33,41
	24 ppm B	0,735 <sup>g</sup>	0,630 <sup>i</sup>	-55,01	-69,19
Uygulamalar		Genel Ortalama		Değişim Oranı(%)	
		10.Gün	20.Gün	10.Gün	20.Gün
Kontrol		1,352 <sup>a</sup>	2,597 <sup>a</sup>	----	----
8 ppm B		1,252 <sup>b</sup>	1,865 <sup>ab</sup>	-7,40	-28,19
16 ppm B		1,230 <sup>b</sup>	1,927 <sup>b</sup>	-9,02	-25,80
24 ppm B		0,988 <sup>c</sup>	1,286 <sup>c</sup>	-26,92	-50,48
ANOVA		10.Gün	20.Gün		
Uygulama		*	*		
Genotip		*	*		
Genotip x Uygulama		*	*		

\*0,05 seviyesinde önemli



Şekil 4.1.1. On gün süreli B uygulaması sonucu taze fasulye genotiplerinin yaprak ve kök yaş ağırlıkları. Dikey barlar tekerrürlerin  $\pm$  SS' larını göstermektedir.



Şekil 4.1.2. Yirmi gün süreli B uygulaması sonucu taze fasulye genotiplerinin yaprak ve kök yaş ağırlıkları. Dikey barlar tekerrürlerin  $\pm$  SS' larını göstermektedir.

#### 4.2. Yaprak ve kök kuru ağırlığı

Çizelge 4.2.1’de 10 ve 20 gün süreli B uygulamalarının taze fasulye genotiplerinin yaprak kuru ağırlıkları üzerine etkilerinin önem derecesi ve kontrol grupları ile uygulamalar arasındaki % değişim oranları verilmiştir. Genotipler ve uygulamalara göre ortalama yaprak kuru ağırlıkları değerlendirildiğinde, en yüksek kuru ağırlık değerlerinin Şeker Fasulye genotipinde 20 gün süreli 24 ppm B uygulaması dışında kontrol gruplarında olduğu tespit edilmiştir. Artan B konsantrasyonu ile beraber genel olarak ortalama yaprak kuru ağırlık değerleri azalmıştır. On gün süreli B uygulaması sonunda en düşük yaprak kuru ağırlığına Yerel Genotip’in 24 ppm’lik grubu (0,035 gr), en yüksek yaprak kuru ağırlığına ise Eyri Oturak genotipinin kontrol grubu (0,114 gr) sahip olmuştur. Yirmi gün süreli uygulama sonucunda ise en düşük yaprak kuru ağırlığının 10 gün süreli B uygulamalarında olduğu gibi Yerel Genotip’in 24 ppm’lik grubunda (0,075 gr), en yüksek yaprak kuru ağırlık değeri ise Şeker Fasulye’nin 24 ppm’lik grubunda (0,264 gr) ölçülmüştür. Buna göre genotipler ve uygulamalar arasındaki fark istatistikî olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca genotip ve uygulamalar arasındaki interaksiyonun % 5 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiş ve interaksiyon tablosu Çizelge A.5 ve Çizelge A.6’de verilmiştir.

On gün süreli B uygulamalarındaki değişim oranlarına bakıldığında, tüm uygulama ve genotiplerde ölçülen değerlerin kontrole göre azaldığı görülmektedir. En büyük azalış Yerel Genotipte 24 ppm B uygulaması ile (% 64,70), en düşük azalış ise Ferasettsiz genotipinde 8 ppm B uygulaması ile (% 1,47) olmuştur. Yirmi gün süreli B uygulamalarında ortalama yaprak kuru ağırlık değerlerindeki değişim oranlarına bakıldığında ise, Şeker Fasulye genotipinde 24 ppm B uygulaması ile yaprak kuru ağırlığı değişim oranları kontrole göre artış göstermiş (% 8,72), diğer uygulama ve genotiplerde ise kontrol gruplarına göre bir azalma meydana gelmiştir. En büyük azalış 10 gün süreli B uygulamasında olduğu gibi Yerel Genotip’in 24 ppm B uygulamasında (% 49,26) belirlenmiştir.



Çizelge 4.2.1. On ve 20 gün süreli B uygulamalarına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak kuru ağırlıkları ve % değişim oranları.

Genotip	Uygulama	10.Gün Yaprak Kuru A. (gr)	20. Gün Yaprak Kuru A. (gr)	Değişim Oranı (%)	
				10.Gün	20.Gün
Eyri Oturak	Kontrol	0,114 <sup>a</sup>	0,242 <sup>a</sup>	----	----
	8 ppm B	0,103 <sup>abcd</sup>	0,233 <sup>a</sup>	-10,19	-3,75
	16 ppm B	0,084 <sup>bcdef</sup>	0,140 <sup>bc</sup>	-26,39	-41,94
	24 ppm B	0,078 <sup>cdef</sup>	0,178 <sup>b</sup>	-31,53	-26,56
Ferasetsiz	Kontrol	0,074 <sup>def</sup>	0,184 <sup>b</sup>	----	----
	8 ppm B	0,073 <sup>ef</sup>	0,135 <sup>bc</sup>	-1,47	-26,52
	16 ppm B	0,062 <sup>f</sup>	0,128 <sup>c</sup>	-16,56	-30,68
	24 ppm B	0,060 <sup>f</sup>	0,140 <sup>bc</sup>	-19,36	-24,24
Şeker Fasulye	Kontrol	0,109 <sup>ab</sup>	0,243 <sup>a</sup>	----	----
	8 ppm B	0,101 <sup>abcde</sup>	0,233 <sup>a</sup>	-7,59	-3,87
	16 ppm B	0,106 <sup>abc</sup>	0,143 <sup>bc</sup>	-2,29	-41,07
	24 ppm B	0,081 <sup>bcdef</sup>	0,264 <sup>a</sup>	-25,71	+8,72
Yerel Genotip	Kontrol	0,100 <sup>abcde</sup>	0,149 <sup>bc</sup>	----	----
	8 ppm B	0,087 <sup>abcdef</sup>	0,118 <sup>cd</sup>	-12,30	-20,54
	16 ppm B	0,063 <sup>f</sup>	0,109 <sup>cd</sup>	-37,00	-26,24
	24 ppm B	0,035 <sup>g</sup>	0,075 <sup>d</sup>	-64,70	-49,26
Uygulamalar		Genel ortalama		Değişim Oranı (%)	
		10.Gün	20.Gün	10.Gün	20.Gün
Kontrol		0,100 <sup>a</sup>	0,203 <sup>a</sup>	----	----
8 ppm B		0,090 <sup>ab</sup>	0,175 <sup>b</sup>	-10,00	-13,79
16 ppm B		0,081 <sup>b</sup>	0,132 <sup>b</sup>	-19,00	-34,98
24 ppm B		0,063 <sup>c</sup>	0,165 <sup>c</sup>	-37,00	-18,72
ANOVA		10.Gün	20.Gün		
Uygulama		*	*		
Genotip		*	*		
Genotip x Uygulama		*	*		

\*0,05 seviyesinde önemli

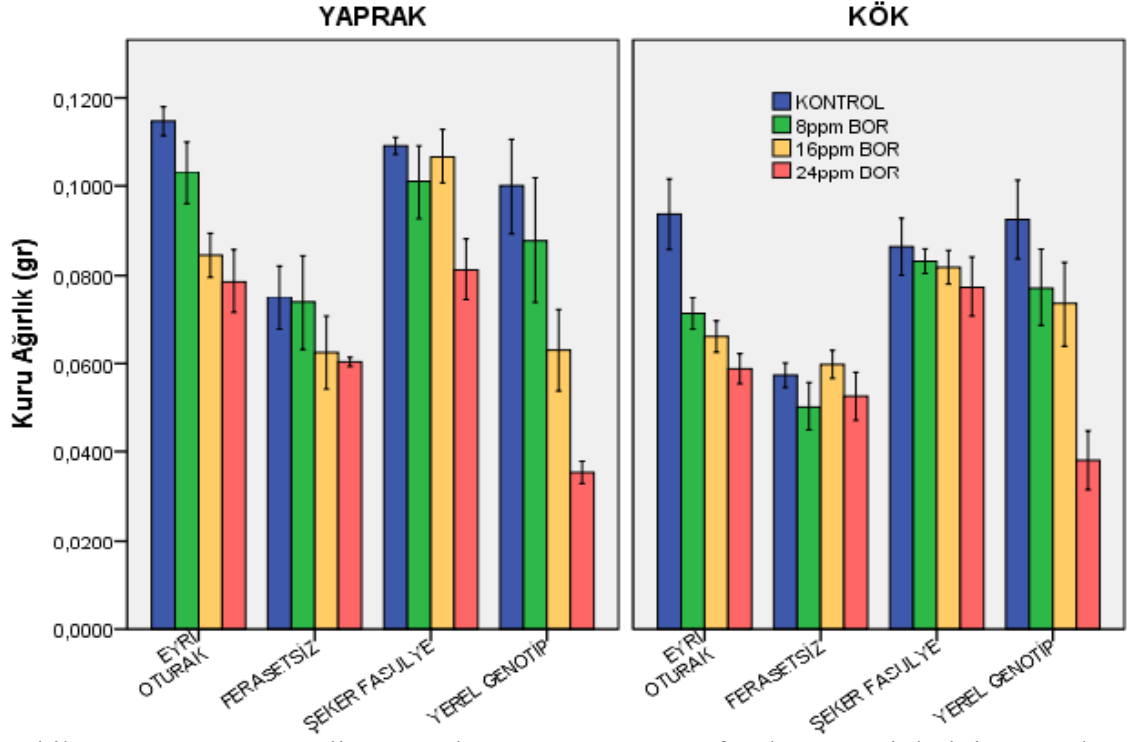
On ve 20 gün süreli B uygulamalarının taze fasulye genotiplerinin kök kuru ağırlıkları üzerindeki etkilerinin önem derecesi ve kontrol değerleri ile uygulamaların kök kuru ağırlık değerlerindeki % değişim oranları Çizelge 4.2.2’de verilmiştir. On günün sonunda ortalama kök kuru ağırlık değerlerine bakıldığında, Ferasettsiz genotipinin 16 ppm’lik grubu dışında en yüksek değerler kontrol gruplarında ölçülmüş ve artan B uygulamasına paralel olarak bu değerlerin azaldığı tespit edilmiştir. Yirmi gün süreli ortalama kök kuru ağırlık değerlerine bakıldığında ise, yine en yüksek değerlerin kontrol gruplarında olduğu, ayrıca Eyri Oturak ve Ferasettsiz genotiplerinin 16 ppm’lik grupları, Şeker Fasulye’nin 24 ppm’lik grupları dışında artan B konsantrasyonları doğrultusunda ölçülen değerlerde azalış meydana gelmiştir. Buna göre genotipler ve uygulamalar arasındaki fark istatistikî olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca genotip ve uygulamalar arasındaki interaksiyonun % 5 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiş ve interaksiyon tablosu Çizelge A.7 ve Çizelge A.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.2.2 ‘de verilen kontrol değerleri ile 10 ve 20 gün süreli B uygulamalarında genotiplerin kök kuru ağırlık değerlerindeki değişim oranlarına bakıldığında 10 gün süreli B uygulaması sonrasında Ferasettsiz genotipinde 16 ppm B uygulaması % 4,18’lik bir artışa neden olurken, diğer uygulamalar genotiplerin hepsinde ortalama kök kuru ağırlık değerlerini azaltmıştır. En büyük azalış ise Yerel Genotipte 24 ppm B uygulamasında (% 58,92) belirlenmiştir. Yirmi gün süreli B uygulaması sonrasında ortalama kök kuru ağırlık değerlerine bakıldığında ise, tüm uygulama ve genotiplerde kontrole göre azalış meydana gelmiştir. En büyük azalış 10 gün süreli B uygulamasında olduğu gibi Yerel Genotipte 24 ppm B uygulamasında (% 72,48), en az azalışın ise Şeker Fasulye genotipinde 24 ppm B uygulamasında (% 3,65) olduğu belirlenmiştir. On gün süreli B uygulamasına bağlı olarak genotiplerin yaprak ve kök kuru ağırlıklarında meydana gelen değişimler Şekil 4.2.1’de 20 gün süreli B uygulamasına bağlı olarak genotiplerin yaprak ve kök kuru ağırlık değerlerinde meydana gelen değişimler ise Şekil 4.2.2’de verilmiştir.

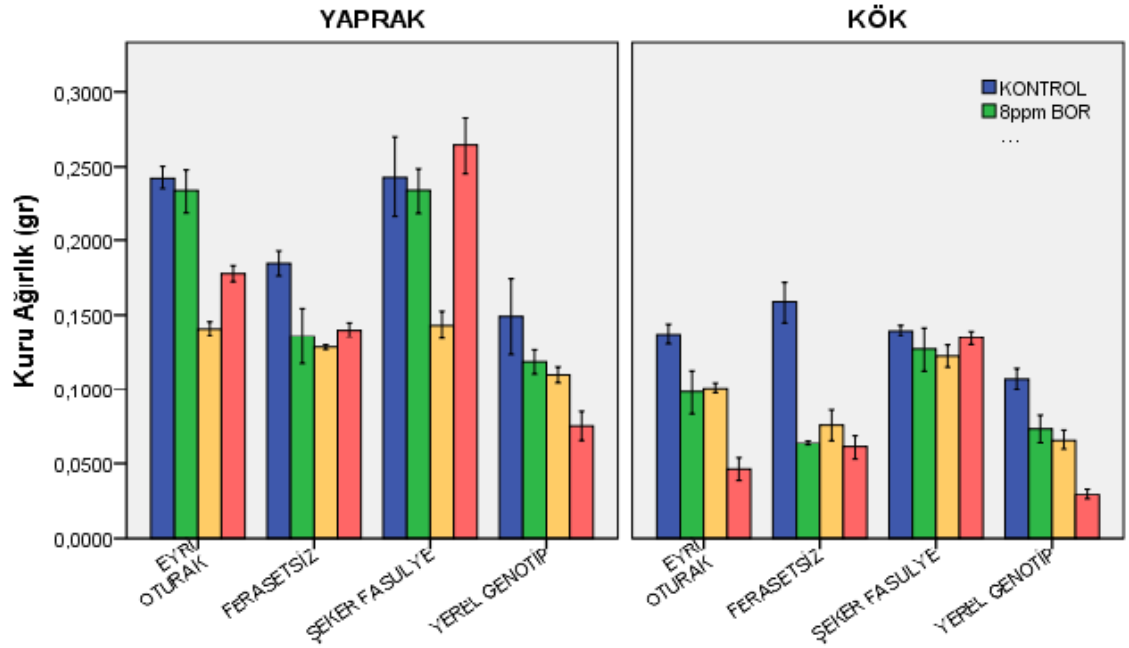
Çizelge 4.2.3. On ve 20 gün süreli B uygulamalarına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin kök kuru ağırlıkları ve % değişim oranları.

Genotip	Uygulama	10. Gün Kök Kuru A. (gr)	20. Gün Kök Kuru A. (gr)	Değişim Oranı (%)	
				10.Gün	20.Gün
Eyri Oturak	Kontrol	0,093 <sup>a</sup>	0,137 <sup>ab</sup>	----	----
	8 ppm B	0,071 <sup>bcde</sup>	0,098 <sup>def</sup>	-24,01	-28,52
	16 ppm B	0,066 <sup>cdef</sup>	0,100 <sup>cde</sup>	-29,56	-26,40
	24 ppm B	0,058 <sup>def</sup>	0,046 <sup>hi</sup>	-37,25	-66,23
Ferasetsiz	Kontrol	0,057 <sup>def</sup>	0,158 <sup>a</sup>	----	----
	8 ppm B	0,050 <sup>fg</sup>	0,064 <sup>gh</sup>	-12,37	-59,67
	16 ppm B	0,059 <sup>def</sup>	0,076 <sup>efg</sup>	+4,18	-52,11
	24 ppm B	0,052 <sup>efg</sup>	0,060 <sup>gh</sup>	-8,19	-61,63
Şeker Fasulye	Kontrol	0,086 <sup>ab</sup>	0,139 <sup>ab</sup>	----	----
	8 ppm B	0,083 <sup>abc</sup>	0,126 <sup>bc</sup>	-3,70	-9,10
	16 ppm B	0,081 <sup>abc</sup>	0,122 <sup>bcd</sup>	-5,21	-12,46
	24 ppm B	0,077 <sup>abcd</sup>	0,134 <sup>ab</sup>	-10,42	-3,65
Yerel Genotip	Kontrol	0,092 <sup>a</sup>	0,107 <sup>cd</sup>	----	----
	8 ppm B	0,077 <sup>abcd</sup>	0,073 <sup>fgh</sup>	-16,54	-31,34
	16 ppm B	0,073 <sup>abcd</sup>	0,066 <sup>gh</sup>	-31,03	-38,34
	24 ppm B	0,038 <sup>g</sup>	0,029 <sup>i</sup>	-58,92	-72,48
Uygulamalar		Genel Ortalama		Değişim Oranı (%)	
		10.Gün	20.Gün	10.Gün	20.Gün
Kontrol		0,082 <sup>a</sup>	0,133 <sup>a</sup>	----	----
8 ppm B		0,068 <sup>b</sup>	0,091 <sup>b</sup>	-17,07	-31,58
16 ppm B		0,069 <sup>b</sup>	0,092 <sup>b</sup>	-15,85	-30,83
24 ppm B		0,056 <sup>c</sup>	0,065 <sup>c</sup>	-31,71	-51,13
ANOVA		10.Gün	20.Gün		
Uygulama		*	*		
Genotip		*	*		
Genotip x Uygulama		*	*		

\*0,05 seviyesinde önemli



Şekil 4.2.1. On gün süreli B uygulaması sonucu taze fasulye genotiplerinin yaprak ve kök kuru ağırlıkları. Dikey barlar tekerrürlerin  $\pm$  SS' larını göstermektedir.



Şekil 4.2.2. Yirmi gün süreli B uygulaması sonucu taze fasulye genotiplerinin yaprak ve kök kuru ağırlıkları. Dikey barlar tekerrürlerin  $\pm$  SS' larını göstermektedir.

### 4.3. Yaprak alanı

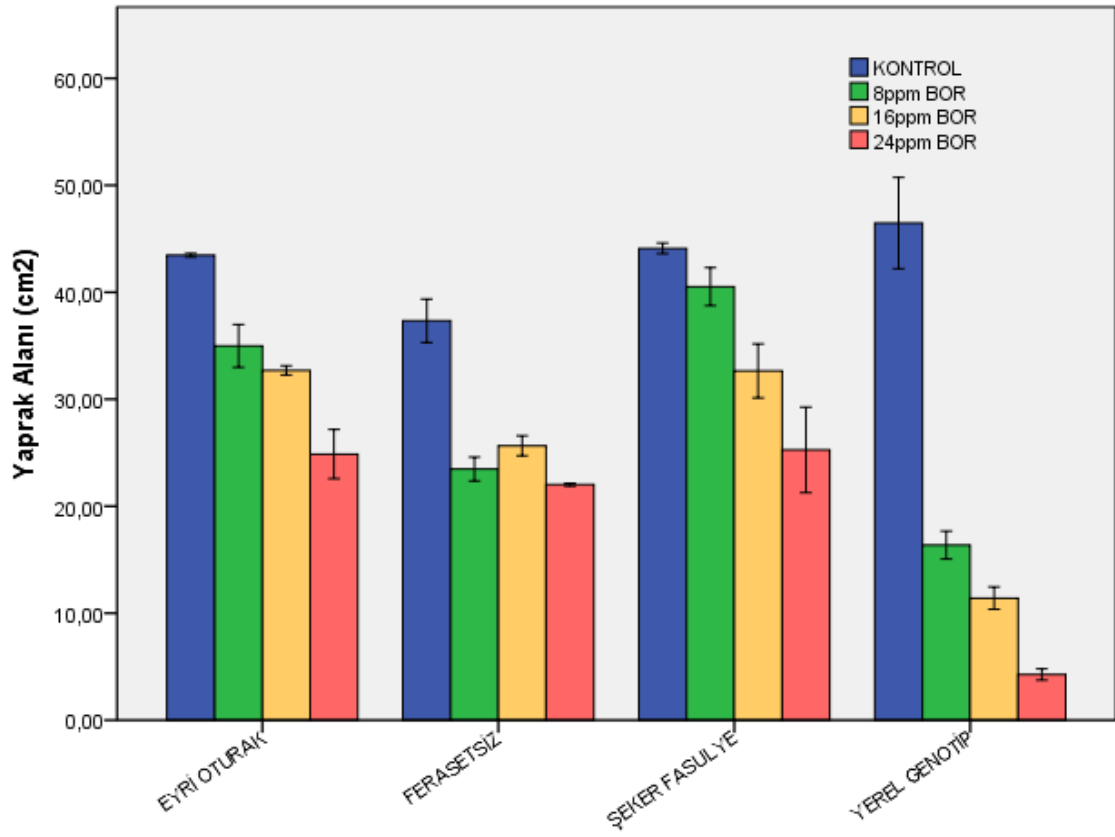
Genotipler ve uygulamalar itibariyle, 10 gün süreli B uygulaması sonucunda taze fasulye genotiplerinin ortalama yaprak alanı değerleri ve % değişim oranları Çizelge 4.3.1'de ve Şekil 4.3.1'de verilmiştir. Genotipler ve uygulamalara göre en yüksek yaprak alanı değerlerinin tüm genotipler için beklendiği gibi kontrol grubunda olduğu, bu grup içerisinde de en yüksek değere Yerel Genotip'in (46,46 cm<sup>2</sup>) sahip olduğu, onu sırasıyla Şeker Fasulye (44,10 cm<sup>2</sup>), Eyri Oturak (43,47 cm<sup>2</sup>) ve Ferasettsiz (37,33 cm<sup>2</sup>) genotiplerinin izlediği belirlenmiştir. Genel olarak yaprak alanı değerleri artan B konsantrasyonuna paralel olarak azalmıştır. Sadece Ferasettsiz genotipinin 16 ppm B uygulaması sonucu yaprak alanı değerinin, 8 ppm'lik B uygulamasına ait yaprak alanı değerinden yüksek olduğu gözlenmiştir. Genotiplerin B uygulamalarına karşı gösterdikleri yaprak alanı cevaplarının ortalama değerlerine bakıldığında; kontrol grubunun 42,84 cm<sup>2</sup>, 8 ppm B uygulamasının 28,83 cm<sup>2</sup>, 16 ppm B uygulamasının 25,60 cm<sup>2</sup> ve 24 ppm B uygulamasının 19,10 cm<sup>2</sup> olduğu görülmektedir. Buna göre genotipler ve uygulamalar arasındaki fark istatistikî olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca genotip ve uygulamalar arasındaki interaksiyonun % 5 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiş ve interaksiyon tablosu Çizelge A.9'de verilmiştir.

Taze fasulye genotiplerinin kontrol örnekleri ile 10 gün süreli B uygulamaları sonucu ölçülen yaprak alanı değerlerindeki değişim oranları Çizelge 4.3.1.'de verilmiştir. Uygulamalar sonucunda tüm genotiplerde en fazla düşüşün 24 ppm'lik B uygulamaları sonucunda gerçekleştiği belirlenmiştir. B uygulamalarının kontrol gruplarına göre yaprak alanı üzerinde meydana getirdikleri değişimler incelendiğinde; en yüksek azalışın Yerel Genotip'in 24 ppm'lik grubunda ( % 90,81), en düşük azalışın ise Şeker Fasulye'nin 8 ppm'lik grubunda (% 8,12) meydana geldiği saptanmıştır.

Çizelge 4.3.1. On gün süreli B uygulamalarına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak alanı değerleri ve % değişim oranları.

Genotip	Uygulama	Yaprak Alanı (cm <sup>2</sup> )	Değişim Oranı (%)
Eyri Oturak	Kontrol	43,47 <sup>ab</sup>	----
	8 ppm B	34,98 <sup>cd</sup>	-19,51
	16 ppm B	32,70 <sup>d</sup>	-24,78
	24 ppm B	24,87 <sup>e</sup>	-42,79
Ferasetsiz	Kontrol	37,33 <sup>bcd</sup>	----
	8 ppm B	23,47 <sup>e</sup>	-25,28
	16 ppm B	25,64 <sup>e</sup>	-31,31
	24 ppm B	22,01 <sup>ef</sup>	-32,59
Şeker Fasulye	Kontrol	44,10 <sup>a</sup>	----
	8 ppm B	40,52 <sup>abc</sup>	-8,12
	16 ppm B	32,65 <sup>d</sup>	-25,96
	24 ppm B	25,27 <sup>e</sup>	-42,70
Yerel Genotip	Kontrol	46,46 <sup>a</sup>	----
	8 ppm B	16,36 <sup>fg</sup>	-64,77
	16 ppm B	11,41 <sup>f</sup>	-75,44
	24 ppm B	4,27 <sup>g</sup>	-90,81
<b>Uygulamalar</b>		<b>Genel Ortalama</b>	<b>Değişim Oranı (%)</b>
Kontrol		42,84 <sup>a</sup>	----
8 ppm B		28,83 <sup>b</sup>	-32,70
16 ppm B		25,60 <sup>c</sup>	-40,24
24 ppm B		19,10 <sup>d</sup>	-55,42
<b>ANOVA</b>			
Uygulama		*	
Genotip		*	
Genotip x Uygulama		*	

\*0,05 seviyesinde önemli



Şekil 4.3.1. On gün süreli B uygulamaları sonucu taze fasulye genotiplerinin yaprak alanı değerleri. Dikey barlar tekerrürlerin  $\pm$ SS'lerini göstermektedir.

Genotipler ve uygulamalar itibariyle 20 gün süreli B uygulaması sonucunda taze fasulye genotiplerinin ortalama yaprak alanı değerleri ve kontrol ile uygulamalar arasındaki % değişim oranları Çizelge 4.3.2’de verilmiştir. Genotip ve uygulamalar incelendiğinde iki istisna hariç en yüksek yaşlı yaprak alanı değerinin Kontrol gruplarında olduğu görülmektedir. Şeker Fasulye’nin 8 ppm B uygulaması ve Yerel Genotip’in 16 ppm B uygulaması sonrasında yaşlı yapraklarında ölçülen değerler az bir farkla kontrol grubundan yüksek olmuştur. Ancak, genel olarak artan B konsantrasyonuna bağlı olarak yaşlı ve genç yaprakların yaprak alanı değerleri azalma göstermiştir.

Genotiplerin 20 gün süreli B uygulamalarına karşı gösterdikleri yaşlı yaprak alanının ortalama değerlerine bakıldığında; Kontrol’ün 38,90 cm<sup>2</sup>, 8 ppm B uygulamasının 29,94 cm<sup>2</sup>, 16 ppm B uygulamasının 24,52 cm<sup>2</sup> ve 24 ppm B uygulamasının 17,03 cm<sup>2</sup> olduğu görülmektedir. Genç yapraklar için ise bu değerler sırasıyla 13,32 cm<sup>2</sup>, 8,50 cm<sup>2</sup>, 8,58 cm<sup>2</sup> ve 3,95 cm<sup>2</sup> şeklinde ortaya çıkmıştır. Buna göre genotipler arasındaki fark istatistikî olarak önemli bulunurken, uygulamalar arasındaki farkta ise; 20 gün süreli B uygulanan genç yapraklar arasındaki fark istatistikî olarak önemli bulunmamıştır. Ayrıca genotip ve uygulamalar arasındaki interaksiyon tablosu Çizelge A.10 ve Çizelge A.11’de verilmiştir.

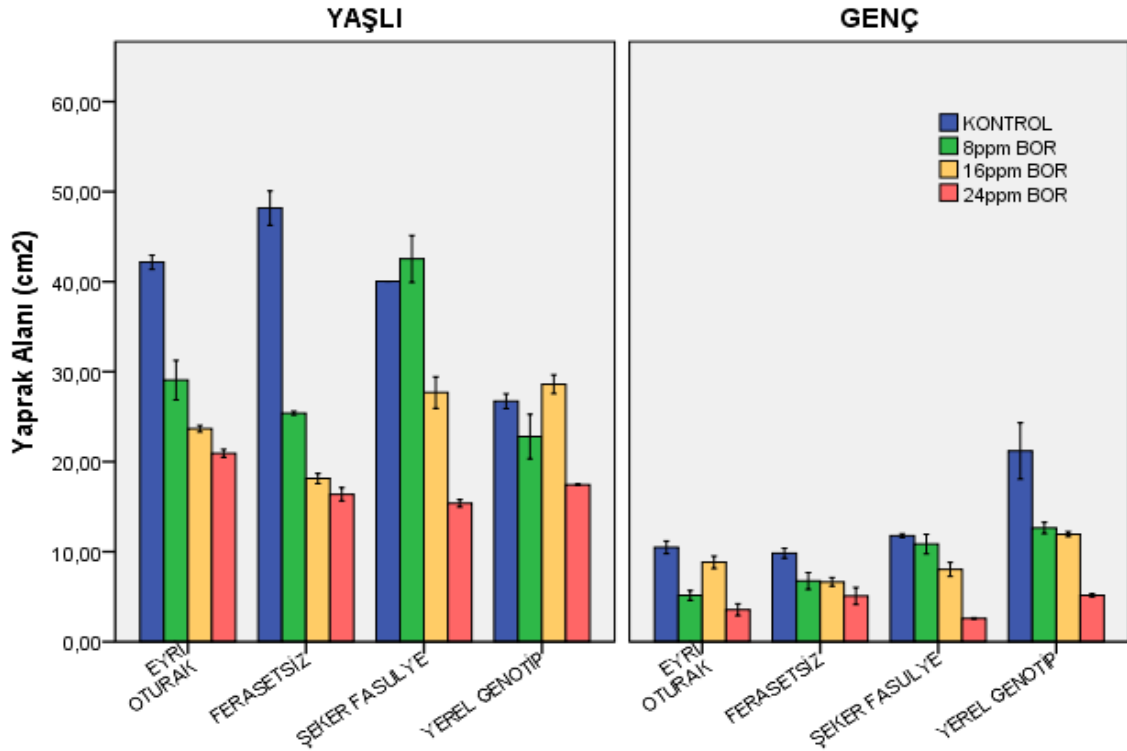
Taze fasulye genotiplerinin kontrol grupları ile 20 gün süreli B uygulamaları sonucu ölçülen yaşlı ve genç yaprakların yaprak alanı değerlerindeki değişim oranlarına bakıldığında, uygulamalar sonucunda yaprak alanlarında tüm genotiplerde en fazla düşüşün 24 ppm’lik B uygulamaları sonucunda gerçekleştiği belirlenmiştir. Yaşlı yapraklarda görülen değişim oranlarına bakıldığında en büyük düşüşün (% 67,74) ile Ferasetsiz genotipinde olduğu, Şeker Fasulye’nin 8 ppm’lik B uygulamasında (% 6,22) ve Yerel Genotip’in 16 ppm B uygulamasında (% 7,07) artış gösterdiği görülmektedir. Genotip bazında genç yapraklarda en büyük (% 78,01) ve en az (% 7,98) düşüş ise Şeker Fasulye genotipinde gözlenmiştir. Ayrıca, Şekil 4.3.2’de 20 gün süreli B uygulamaları sonucu taze fasulye genotiplerinin yaşlı ve genç yapraklarının yaprak alanı değerleri verilmiştir.



Çizelge 4.3.2. Yirmi gün süreli B uygulamalarına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaşlı ve genç yapraklarının yaprak alanı değerleri ve % değişim oranları.

Genotip	Uygulama	Yaşlı Yaprak Alanı (cm <sup>2</sup> )	Genç Yaprak Alanı (cm <sup>2</sup> )	Değişim Oranı (%)	
				Yaşlı Y.	Genç Y.
Eyri Oturak	Kontrol	42,17 <sup>b</sup>	10,49 <sup>bcd</sup>	----	----
	8 ppm B	29,06 <sup>c</sup>	5,14 <sup>efg</sup>	-31,09	-41,37
	16 ppm B	23,66 <sup>def</sup>	8,83 <sup>cde</sup>	-43,89	-15,82
	24 ppm B	20,93 <sup>fg</sup>	3,55 <sup>gh</sup>	-46,79	-66,06
Ferasetsiz	Kontrol	48,17 <sup>a</sup>	9,82 <sup>def</sup>	----	----
	8 ppm B	25,39 <sup>cdef</sup>	6,75 <sup>efg</sup>	-47,27	-16,84
	16 ppm B	18,13 <sup>gh</sup>	6,64 <sup>efg</sup>	-62,36	-18,10
	24 ppm B	16,37 <sup>h</sup>	5,09 <sup>gh</sup>	-67,74	-49,63
Şeker Fasulye	Kontrol	40,03 <sup>cdef</sup>	11,78 <sup>a</sup>	----	----
	8 ppm B	42,53 <sup>efg</sup>	10,84 <sup>b</sup>	6,22	-7,98
	16 ppm B	27,68 <sup>cd</sup>	8,04 <sup>bc</sup>	-30,87	-40,24
	24 ppm B	15,37 <sup>h</sup>	2,59 <sup>fgh</sup>	-61,61	-78,01
Yerel Genotip	Kontrol	26,72 <sup>b</sup>	21,20 <sup>bc</sup>	----	----
	8 ppm B	22,80 <sup>b</sup>	12,65 <sup>bcd</sup>	-14,67	-40,24
	16 ppm B	28,60 <sup>cde</sup>	11,95 <sup>def</sup>	7,07	-43,66
	24 ppm B	17,44 <sup>h</sup>	5,15 <sup>h</sup>	-34,69	-75,72
Uygulamalar		Genel Ortalama		Değişim Oranı (%)	
		Yaşlı Y.	Genç Y.	Yaşlı Y.	Genç Y.
Kontrol		38,90 <sup>a</sup>	13,32 <sup>a</sup>	----	----
8 ppm B		29,94 <sup>b</sup>	8,50 <sup>b</sup>	-23,03	-36,19
16 ppm B		24,52 <sup>c</sup>	8,58 <sup>bc</sup>	-36,97	-35,59
24 ppm B		17,03 <sup>d</sup>	3,95 <sup>c</sup>	-56,22	-70,35
ANOVA		10.Gün	20.Gün		
Uygulama		*	Ö.D		
Genotip		*	*		
Genotip x Uygulama		*	Ö.D		

\*0,05 seviyesinde önemli, Ö.D: Önemli değil



Şekil 4.3.2. Yirmi gün süreli B uygulamaları sonucu taze fasulye genotiplerinin yaşlı ve genç yapraklarının yaprak alanı değerleri. Dikey barlar tekerrürlerin  $\pm$ SS'lerini göstermektedir.

#### 4.4. Yaprak Rengi

Çizelge 4.4.1'de 10 ve 20 gün süreli B uygulamaları sonrasında yaprak renginde meydana gelen değişimler verilmiştir. On gün süreli ve 20 gün süreli B uygulamaları sonucu 4 genotipin de  $L^*$  değerleri kontrole göre daha yüksek bulunmuştur.  $a^*$  değerlerinde de tüm genotiplerin iki dönemde de 8, 16 ve 24 ppm'lik B uygulamaları değerlerinde kontrole göre bir artış gözlenmiştir.  $b^*$  değerlerinde de benzer bir şekilde tüm genotiplerde kontrol değerleri uygulamalardaki değerlerden az bulunmuştur.  $L^*$ ,  $a^*$ , ve  $b^*$  değerlerinde olduğu gibi, artan B konsantrasyonlarına paralel olarak genotiplerin  $C^*$  değerlerinde de artış gözlenmiştir.  $h^o$  değerlerinin ise artan B uygulaması ile tüm genotiplerde giderek düştüğü belirlenmiştir.

Çizelge 4.4.1'de 10 ve 20 gün süreli B uygulamaları sonrasında yaprak renginde meydana gelen değişimler.  $\pm$  SS'leri göstermektedir.

10 gün süreli B Uygulamasında Yaprak Renginde Meydana Gelen Değişimler						
Genotip	Uygulama	L*	a*	b*	C*	h°
Eyri Oturak	Kontrol	36,36 $\pm$ 0,61	-11,26 $\pm$ 0,50	13,99 $\pm$ 1,88	18,42 $\pm$ 0,94	128,13 $\pm$ 2,79
	8 ppm B	40,46 $\pm$ 0,76	-10,82 $\pm$ 0,14	15,71 $\pm$ 0,76	19,24 $\pm$ 0,82	124,46 $\pm$ 1,58
	16 ppm B	40,67 $\pm$ 0,38	-10,46 $\pm$ 0,49	16,60 $\pm$ 0,21	19,64 $\pm$ 0,34	122,17 $\pm$ 1,20
	24 ppm B	42,28 $\pm$ 0,67	-9,72 $\pm$ 0,68	17,14 $\pm$ 0,64	20,22 $\pm$ 0,78	119,48 $\pm$ 1,55
Ferasetsiz	Kontrol	37,80 $\pm$ 0,48	-10,72 $\pm$ 0,27	13,72 $\pm$ 0,53	17,44 $\pm$ 0,39	128,09 $\pm$ 1,49
	8 ppm B	40,18 $\pm$ 0,73	-10,53 $\pm$ 0,41	16,06 $\pm$ 0,54	19,32 $\pm$ 0,43	123,72 $\pm$ 1,69
	16 ppm B	40,23 $\pm$ 0,79	-10,21 $\pm$ 0,52	16,32 $\pm$ 0,28	19,18 $\pm$ 0,35	121,49 $\pm$ 1,75
	24 ppm B	42,99 $\pm$ 1,43	-9,62 $\pm$ 0,54	17,84 $\pm$ 0,97	20,36 $\pm$ 0,70	118,62 $\pm$ 2,66
Şeker F.	Kontrol	41,78 $\pm$ 0,54	-11,84 $\pm$ 0,26	17,12 $\pm$ 0,55	20,83 $\pm$ 0,40	124,75 $\pm$ 1,24
	8 ppm B	42,31 $\pm$ 0,74	-11,13 $\pm$ 0,37	17,55 $\pm$ 0,61	21,07 $\pm$ 0,48	122,46 $\pm$ 1,49
	16 ppm B	44,34 $\pm$ 0,32	-10,89 $\pm$ 0,72	19,26 $\pm$ 0,22	22,07 $\pm$ 0,42	118,92 $\pm$ 2,11
	24 ppm B	45,02 $\pm$ 0,64	-9,93 $\pm$ 0,44	19,75 $\pm$ 0,43	22,22 $\pm$ 0,50	117,20 $\pm$ 1,10
Yerel G.	Kontrol	39,48 $\pm$ 0,65	-11,92 $\pm$ 0,33	16,30 $\pm$ 0,72	20,20 $\pm$ 0,76	126,26 $\pm$ 0,59
	8 ppm B	40,46 $\pm$ 0,76	-1,08 $\pm$ 0,33	17,07 $\pm$ 0,50	20,37 $\pm$ 0,48	123,02 $\pm$ 1,01
	16 ppm B	42,28 $\pm$ 0,52	-10,64 $\pm$ 0,49	17,78 $\pm$ 0,24	20,74 $\pm$ 0,24	120,02 $\pm$ 1,01
	24 ppm b	43,99 $\pm$ 0,33	-9,87 $\pm$ 0,46	19,35 $\pm$ 0,18	21,74 $\pm$ 0,23	117,00 $\pm$ 1,17
20 gün süreli B Uygulamasında Yaprak Renginde Meydana Gelen Değişimler						
Genotip	Uygulama	L*	a*	b*	C*	h°
Eyri Oturak	Kontrol	35,38 $\pm$ 0,81	-9,48 $\pm$ 0,43	12,39 $\pm$ 0,46	15,62 $\pm$ 0,53	127,40 $\pm$ 1,28
	8 ppm B	43,15 $\pm$ 0,47	-9,11 $\pm$ 0,68	17,80 $\pm$ 1,39	19,78 $\pm$ 1,46	115,91 $\pm$ 1,16
	16 ppm B	44,43 $\pm$ 0,59	-8,64 $\pm$ 0,50	18,51 $\pm$ 0,67	20,24 $\pm$ 0,60	113,88 $\pm$ 1,04
	24 ppm B	45,20 $\pm$ 1,53	-2,35 $\pm$ 0,99	20,13 $\pm$ 0,53	20,34 $\pm$ 0,54	99,28 $\pm$ 1,13
Ferasetsiz	Kontrol	37,26 $\pm$ 1,53	-9,34 $\pm$ 0,59	13,02 $\pm$ 0,63	16,07 $\pm$ 0,63	125,71 $\pm$ 2,03
	8 ppm B	44,00 $\pm$ 0,46	-8,73 $\pm$ 0,29	18,49 $\pm$ 0,33	20,45 $\pm$ 0,39	115,25 $\pm$ 0,55
	16 ppm B	49,07 $\pm$ 0,87	-8,23 $\pm$ 0,42	20,42 $\pm$ 0,37	21,58 $\pm$ 0,77	111,40 $\pm$ 1,14
	24 ppm B	52,90 $\pm$ 1,55	-1,93 $\pm$ 0,46	21,78 $\pm$ 0,43	21,85 $\pm$ 0,42	96,28 $\pm$ 0,57
Şeker F.	Kontrol	38,84 $\pm$ 0,75	-11,08 $\pm$ 0,27	13,47 $\pm$ 0,69	17,48 $\pm$ 0,45	129,60 $\pm$ 1,90
	8 ppm B	45,41 $\pm$ 1,29	-10,59 $\pm$ 0,18	19,73 $\pm$ 0,59	21,75 $\pm$ 0,49	118,27 $\pm$ 0,82
	16 ppm B	48,83 $\pm$ 0,27	-5,82 $\pm$ 0,70	20,70 $\pm$ 0,53	21,88 $\pm$ 0,45	106,46 $\pm$ 1,69
	24 ppm B	50,17 $\pm$ 0,21	-4,62 $\pm$ 0,82	21,45 $\pm$ 0,49	21,99 $\pm$ 0,61	102,01 $\pm$ 1,92
Yerel G.	Kontrol	38,90 $\pm$ 0,82	-10,00 $\pm$ 0,61	15,35 $\pm$ 0,96	18,35 $\pm$ 0,99	123,17 $\pm$ 1,77
	8 ppm B	44,70 $\pm$ 0,21	-9,00 $\pm$ 0,86	19,34 $\pm$ 0,38	21,39 $\pm$ 0,50	114,83 $\pm$ 2,15
	16 ppm B	46,95 $\pm$ 0,21	-7,76 $\pm$ 0,38	20,44 $\pm$ 0,43	21,89 $\pm$ 0,30	110,84 $\pm$ 1,27
	24 ppm B	52,66 $\pm$ 2,31	-3,77 $\pm$ 0,63	21,01 $\pm$ 0,71	22,36 $\pm$ 0,46	101,44 $\pm$ 1,49

#### 4. 5. Yaprak oransal su kapsamı (YOSK) ve turgor kaybı (TK)

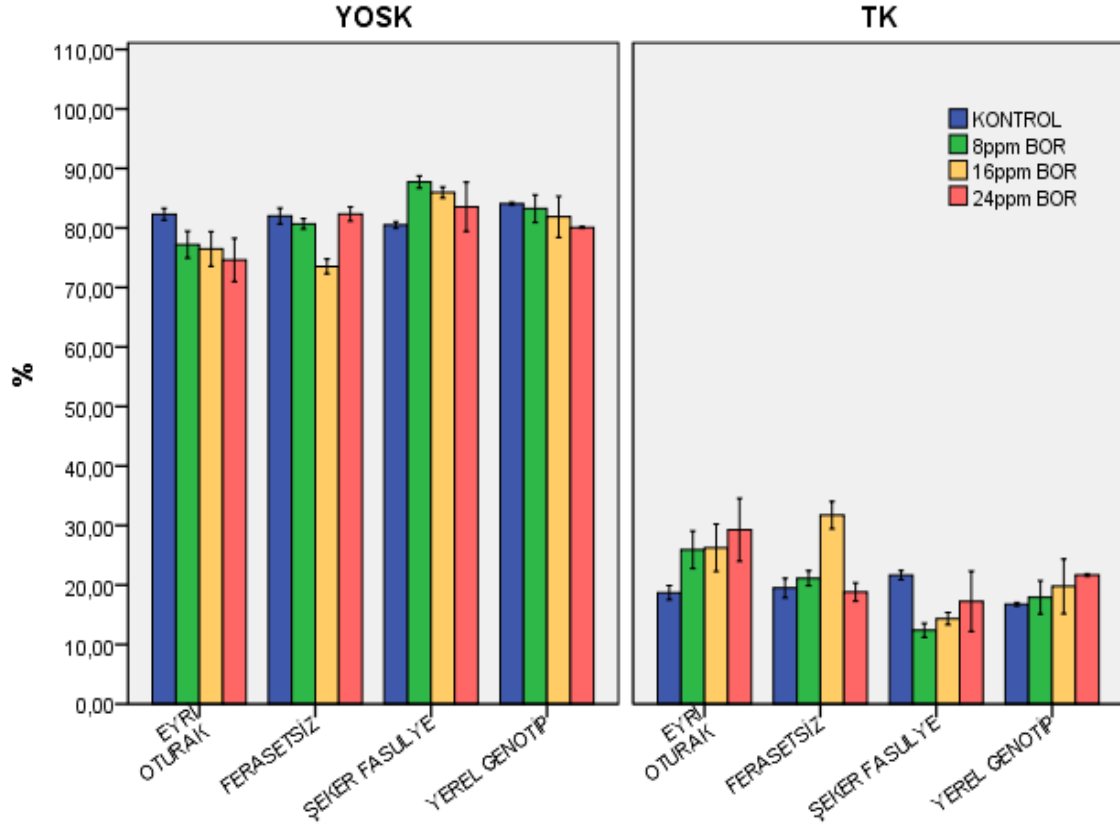
Çizelge 4.5.1’de 10 gün süreli B uygulaması sonrası taze fasulye genotiplerinin YOSK değerleri verilmiştir. Genotip ve uygulamalara göre YOSK değerleri incelendiğinde; en yüksek YOSK değerine Şeker Fasulye genotipinde 8 ppm B uygulamasında (% 87,72), en düşük YOSK değerine ise Ferasettsiz genotipinde 16 ppm B uygulamasında (%73,53) ulaşılmıştır. Kontrol grupları hariç, artan B konsantrasyonuna bağlı YOSK değerleri genel olarak bir azalma göstermiştir. Ferasettsiz genotipinden 24 ppm B uygulamasının ve Şeker Fasulye genotipinde ise tüm uygulama gruplarının kontrolden daha yüksek YOSK değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Uygulama ve genotiplerin ortalama YOSK değerleri incelendiğinde ise, 8 ppm B uygulaması YOSK değerlerini kontrole göre artırmış, 16 ppm B uygulaması ile az bir düşüş meydana gelmiş ve 24 ppm B uygulaması ile tekrar bir artış tespit edilmiştir. Buna göre genotipler arasındaki fark istatistikî olarak önemli bulunmazken, uygulamalar arasındaki fark ise istatistikî olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca genotip ve uygulamalar arasındaki interaksiyon tablosu Çizelge A.12 ve Çizelge A.13’da verilmiştir.

Şekil 4.5.1’de 10 gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki turgor kaybı (TK) değerleri verilmiştir. On gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin ortalama TK değerlerine bakıldığında en büyük TK değeri Ferasettsiz genotipinde 16 ppm B uygulaması ile (% 31,74), en düşük TK değeri ise Şeker Fasulye genotipinde 8 ppm B uygulaması ile (% 12,39) olmuştur. Genel olarak TK değerlerinin artan B konsantrasyonuna paralel olarak arttığı görülmektedir. Ferasettsiz genotipinin 24 ppm’lik grubu ve Şeker Fasulye’nin tüm uygulama gruplarının ise kontrol gruplarına göre daha büyük TK değerlerine sahip oldukları belirlenmiştir. Genotip ve uygulamaların ortalama TK değerleri incelendiğinde ise, 8 ve 16 ppm B uygulamalarında kontrole göre bir artış meydana gelirken, 24 ppm B uygulamasında azalış görülmüştür. Uygulamalar arasındaki fark istatistikî açıdan önemli bulunurken, genotipler arasındaki fark önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.5.1. On gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak oransal su kapsamları (YOSK) ve yapraklarındaki turgor kaybı (TK).

Genotip	Uygulama	YOSK (%)	TK (%)
Eyri Oturak	Kontrol	82,29 <sup>abcd</sup>	18,70 <sup>cd</sup>
	8 ppm B	77,18 <sup>cdef</sup>	25,92 <sup>abc</sup>
	16 ppm B	76,47 <sup>def</sup>	26,25 <sup>abc</sup>
	24 ppm B	74,61 <sup>ef</sup>	29,28 <sup>ab</sup>
Ferasetsiz	Kontrol	82,01 <sup>abcd</sup>	19,48 <sup>cd</sup>
	8 ppm B	80,67 <sup>bcde</sup>	21,12 <sup>bcd</sup>
	16 ppm B	73,53 <sup>f</sup>	31,74 <sup>a</sup>
	24 ppm B	82,32 <sup>abcd</sup>	18,80 <sup>cd</sup>
Şeker Fasulye	Kontrol	80,49 <sup>bcde</sup>	21,65 <sup>bcd</sup>
	8 ppm B	87,72 <sup>a</sup>	12,39 <sup>d</sup>
	16 ppm B	85,95 <sup>ab</sup>	14,35 <sup>d</sup>
	24 ppm B	83,54 <sup>abc</sup>	17,25 <sup>cd</sup>
Yerel Genotip	Kontrol	84,07 <sup>abc</sup>	16,75 <sup>cd</sup>
	8 ppm B	83,24 <sup>abcd</sup>	17,91 <sup>cd</sup>
	16 ppm B	81,86 <sup>abcd</sup>	19,77 <sup>cd</sup>
	24 ppm B	80,08 <sup>bcdef</sup>	21,66 <sup>bcd</sup>
<b>Uygulamalar</b>		<b>Genel Ortalama</b>	<b>Genel Ortalama</b>
Kontrol		82,06 <sup>a</sup>	19,31 <sup>a</sup>
8 ppm B		82,20 <sup>a</sup>	19,33 <sup>a</sup>
16 ppm B		79,45 <sup>a</sup>	23,03 <sup>a</sup>
24 ppm B		79,80 <sup>a</sup>	22,20 <sup>a</sup>
ANOVA			
Uygulama		*	*
Genotip		Ö.D	Ö.D
Genotip x Uygulama		*	*

\*0,05 seviyesinde önemli, Ö.D: Önemli değil



Şekil 4.5.1. On gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki yaprak oransal su kapsamı (YOSK) ve turgor kaybı (TK). Dikey barlar tekerrürlerin  $\pm$  SS' larını göstermektedir.

Yirmi gün süreli B uygulamalarına bağılı olarak taze fasulye yapraklarının ortalama YOSK ve TK değerleri izelge 4.5.2’de verilmiştir. Yirmi günün sonunda belirlenen YOSK değerleri incelendiğinde en büyük YOSK değerine Yerel Genotip’te kontrol uygulamasında (% 85,96), en düşük YOSK değerine ise şeker Fasulye genotipinde 24 ppm uygulamasında (% 14,16) ulaşılmıştır. YOSK değerlerinin azalış ve artış durumlarına bakıldığında Ferasesiz genotipinde 8 ve 16 ppm uygulamaları ve şeker Fasulye genotipinde 8 ppm B uygulamaları dışında artan B konsantrasyonuna paralel olarak YOSK değerlerinin kontrole göre azaldığı belirlenmiştir. Genotip ve uygulamaların ortalama YOSK değerleri incelendiğinde ise 8 ve 16 ppm B uygulamalarına ait değerlerin kontrol uygulamasındaki değerlere oranla arttığı, 24 ppm B uygulamasında ise sert bir düşüş gösterdiği tespit edilmiştir.

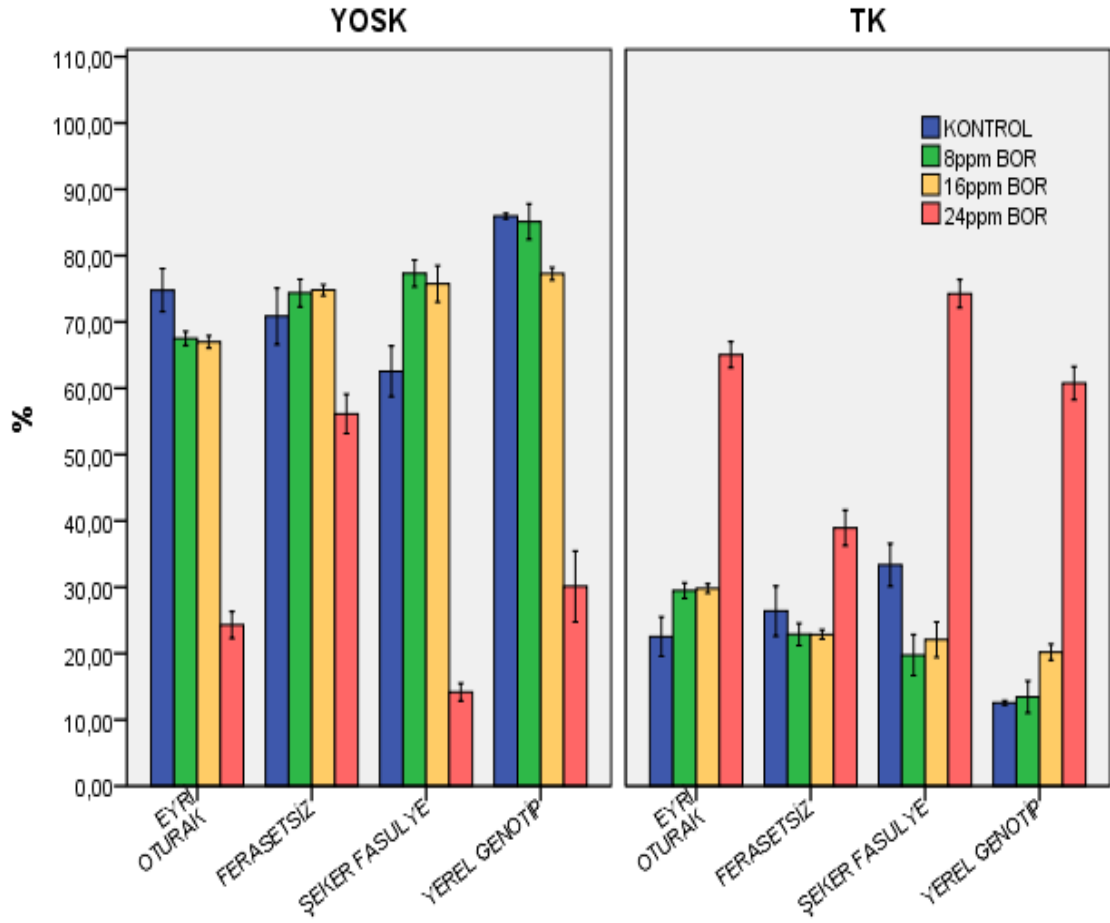
Çizelge 4.5.2’de 20 gün süreli B uygulamasına bağılı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki YOSK ve TK değerleri verilmiştir. Yirmi gün süreli B uygulaması sonrasında belirlenen TK değerleri incelendiğinde en yüksek TK değerinin şeker Fasulyede 24 ppm B uygulamasında (%74,26), en düşük TK değerinin ise Yerel Genotip’te kontrol uygulamasında (%12,56) olduğu belirlenmiştir. Ferasesiz ve şeker Fasulye genotiplerinde 8 ve 16 ppm B uygulamaları dışında TK değerlerinin artan B konsantrasyonuna paralel olarak arttığı tespit edilmiştir. Uygulama ve genotiplerin ortalama TK değerleri incelendiğinde de 8 ve 16 ppm B uygulamalarının kontrol uygulamasına oranla TK değerini düşürdüğü, 24 ppm B uygulamasının ise TK değerini artırdığı saptanmıştır. Genotip ve uygulamalar arasındaki fark istatistikî açıdan önemli bulunmuş olup, genotip ve uygulama arasındaki interaksiyon tablosu izelge A.14 ve izelge A.15 te verilmiştir.

Çizelge 4.5.2. Yirmi gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak oransal su kapsamı (YOSK) ve yapraklarındaki turgor kaybı (TK).

Genotip	Uygulama	YOSK (%)	TK (%)
Eyri Oturak	Kontrol	74,77 <sup>cd</sup>	22,54 <sup>ef</sup>
	8 ppm B	67,50 <sup>de</sup>	29,47 <sup>de</sup>
	16 ppm B	66,97 <sup>de</sup>	29,80 <sup>de</sup>
	24 ppm B	24,31 <sup>g</sup>	65,05 <sup>b</sup>
Ferasetsiz	Kontrol	70,83 <sup>cde</sup>	26,38 <sup>def</sup>
	8 ppm B	74,35 <sup>cd</sup>	22,88 <sup>ef</sup>
	16 ppm B	74,80 <sup>cd</sup>	22,85 <sup>ef</sup>
	24 ppm B	56,13 <sup>f</sup>	38,93 <sup>c</sup>
Şeker Fasulye	Kontrol	62,55 <sup>ef</sup>	33,34 <sup>cd</sup>
	8 ppm B	77,31 <sup>bc</sup>	19,75 <sup>fg</sup>
	16 ppm B	75,74 <sup>cd</sup>	22,07 <sup>ef</sup>
	24 ppm B	14,16 <sup>h</sup>	74,26 <sup>a</sup>
Yerel Genotip	Kontrol	85,96 <sup>a</sup>	12,56 <sup>g</sup>
	8 ppm B	85,12 <sup>ab</sup>	13,44 <sup>g</sup>
	16 ppm B	77,26 <sup>bc</sup>	20,18 <sup>fg</sup>
	24 ppm B	30,11 <sup>g</sup>	60,75 <sup>b</sup>
<b>Uygulamalar</b>		<b>Genel Ortalama</b>	<b>Genel Ortalama</b>
Kontrol		72,40 <sup>a</sup>	24,72 <sup>b</sup>
8 ppm B		76,12 <sup>a</sup>	21,40 <sup>b</sup>
16 ppm B		74,16 <sup>a</sup>	23,28 <sup>b</sup>
24 ppm B		31,27 <sup>b</sup>	59,65 <sup>a</sup>
ANOVA			
Uygulama		*	*
Genotip		*	*
Genotip x Uygulama		*	*

\*0,05 seviyesinde önemli





Şekil 4.5.2. Yirmi gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki yaprak oransal su kapsamı (YOSK) ve turgor kaybı (TK). Dikey barlar tekerrürlerin  $\pm$  SS' larını göstermektedir.

#### 4.6. Toplam klorofil

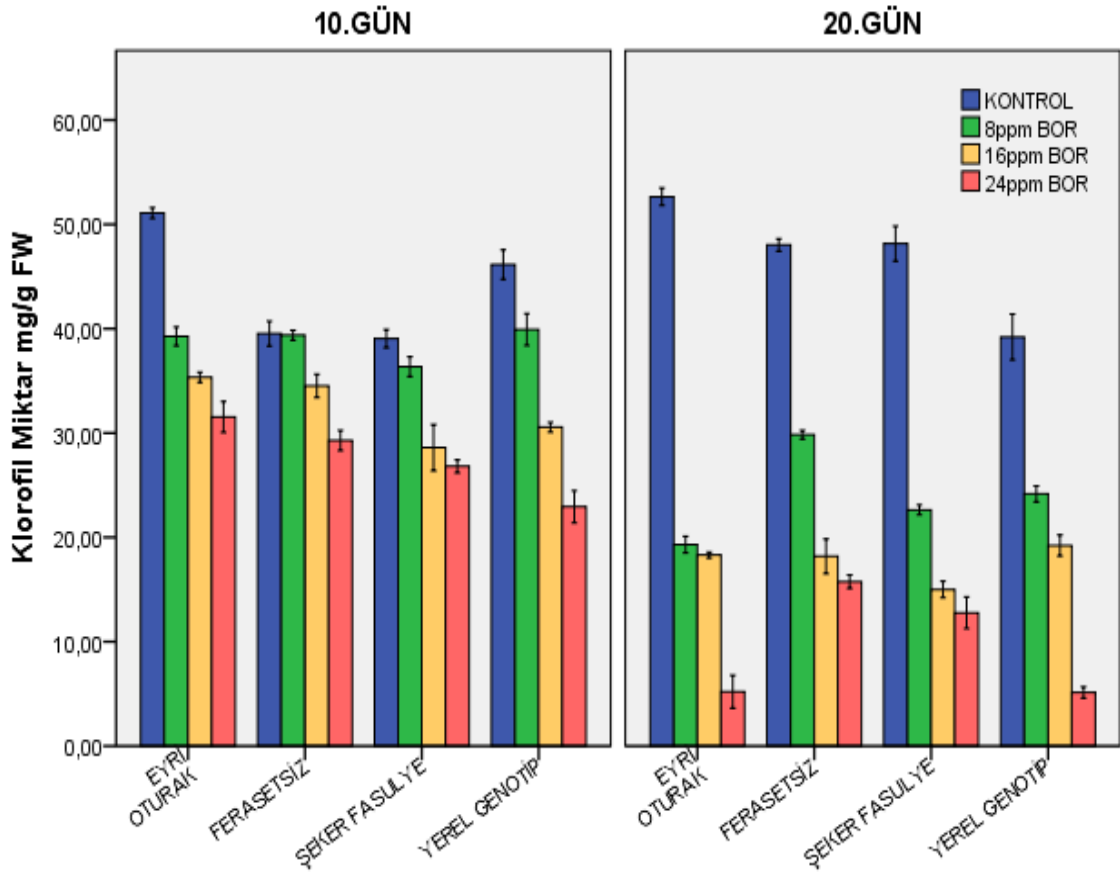
On ve 20 gün süreli B uygulamalarına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin toplam klorofil miktarları ve kontrol uygulaması ile B uygulamalarında belirlenen toplam klorofil miktarındaki % değişim oranları Çizelge 4.6.1’de verilmiştir. B uygulamalarının etkisine bağlı olarak uygulamalar arasındaki toplam klorofil miktarlarına bakıldığında; her iki dönemde de en yüksek değerlerin kontrol gruplarında olduğu, uygulanan B konsantrasyonuna paralel olarak belirlenen klorofil değerlerinin düştüğü görülmektedir. On gün süreli B uygulamasının toplam klorofil miktarlarına etkisi incelendiğinde, genotipler arasında en yüksek klorofil miktarının Eyri Oturak’ın kontrol uygulamasında (51,08 mg/g TA), en düşük klorofil miktarının ise Yerel Genotip’in 24 ppm uygulamasında (22,93 mg/ g TA) meydana geldiği belirlenmiştir. Yirmi gün süreli B uygulaması sonrası toplam klorofil değerlerine bakıldığında da en yüksek değer Eyri Oturak genotipinin kontrol uygulamasında (52,64 mg/ g TA), en düşük değer ise aynı genotipin 24 ppm B uygulamasında (5,21 mg/g TA) olduğu tespit edilmiştir. Buna göre genotipler ve uygulamalar arasındaki fark istatistikî olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca genotip ve uygulamalar arasındaki interaksyonun % 5 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiş ve interaksyon tablosu Çizelge A.16 ve Çizelge A.17’de verilmiştir.

On ve 20 gün süreli B uygulamalarına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin kontrol uygulaması ile B uygulamalarında belirlenen toplam klorofil miktarındaki değişim oranlarına bakıldığında, her iki dönemde de toplam klorofil miktarlarının kontrol gruplarına göre azaldığı görülmektedir. On gün süreli B uygulaması sonuçlarına göre en büyük azalışın Yerel Genotipte 24 ppm B uygulamasında (% 50,32), en az düşüşün ise Ferasetsiz genotipinde 8 ppm B uygulamasında (% 0,38) olduğu belirlenmiştir. Yirmi gün süreli B uygulaması sonrasında belirlenen toplam klorofil miktarındaki değişimlere bakıldığında ise, en büyük düşüşün Eyri Oturak genotipinde 24 ppm B uygulamasında (% 90,10), en az düşüşün ise Ferasetsiz genotipinde 8 ppm B uygulamasında (% 37,87) meydana geldiği tespit edilmiştir. Ayrıca, Şekil 4.6.1’de 10 ve 20 gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin toplam klorofil miktarları verilmiştir.

Çizelge 4.6.1. On ve 20 gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin toplam klorofil miktarları ve % değişim oranları.

Genotip	Uygulama	10. Gün Toplam Klorofil (mg/gTA)	20.Gün Toplam Klorofil (mg/gTA)	Değişim Oranı (%)	
				10.Gün	20.Gün
Eyri Oturak	Kontrol	51,08 <sup>a</sup>	52,64 <sup>a</sup>	----	----
	8 ppm B	39,26 <sup>c</sup>	19,31 <sup>f</sup>	-23,16	-63,32
	16 ppm B	35,34 <sup>d</sup>	18,30 <sup>fg</sup>	-30,83	-65,22
	24 ppm B	31,53 <sup>ef</sup>	5,21 <sup>i</sup>	-38,27	-90,10
Ferasetsiz	Kontrol	39,53 <sup>c</sup>	48,02 <sup>b</sup>	----	----
	8 ppm B	39,38 <sup>c</sup>	29,84 <sup>d</sup>	-0,38	-37,87
	16 ppm B	34,51 <sup>de</sup>	18,18 <sup>fg</sup>	-12,70	-62,15
	24 ppm B	29,28 <sup>fg</sup>	15,75 <sup>gh</sup>	-25,93	-67,19
Şeker Fasulye	Kontrol	39,05 <sup>c</sup>	48,16 <sup>b</sup>	----	----
	8 ppm B	36,37 <sup>cd</sup>	22,63 <sup>e</sup>	-6,89	-53,01
	16 ppm B	28,60 <sup>fg</sup>	15,16 <sup>h</sup>	-26,78	-68,85
	24 ppm B	26,80 <sup>g</sup>	12,77 <sup>h</sup>	-31,39	-73,48
Yerel Genotip	Kontrol	46,15 <sup>b</sup>	39,20 <sup>c</sup>	----	----
	8 ppm B	39,93 <sup>c</sup>	24,16 <sup>e</sup>	-15,50	-38,37
	16 ppm B	30,56 <sup>f</sup>	19,21 <sup>f</sup>	-33,77	-50,99
	24 ppm B	22,93 <sup>h</sup>	5,13 <sup>i</sup>	-50,32	-86,89
Uygulamalar		Genel Ortalama		Değişim Oranı (%)	
		10.Gün	20.Gün	10.Gün	20.Gün
Kontrol		44,50 <sup>a</sup>	47,21 <sup>a</sup>	----	----
8 ppm B		38,72 <sup>b</sup>	21,90 <sup>b</sup>	-12,53	-53,61
16 ppm B		32,25 <sup>c</sup>	19,94 <sup>c</sup>	-27,53	-57,76
24 ppm B		27,69 <sup>d</sup>	9,20 <sup>d</sup>	-37,78	-80,51
ANOVA		10.Gün	20.Gün		
Uygulama		*	*		
Genotip		*	*		
Genotip x Uygulama		*	*		

\*0,05 seviyesinde önemli



Şekil 4.6.1. On ve 20 gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin toplam klorofil miktarları.

## 4. 7. Enzim Aktivitesi

### 4.7.1 Askorbat Peroksidaz (APX) Aktivitesi

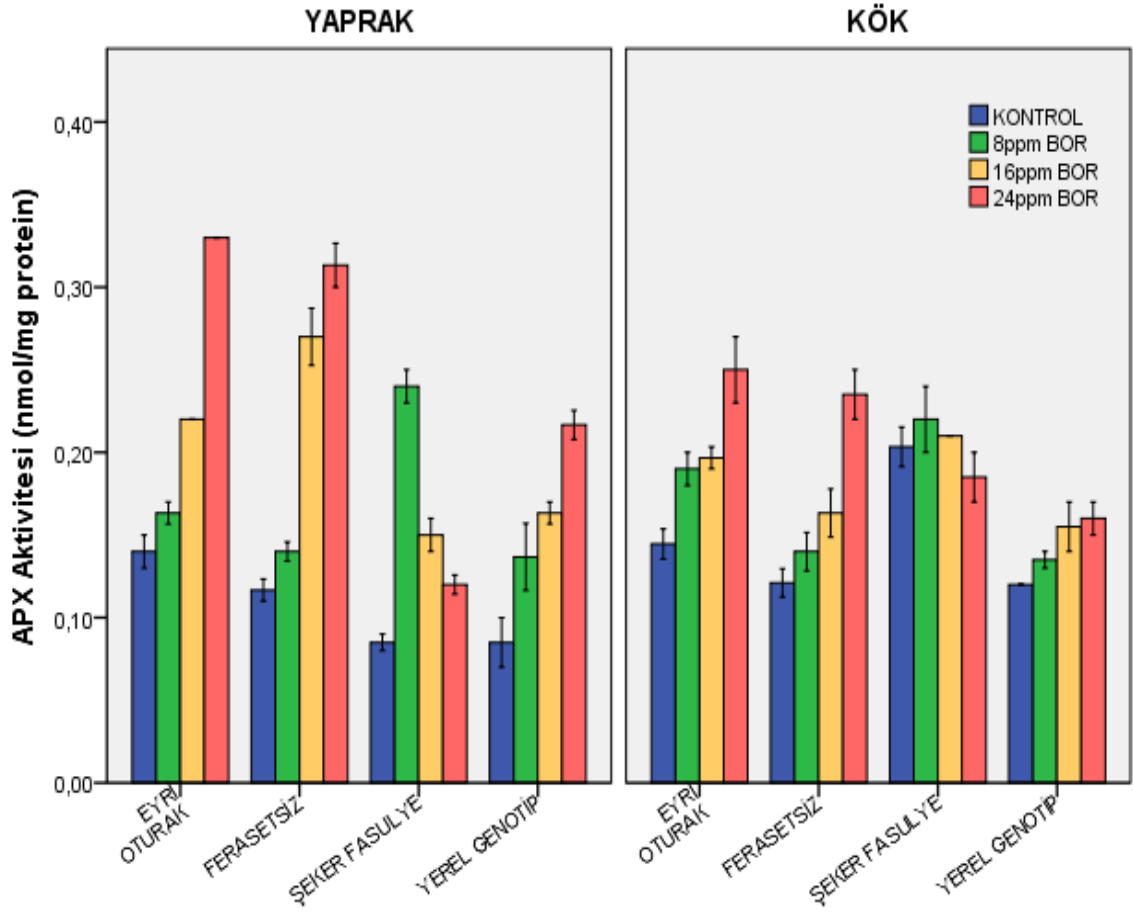
On gün süreli B uygulamalarının taze fasulye genotiplerinin yaprak ve köklerindeki APX aktivitesi üzerindeki önem derecesi Çizelge 4.7.1.1’de gösterilmiştir. Uygulamalara göre yapraklardaki ortalama APX aktivitesi değerlendirildiğinde, genel olarak artan B konsantrasyonunun etkisiyle enzim aktivitesinin arttığı görülmektedir. Şeker Fasulye genotipinde 16 ve 24 ppm B uygulamalarında aksi bir durum gözlenerek değerlerin 8 ppm B uygulamasından daha düşük olduğu belirlenmiş, diğer tüm genotiplerin enzim aktivitelerinin artan B konsantrasyonuna paralel olarak arttığı tespit edilmiştir. En düşük enzim aktivitesi Şeker Fasulye ve Yerel Genotipin kontrol gruplarında (0,08 nmol/mg protein), en yüksek enzim aktivitesi ise Eyri Oturak genotipinin 24 ppm’lik B uygulama grubunda (0,33 nmol/mg protein) görülmüştür.

Kök örneklerine ait APX aktivitesi değerlerine bakıldığında da artan B konsantrasyonuna paralel olarak enzim aktivitesinin arttığı belirlenmiştir. Yalnızca Şeker Fasulye’de farklı bir durum ortaya çıkmış olup en yüksek enzim aktivitesinin 8 ppm’lik grupta olduğu görülmektedir. Diğer tüm uygulama ve genotiplerde artan B konsantrasyonu APX aktivitesini de arttırmıştır. En düşük enzim aktivitesi Ferasetsiz ve Yerel Genotip’in kontrol gruplarında (0,12 nmol/mg protein), en yüksek APX aktivitesi de yaprak örneklerinde olduğu gibi Eyri Oturak genotipinin 24 ppm uygulamasında (0,25 nmol/ mg protein) görülmüştür. Buna göre genotipler ve uygulamalar arasındaki fark istatistikî olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca genotip ve uygulamalar arasındaki interaksiyonun % 5 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiş ve interaksiyon tablosu Çizelge A.18 ve Çizelge A.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.7.1.1. On gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak ve köklerindeki APX aktivitesi.

Genotip	Uygulama	YAPRAK – APX (nmol/ mg protein)	KÖK – APX (nmol/ mg protein)
Eyri Oturak	Kontrol	0,14 <sup>de</sup>	0,14 <sup>fg</sup>
	8 ppm B	0,16 <sup>d</sup>	0,19 <sup>cde</sup>
	16 ppm B	0,22 <sup>c</sup>	0,19 <sup>bcd</sup>
	24 ppm B	0,33 <sup>a</sup>	0,25 <sup>a</sup>
Ferasetsiz	Kontrol	0,11 <sup>ef</sup>	0,12 <sup>g</sup>
	8 ppm B	0,14 <sup>de</sup>	0,14 <sup>fg</sup>
	16 ppm B	0,27 <sup>b</sup>	0,16 <sup>def</sup>
	24 ppm B	0,31 <sup>a</sup>	0,23 <sup>ab</sup>
Şeker Fasulye	Kontrol	0,08 <sup>f</sup>	0,20 <sup>bc</sup>
	8 ppm B	0,24 <sup>bc</sup>	0,22 <sup>abc</sup>
	16 ppm B	0,15 <sup>de</sup>	0,21 <sup>bc</sup>
	24 ppm B	0,12 <sup>e</sup>	0,18 <sup>cde</sup>
Yerel Genotip	Kontrol	0,08 <sup>f</sup>	0,12 <sup>g</sup>
	8 ppm B	0,13 <sup>de</sup>	0,13 <sup>fg</sup>
	16 ppm B	0,16 <sup>d</sup>	0,15 <sup>efg</sup>
	24 ppm B	0,21 <sup>c</sup>	0,16 <sup>defg</sup>
<b>Uygulamalar</b>		<b>Genel Ortalama</b>	<b>Genel Ortalama</b>
Kontrol		0,10 <sup>d</sup>	0,15 <sup>c</sup>
8 ppm B		0,16 <sup>c</sup>	0,16 <sup>bc</sup>
16 ppm B		0,20 <sup>b</sup>	0,18 <sup>b</sup>
24 ppm B		0,23 <sup>a</sup>	0,20 <sup>a</sup>
ANOVA			
Uygulama		*	*
Genotip		*	*
Genotip x Uygulama		*	*

\*0,05 seviyesinde önemli



Şekil 4.7.1.1. On gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki ve köklerindeki APX aktivitesi. Dikey barlar tekerrürlerin  $\pm$  SS'larını göstermektedir.

Yirmi gün süreli B uygulamalarının taze fasulye genotiplerinin yaprak ve köklerdeki APX aktivitesi üzerindeki önem derecesi Çizelge 4.7.1.2’de verilmiştir. Çizelge 4.7.1.2. incelendiğinde, ortalama APX aktivitesinin artan B konsantrasyonuna bağlı olarak arttığı görülmektedir. Yaprak örneklerine ait enzim değerleri incelendiğinde en düşük aktiviteye Ferasetsiz genotipinin kontrol grubunun (0,05 nmol/mg protein), en yüksek aktiviteye ise Şeker Fasulye genotipinin 24 ppm B uygulama grubunun (0,14 nmol/mg protein) sahip olduğu belirlenmiştir.

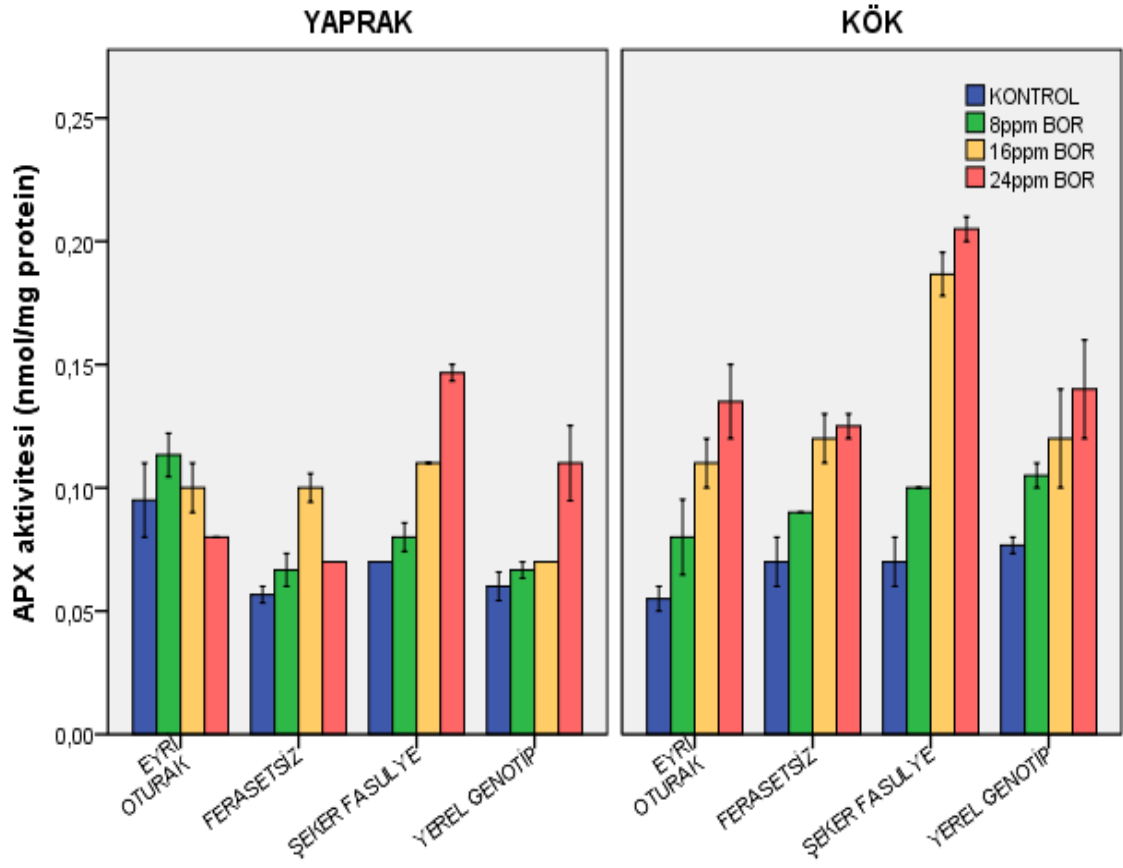
Köklerdeki APX aktivitesi değerlendirildiğinde tüm uygulama ve genotiplerde artan B konsantrasyonuyla beraber enzim aktivitesinin de arttığı; yani en düşük aktivitelerin kontrol gruplarında, en yüksek aktivitelerin de 24 ppm’lik gruplarda olduğu görülmektedir. Kök örneklerinde en düşük APX aktivitesine 10 gün süreli B uygulamasına ait kök APX aktivite değerlerinde olduğu gibi Eyri Oturak genotipinin (0,05 nmol/mg protein), en yüksek enzim aktivitesinin ise Şeker Fasulye genotipinin 24 ppm B uygulama grubunun (0,20 nmol/mg protein) sahip olduğu belirlenmiştir. Buna göre genotipler ve uygulamalar arasındaki fark istatistikî olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca genotip ve uygulamalar arasındaki interaksiyonun % 5 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiş ve interaksiyon tablosu Çizelge A.20 ve Çizelge A.21’de verilmiştir.



Çizelge 4.7.1.2. Yirmi gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak ve köklerdeki APX aktivitesi.

Genotip	Uygulama	YAPRAK – APX (nmol/ mg protein)	KÖK – APX (nmol/ mg protein)
Eyri Oturak	Kontrol	0,09 <sup>bc</sup>	0,05 <sup>g</sup>
	8 ppm B	0,11 <sup>b</sup>	0,08 <sup>efg</sup>
	16 ppm B	0,10 <sup>bc</sup>	0,11 <sup>cdefg</sup>
	24 ppm B	0,08 <sup>cd</sup>	0,13 <sup>bcde</sup>
Ferasetsiz	Kontrol	0,05 <sup>d</sup>	0,07 <sup>fg</sup>
	8 ppm B	0,06 <sup>d</sup>	0,09 <sup>defg</sup>
	16 ppm B	0,10 <sup>bc</sup>	0,12 <sup>cdef</sup>
	24 ppm B	0,07 <sup>d</sup>	0,12 <sup>cdef</sup>
Şeker Fasulye	Kontrol	0,07 <sup>d</sup>	0,07 <sup>fg</sup>
	8 ppm B	0,08 <sup>cd</sup>	0,10 <sup>cdefg</sup>
	16 ppm B	0,11 <sup>b</sup>	0,18 <sup>ab</sup>
	24 ppm B	0,14 <sup>a</sup>	0,20 <sup>a</sup>
Yerel Genotip	Kontrol	0,06 <sup>d</sup>	0,07 <sup>fg</sup>
	8 ppm B	0,06 <sup>d</sup>	0,10 <sup>cdefg</sup>
	16 ppm B	0,07 <sup>d</sup>	0,12 <sup>cdef</sup>
	24 ppm B	0,11 <sup>b</sup>	0,14 <sup>bcd</sup>
<b>Uygulamalar</b>		<b>Genel Ortalama</b>	<b>Genel Ortalama</b>
Kontrol		0,06 <sup>c</sup>	0,06 <sup>c</sup>
8 ppm B		0,08 <sup>b</sup>	0,09 <sup>b</sup>
16 ppm B		0,09 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>
24 ppm B		0,10 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>
ANOVA			
Uygulama		*	*
Genotip		*	*
Genotip x Uygulama		*	*

\*0,05 seviyesinde önemli



Şekil 4.7.1.2. Yirmi gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki ve köklerindeki APX aktivitesi. Dikey barlar tekerrürlerin  $\pm$  SS'lerini göstermektedir.

#### 4.7.2. Glutatyon Redüktaz (GR) Aktivitesi

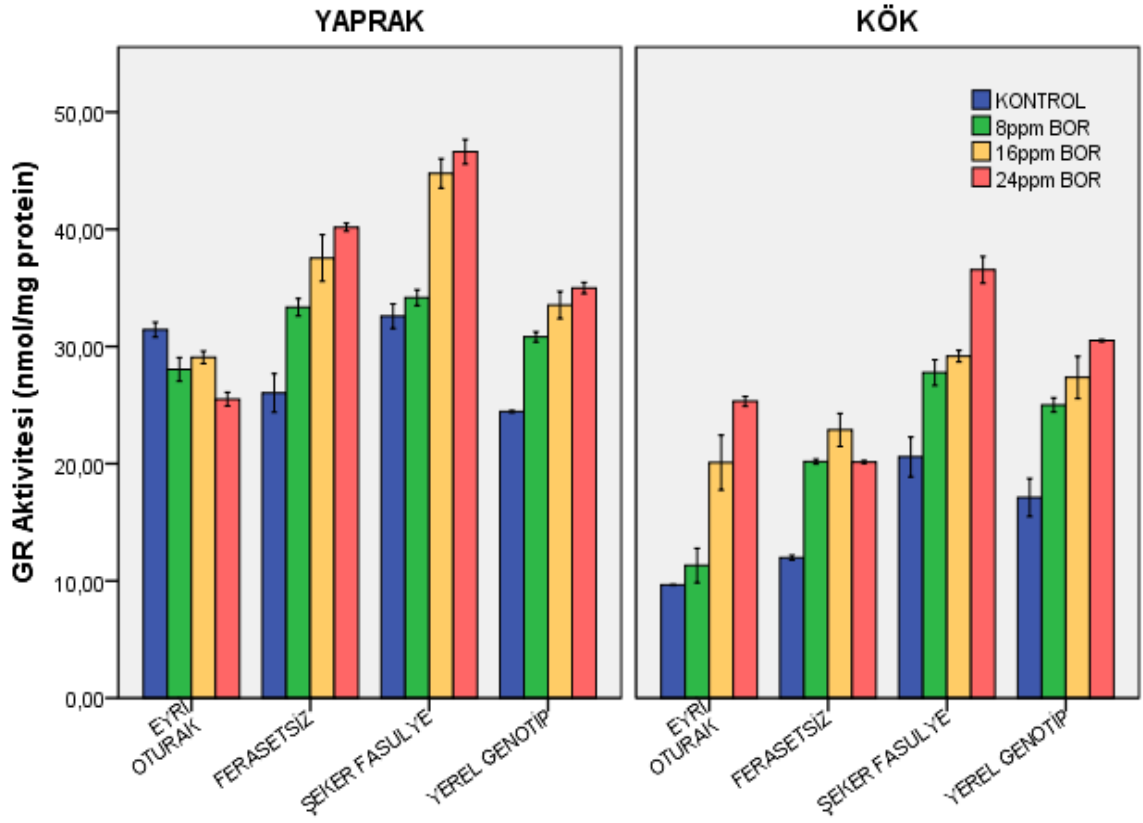
Çizelge 4.7.2.1’de verilen, 10 gün süreli B uygulamalarının taze fasulye genotiplerinin yaprak ve köklerindeki GR aktivitesindeki değişimin önem derecesi incelendiğinde, yapraklardaki ortalama GR aktivitesinin artan B konsantrasyonuna bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. Ancak, Eyri Oturak genotipinde farklı bir değişimin olduğu ve tüm uygulamalarda artan B konsantrasyonuyla enzim aktivitesinin azaldığı dikkat çekmektedir. Yaprak örneklerinde en düşük GR aktivitesi Yerel Genotip’in kontrol grubunda (24,44 nmol/mg protein), en yüksek enzim aktivitesi ise Şeker Fasulye’nin 24 ppm B uygulama grubunda (46,61 nmol/mg protein) tespit edilmiştir.

On gün süreli B uygulamalarında köklerdeki GR aktivitesinde meydana gelen değişimlere bakıldığında Ferasetisiz genotipinin 24 ppm’lik B uygulama grubu dışında tüm genotip ve uygulamalarda, artan B konsantrasyonuna paralel olarak enzim aktivitesinin de arttığı görülmektedir. Köklerde en düşük GR aktivitesi Eyri Oturak genotipinin kontrol grubunda (9,66 nmol/mg protein), en yüksek enzim aktivitesi ise Şeker Fasulye’nin 24 ppm B uygulamasında (46,61 nmol/mg protein) saptanmıştır. Buna göre genotipler ve uygulamalar arasındaki fark istatistikî olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca genotip ve uygulamalar arasındaki interaksiyonun % 5 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiş ve interaksiyon tablosu Çizelge A.22 ve Çizelge A.23’de verilmiştir.

Çizelge 4.7.2.1. On gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak ve köklerdeki GR aktivitesi.

Genotip	Uygulama	YAPRAK – GR (nmol/ mg protein)	KÖK – GR (nmol/ mg protein)
Eyri Oturak	Kontrol	31,43 <sup>efg</sup>	9,66 <sup>g</sup>
	8 ppm B	28,04 <sup>hij</sup>	11,31 <sup>g</sup>
	16 ppm B	29,07 <sup>ghi</sup>	20,10 <sup>ef</sup>
	24 ppm B	25,50 <sup>jk</sup>	25,32 <sup>cd</sup>
Ferasetsiz	Kontrol	26,02 <sup>lk</sup>	11,98 <sup>g</sup>
	8 ppm B	33,33 <sup>def</sup>	20,17 <sup>ef</sup>
	16 ppm B	37,54 <sup>bc</sup>	22,88 <sup>de</sup>
	24 ppm B	40,17 <sup>b</sup>	20,14 <sup>ef</sup>
Şeker Fasulye	Kontrol	32,58 <sup>def</sup>	20,58 <sup>ef</sup>
	8 ppm B	34,16 <sup>de</sup>	27,77 <sup>bc</sup>
	16 ppm B	44,77 <sup>a</sup>	29,17 <sup>b</sup>
	24 ppm B	46,61 <sup>a</sup>	36,54 <sup>a</sup>
Yerel Genotip	Kontrol	24,44 <sup>k</sup>	17,11 <sup>f</sup>
	8 ppm B	30,81 <sup>fgh</sup>	25,00 <sup>cd</sup>
	16 ppm B	33,53 <sup>def</sup>	27,36 <sup>bc</sup>
	24 ppm B	34,98 <sup>cd</sup>	30,50 <sup>b</sup>
<b>Uygulamalar</b>		<b>Genel Ortalama</b>	<b>Genel Ortalama</b>
Kontrol		29,29 <sup>c</sup>	14,83 <sup>d</sup>
8 ppm B		31,40 <sup>b</sup>	21,81 <sup>c</sup>
16 ppm B		36,23 <sup>a</sup>	24,87 <sup>b</sup>
24 ppm B		36,81 <sup>a</sup>	27,81 <sup>a</sup>
ANOVA			
Uygulama		*	*
Genotip		*	*
Genotip x Uygulama		*	*

\*0,05 seviyesinde önemli



Şekil 4.7.2.1 On gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki ve köklerindeki GR aktivitesi. Dikey barlar tekerrürlerin  $\pm$  SS'larını göstermektedir.

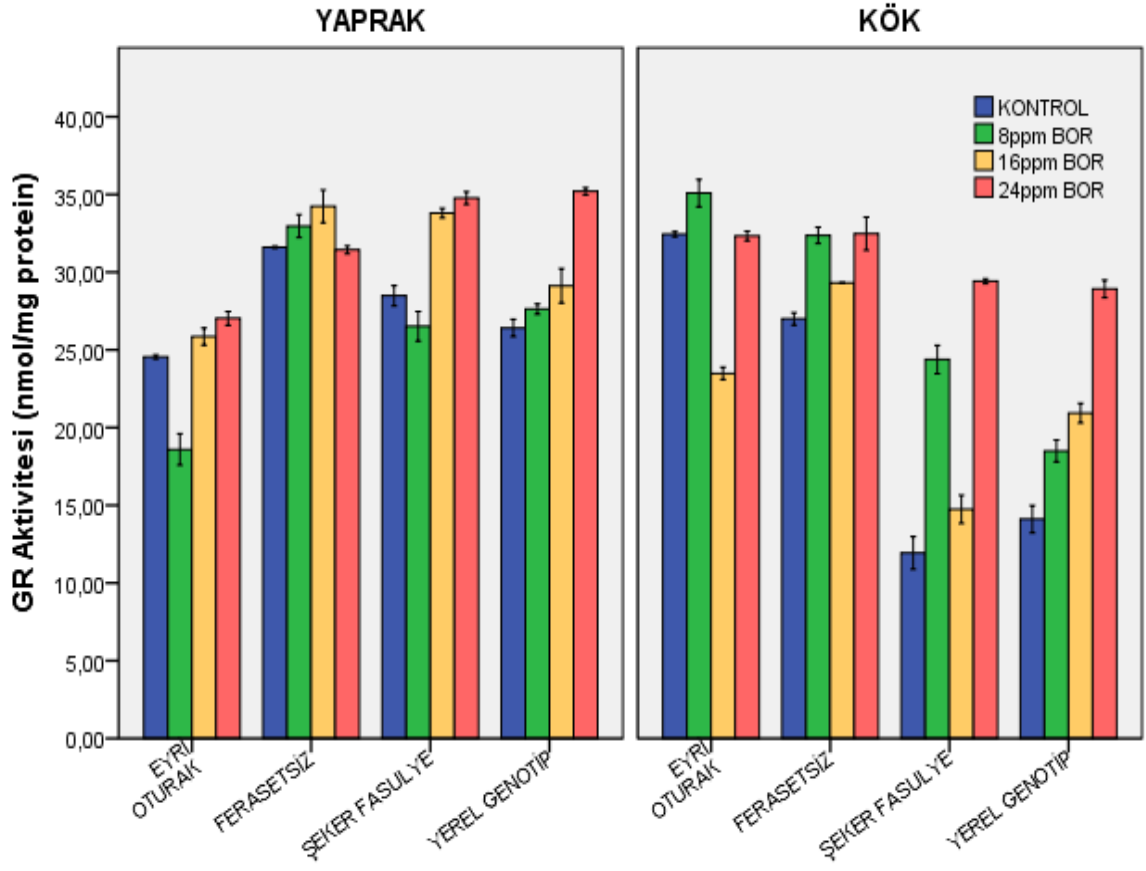
Yirmi gün süreli B uygulamalarının taze fasulye genotiplerinin yaprak ve köklerdeki GR aktivitesindeki değişimler Çizelge 4.7.2.2’de verilmiştir. Uygulamalara göre ortalama yaprak GR aktivitesi değerlendirildiğinde, genel olarak 8 ppm B uygulamasıyla enzim aktivitesinin kontrole göre azalış gösterdiği, artan B konsantrasyonu ile tekrar arttığı görülmektedir. Yaprak örneklerinde en yüksek GR aktivitesinin Şeker Fasulyede 24 ppm B uygulamasında (34,77 nmol/mg protein), en düşük aktivitenin ise Eyri Oturak genotipinde 8 ppm B uygulamasında (18,59 nmol/mg protein) olduğu belirlenmiştir.

Köklerdeki ortalama GR aktivitelere bakıldığında ise Yerel Genotip hariç diğer genotiplerin 16 ppm B uygulamasında GR aktivitesinin 8 ppm B uygulamasına oranla düşük olduğu, 24 ppm B uygulamasında ise tekrar bir artışın meydana geldiği tespit edilmiştir. Genotip bazında incelendiğinde köklerde en düşük aktiviteye Şeker Fasulye’nin 8 ppm B uygulamasında (11,93 nmol/mg protein), en yüksek GR aktivitesine ise Eyri Oturak genotipinin 8 ppm B uygulamasında (35,08 nmol/mg protein) ulaşılmıştır. Buna göre genotipler ve uygulamalar arasındaki fark istatistikî olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca genotip ve uygulamalar arasındaki interaksiyonun % 5 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiş ve interaksiyon tablosu Çizelge A.24 ve Çizelge A.25’de verilmiştir.

Çizelge 4.7.2.2. Yirmi gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak ve köklerdeki GR aktivitesi.

Genotip	Uygulama	YAPRAK – GR (nmol/ mg protein)	KÖK – GR (nmol/ mg protein)
Eyri Oturak	Kontrol	24,54 <sup>f</sup>	32,75 <sup>b</sup>
	8 ppm B	18,59 <sup>g</sup>	35,08 <sup>a</sup>
	16 ppm B	25,85 <sup>ef</sup>	32,33 <sup>e</sup>
	24 ppm B	27,03 <sup>cde</sup>	23,48 <sup>b</sup>
Ferasetsiz	Kontrol	31,60 <sup>b</sup>	26,99 <sup>d</sup>
	8 ppm B	32,96 <sup>ab</sup>	32,36 <sup>b</sup>
	16 ppm B	34,24 <sup>a</sup>	29,31 <sup>c</sup>
	24 ppm B	31,44 <sup>b</sup>	32,48 <sup>b</sup>
Şeker Fasulye	Kontrol	28,48 <sup>cd</sup>	11,93 <sup>i</sup>
	8 ppm B	26,51 <sup>def</sup>	24,38 <sup>e</sup>
	16 ppm B	33,80 <sup>a</sup>	14,74 <sup>h</sup>
	24 ppm B	34,77 <sup>a</sup>	29,42 <sup>c</sup>
Yerel Genotip	Kontrol	29,34 <sup>def</sup>	14,11 <sup>h</sup>
	8 ppm B	27,62 <sup>cde</sup>	18,49 <sup>g</sup>
	16 ppm B	29,12 <sup>c</sup>	20,92 <sup>f</sup>
	24 ppm B	35,20 <sup>a</sup>	28,93 <sup>cd</sup>
<b>Uygulamalar</b>		<b>Genel Ortalama</b>	<b>Genel Ortalama</b>
Kontrol		27,75 <sup>b</sup>	21,37 <sup>c</sup>
8 ppm B		27,19 <sup>b</sup>	27,58 <sup>b</sup>
16 ppm B		30,57 <sup>a</sup>	21,26 <sup>c</sup>
24 ppm B		31,54 <sup>a</sup>	30,58 <sup>a</sup>
ANOVA			
Uygulama		*	*
Genotip		*	*
Genotip x Uygulama		*	*

\*0,05 seviyesinde önemli



Şekil 4.7.2.2. Yirmi gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki ve köklerindeki GR aktivitesi. Dikey barlar tekerrürlerin  $\pm$  SS'lerini göstermektedir.



#### 4.7.3. Katalaz (CAT) Aktivitesi

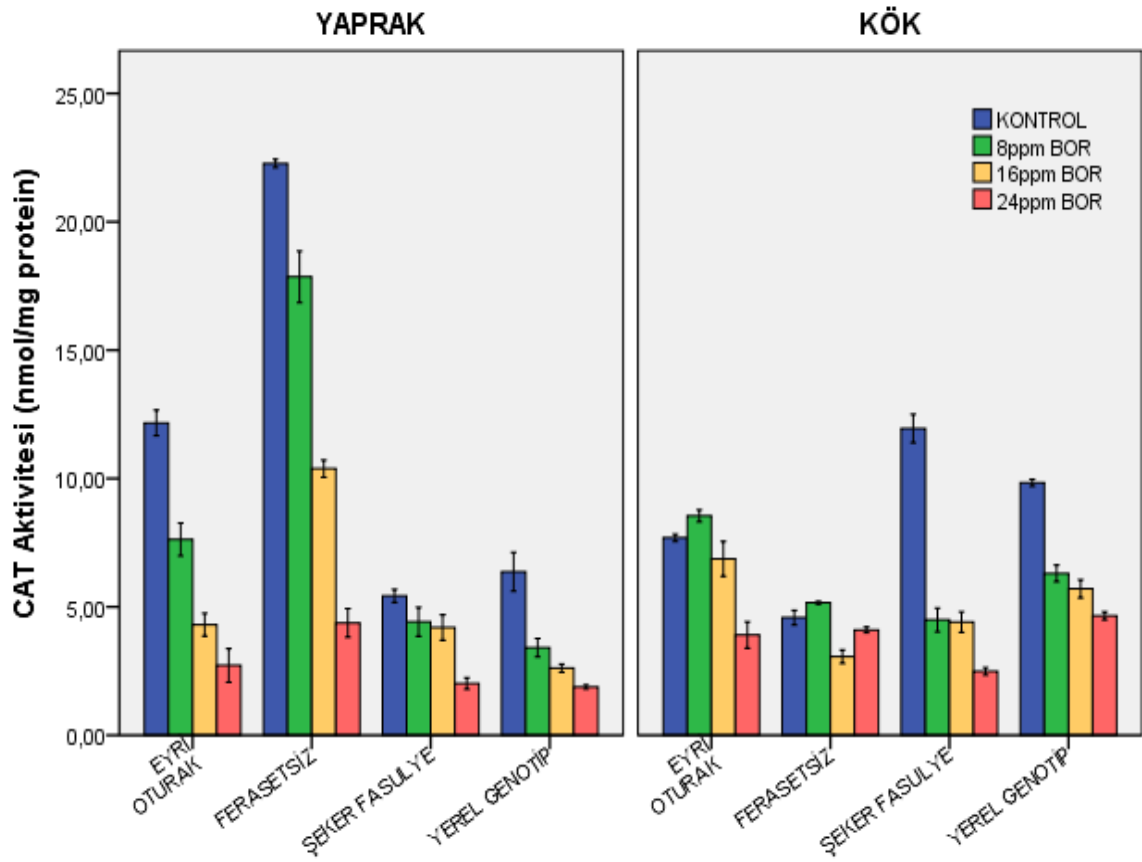
Çizelge 4.7.3.1’de verilen, 10 gün süreli B uygulamalarına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak ve köklerindeki CAT aktivitesindeki değişimler incelendiğinde, ortalama CAT aktivitesinin yaprak örneklerinde artan B konsantrasyonuna bağlı olarak azaldığı görülmektedir. Genotipler ve uygulamalara göre ortalama yaprak CAT aktivitesi değerlendirildiğinde, en yüksek aktivitenin Ferasettsiz genotipinin kontrol grubunda (22,27 nmol/mg protein), en düşük CAT aktivitesinin ise Yerel Genotip’in 24 ppm B uygulamasında (1,88 nmol/mg protein) olduğu belirlenmiştir.

Kök örneklerindeki ortalama CAT aktivitesi incelendiğinde ise; Eyri Oturak ve Ferasettsiz genotiplerinde 8 ppm B uygulamasında CAT aktivitesinin kontrol grubundaki CAT aktivitesinden yüksek olduğu, 16 ve 24 ppm B uygulamalarında ortalama CAT aktivitesinin tekrar azaldığı, diğer tüm genotip ve uygulamalarda da artan B konsantrasyonuna paralel olarak aktivitenin azaldığı tespit edilmiştir. Köklerde en düşük aktivite Şeker Fasulye’nin 24 ppm B uygulamasında (2,49 nmol/mg protein), en yüksek CAT aktivitesi de Şeker Fasulye’nin kontrol uygulamasında (14,94 nmol/mg protein) belirlenmiştir. Buna göre genotipler ve uygulamalar arasındaki fark istatistikî olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca genotip ve uygulamalar arasındaki interaksiyonun % 5 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiş ve interaksiyon tablosu Çizelge A.26 ve Çizelge A.27’de verilmiştir.

Çizelge 4.7.3.1. On gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak ve köklerdeki CAT aktivitesi.

Genotip	Uygulama	YAPRAK – CAT (nmol/ mg protein)	KÖK – CAT (nmol/ mg protein)
Eyri Oturak	Kontrol	12,16 <sup>c</sup>	7,69 <sup>cd</sup>
	8 ppm B	7,63 <sup>e</sup>	8,54 <sup>b</sup>
	16 ppm B	4,30 <sup>ghi</sup>	6,86 <sup>de</sup>
	24 ppm B	2,72 <sup>hij</sup>	3,90 <sup>ij</sup>
Ferasetsiz	Kontrol	22,27 <sup>a</sup>	4,58 <sup>ghi</sup>
	8 ppm B	17,85 <sup>b</sup>	5,16 <sup>gh</sup>
	16 ppm B	10,38 <sup>d</sup>	3,06 <sup>k</sup>
	24 ppm B	4,37 <sup>gh</sup>	4,10 <sup>hij</sup>
Şeker Fasulye	Kontrol	5,42 <sup>fg</sup>	11,94 <sup>a</sup>
	8 ppm B	4,42 <sup>gh</sup>	4,49 <sup>hi</sup>
	16 ppm B	4,19 <sup>ghi</sup>	4,41 <sup>hi</sup>
	24 ppm B	2,01 <sup>j</sup>	2,49 <sup>k</sup>
Yerel Genotip	Kontrol	6,36 <sup>ef</sup>	9,83 <sup>b</sup>
	8 ppm B	3,41 <sup>hij</sup>	6,30 <sup>ef</sup>
	16 ppm B	2,61 <sup>ij</sup>	5,70 <sup>fg</sup>
	24 ppm B	1,88 <sup>j</sup>	4,65 <sup>ghi</sup>
<b>Uygulamalar</b>		<b>Genel Ortalama</b>	<b>Genel Ortalama</b>
Kontrol		10,42 <sup>a</sup>	8,25 <sup>a</sup>
8 ppm B		8,25 <sup>b</sup>	6,21 <sup>b</sup>
16 ppm B		4,91 <sup>c</sup>	5,13 <sup>c</sup>
24 ppm B		2,82 <sup>d</sup>	3,78 <sup>d</sup>
ANOVA			
Uygulama		*	*
Genotip		*	*
Genotip x Uygulama		*	*

\*0,05 seviyesinde önemli



Şekil 4.7.3.1. On gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki ve köklerindeki CAT aktivitesi. Dikey barlar tekerrürlerin  $\pm$  SS'larını göstermektedir.

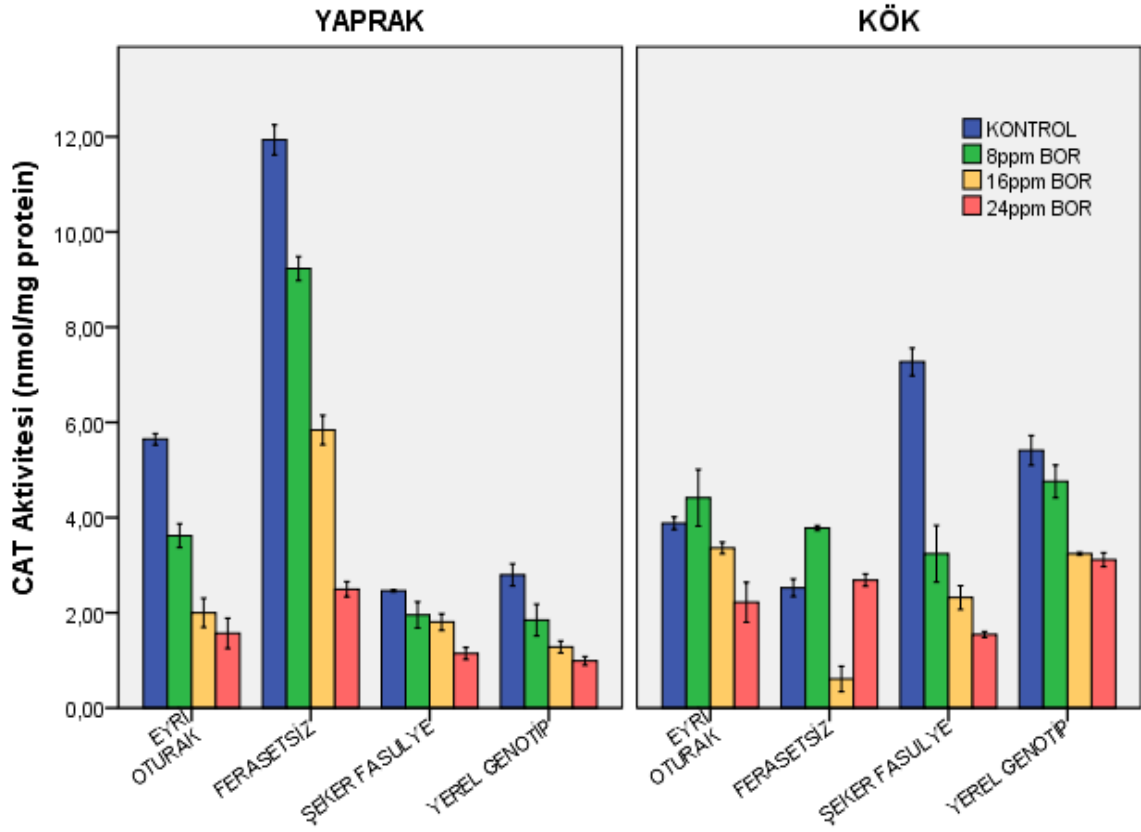
Yirmi gün süreli B uygulamalarına bağı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak ve köklerdeki CAT aktivitesinde meydana gelen değişimler Çizelge 4.7.3.2’te verilmiştir. Uygulamalara göre yapraklardaki ortalama CAT aktivitesi değerlendirildiğinde, artan B konsantrasyonuna paralel olarak CAT aktivitesinin tüm genotip ve uygulamalarda azaldığı belirlenmiştir. En yüksek CAT aktivitesine Ferasettsiz genotipinin kontrol grubunda (11,93 nmol/mg protein), en düşük CAT aktivitesine ise Yerel Genotip’in 24 ppm B uygulamasında (0,99 nmol/mg protein) ulaşıldığı saptanmıştır.

Kök örneklerindeki ortalama CAT aktivitesi incelendiğinde ise, Eyri Oturak genotipinde 8 ppm B uygulamasının, Ferasettsiz genotipinde ise 8 ppm ve 24 ppm B uygulamalarının bir önceki B uygulama grubunun CAT aktivitesi değerinden daha yüksek aktivite değerlerine sahip oldukları, diğer tüm uygulamalarda ve genotiplerde ortalama CAT aktivitesi değerlerinin artan B konsantrasyonuna paralel olarak azaldığı belirlenmiştir. Köklerde en büyük CAT aktivitesinin Şeker Fasulyede kontrol grubunda (7,27 nmol/mg protein), en düşük aktivitenin ise Ferasettsiz genotipinde 16 ppm B uygulamasında (0,16 nmol/mg protein) olduğu tespit edilmiştir. Buna göre genotipler ve uygulamalar arasındaki fark istatistikî olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca genotip ve uygulamalar arasındaki interaksiyonun % 5 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiş ve interaksiyon tablosu Çizelge A.28 ve Çizelge A.29’ da verilmiştir.

Çizelge 4.7.3.2. Yirmi gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak ve köklerdeki CAT aktivitesi.

Genotip	Uygulama	YAPRAK – CAT (nmol/ mg protein)	KÖK – CAT (nmol/ mg protein)
Eyri Oturak	Kontrol	5,64 <sup>c</sup>	3,88 <sup>cde</sup>
	8 ppm B	3,62 <sup>d</sup>	4,41 <sup>cd</sup>
	16 ppm B	2,00 <sup>fg</sup>	3,36 <sup>ef</sup>
	24 ppm B	1,57 <sup>ghi</sup>	2,22 <sup>gh</sup>
Ferasetsiz	Kontrol	11,93 <sup>a</sup>	2,52 <sup>fg</sup>
	8 ppm B	9,23 <sup>b</sup>	3,78 <sup>de</sup>
	16 ppm B	5,84 <sup>c</sup>	0,61 <sup>l</sup>
	24 ppm B	2,49 <sup>ef</sup>	2,68 <sup>fg</sup>
Şeker Fasulye	Kontrol	2,46 <sup>ef</sup>	7,27 <sup>a</sup>
	8 ppm B	1,95 <sup>fg</sup>	3,24 <sup>efg</sup>
	16 ppm B	1,80 <sup>fgh</sup>	2,32 <sup>gh</sup>
	24 ppm B	1,14 <sup>hi</sup>	1,54 <sup>h</sup>
Yerel Genotip	Kontrol	2,79 <sup>e</sup>	5,41 <sup>b</sup>
	8 ppm B	1,84 <sup>fgh</sup>	4,76 <sup>bc</sup>
	16 ppm B	1,28 <sup>ghi</sup>	3,24 <sup>efg</sup>
	24 ppm B	0,99 <sup>l</sup>	3,11 <sup>efg</sup>
<b>Uygulamalar</b>		<b>Genel Ortalama</b>	<b>Genel Ortalama</b>
Kontrol		5,70 <sup>a</sup>	4,54 <sup>a</sup>
8 ppm B		4,43 <sup>b</sup>	4,03 <sup>b</sup>
16 ppm B		2,81 <sup>c</sup>	2,19 <sup>c</sup>
24 ppm B		1,55 <sup>d</sup>	2,39 <sup>d</sup>
ANOVA			
Uygulama		*	*
Genotip		*	*
Genotip x Uygulama		*	*

\*0,05 seviyesinde önemli



Şekil 4.7.3.2. Yirmi gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki ve köklerindeki CAT aktivitesi. Dikey barlar tekerrürlerin  $\pm$  SS'larını göstermektedir.

#### 4.8. B Miktarı

On gün süreli B uygulamaları sonunda taze fasulye genotiplerinin yaprak ve kök dokularında biriken B miktarı ile yaprak ve köklerde biriken B miktarlarının kontrole göre % değişim oranları Çizelge 4.8.1’de verilmiştir. Genotip ve uygulamalara göre yapraklarda biriken ortalama B miktarlarına bakıldığında; artan B konsantrasyonuna paralel olarak tüm genotip ve uygulamalarda B miktarının arttığı belirlenmiştir. Yaprak örneklerinde en fazla B miktarının Şeker Fasulye’nin 24 ppm B uygulamasında (45,34 ppm), en düşük B miktarının ise Eyri Oturak genotipinde kontrol grubunda (5,16 ppm) olduğu belirlenmiştir. Kök dokusundaki B değerlerindeki yaprak dokularındakine benzer şekilde tüm genotip ve uygulamalarda artan B konsantrasyonuna paralel olarak arttığı tespit edilmiştir. Kök dokularında en yüksek B miktarının yapraklarda olduğu gibi Şeker Fasulye genotipinin 24 ppm B uygulamasında (37,08 ppm), en düşük B miktarının ise Eyri Oturak genotipinin kontrol uygulamasında (4,86 ppm) olduğu belirlenmiştir. Buna göre genotipler ve uygulamalar arasındaki fark istatistikî olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca genotip ve uygulamalar arasındaki interaksyonun % 5 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiş ve interaksyon tablosu Çizelge A.30’da verilmiştir.

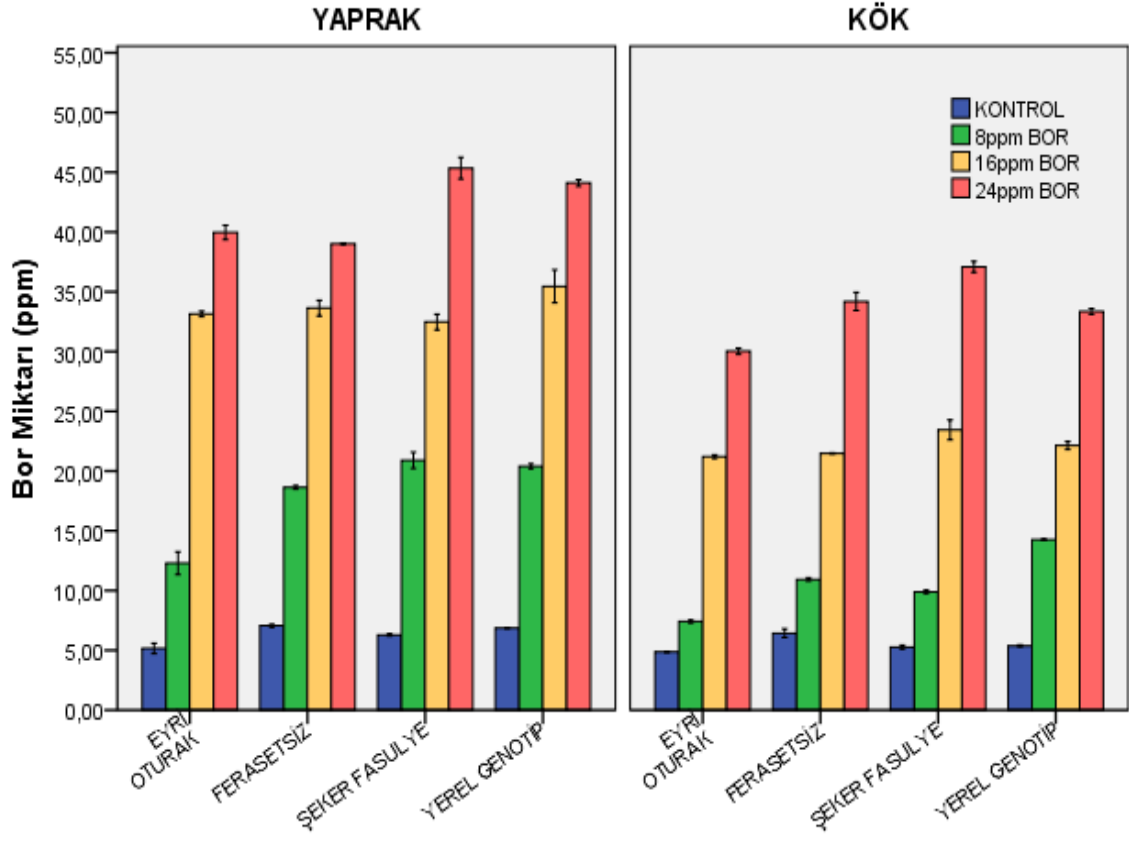
On gün süreli B uygulamasına bağlı olarak yaprak ve köklerde biriken B miktarlarının kontrole göre değişim oranları incelendiğinde; tüm genotip ve uygulamalarda biriken B miktarının kontrol uygulamasına oranla arttığı görülmektedir. Yaprak örneklerinde en yüksek artışın Eyri Oturak’ta 24 ppm B uygulamasında (% 674,61), en düşük artışında aynı genotipin kontrol grubunda (% 138,18) olduğu belirlenmiştir. Kök örneklerinde kontrole göre ortalama B miktarları değerleri incelendiğinde en yüksek artışın Şeker Fasulye’de 24 ppm B uygulaması ile (% 603,61), en düşük artışın ise Ferasetsiz genotipinde kontrol uygulaması ile (% 70,14) olduğu saptanmıştır. Ayrıca, Şekil 4.8.1’de 10 gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak ve kök dokularında biriken B miktarı verilmiştir.

Çizelge 4.8.1. On gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak ve köklerinde biriken B miktarı % değişim oranları.

Genotip	Uygulama	YAPRAK – B Miktarı (ppm)	KÖK–B Miktarı (ppm)	Değişim Oranı (%)	
				Yaprak	Kök
Eyri Oturak	Kontrol	5,16 <sup>l</sup>	4,86 <sup>l</sup>	----	----
	8 ppm B	12,29 <sup>g</sup>	7,41 <sup>g</sup>	+138,18	+53,42
	16 ppm B	33,14 <sup>d</sup>	21,20 <sup>d</sup>	+542,25	+339,13
	24 ppm B	39,96 <sup>b</sup>	30,03 <sup>b</sup>	+674,61	+521,74
Ferasetsiz	Kontrol	7,06 <sup>h</sup>	6,43 <sup>h</sup>	----	----
	8 ppm B	18,63 <sup>f</sup>	10,93 <sup>f</sup>	+164,02	+70,14
	16 ppm B	33,64 <sup>d</sup>	21,47 <sup>d</sup>	+376,49	+234,06
	24 ppm B	39,00 <sup>b</sup>	34,19 <sup>a</sup>	+452,41	+431,73
Şeker Fasulye	Kontrol	6,28 <sup>hi</sup>	5,26 <sup>hi</sup>	----	----
	8 ppm B	20,90 <sup>e</sup>	9,89 <sup>e</sup>	+232,27	+87,67
	16 ppm B	32,47 <sup>d</sup>	23,44 <sup>d</sup>	+416,22	+344,78
	24 ppm B	45,34 <sup>a</sup>	37,08 <sup>a</sup>	+620,83	+603,61
Yerel Genotip	Kontrol	6,85 <sup>hi</sup>	5,37 <sup>hi</sup>	----	----
	8 ppm B	20,40 <sup>e</sup>	14,25 <sup>e</sup>	+197,38	+165,36
	16 ppm B	35,45 <sup>c</sup>	22,13 <sup>c</sup>	+416,76	+312,10
	24 ppm B	44,10 <sup>a</sup>	33,35 <sup>a</sup>	+542,86	+521,23
Uygulamalar		Genel Ortalama		Değişim Oranı (%)	
		Yaprak	Kök	Yaprak	Kök
Kontrol		6,34 <sup>d</sup>	5,48 <sup>d</sup>	----	----
8 ppm B		18,05 <sup>c</sup>	10,62 <sup>c</sup>	+184,70	+93,80
16 ppm B		33,67 <sup>b</sup>	22,11 <sup>b</sup>	+431,07	+303,47
24 ppm B		42,10 <sup>a</sup>	33,99 <sup>a</sup>	+564,04	+520,26
ANOVA		Yaprak	Kök		
Uygulama		*	*		
Genotip		*	*		
Genotip x Uygulama		*	*		

\*0,05 seviyesinde önemli





Şekil 4.8.1. On gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak ve kök dokularında B miktarı. Dikey barlar tekerrürlerin  $\pm$  SS'larını göstermektedir.

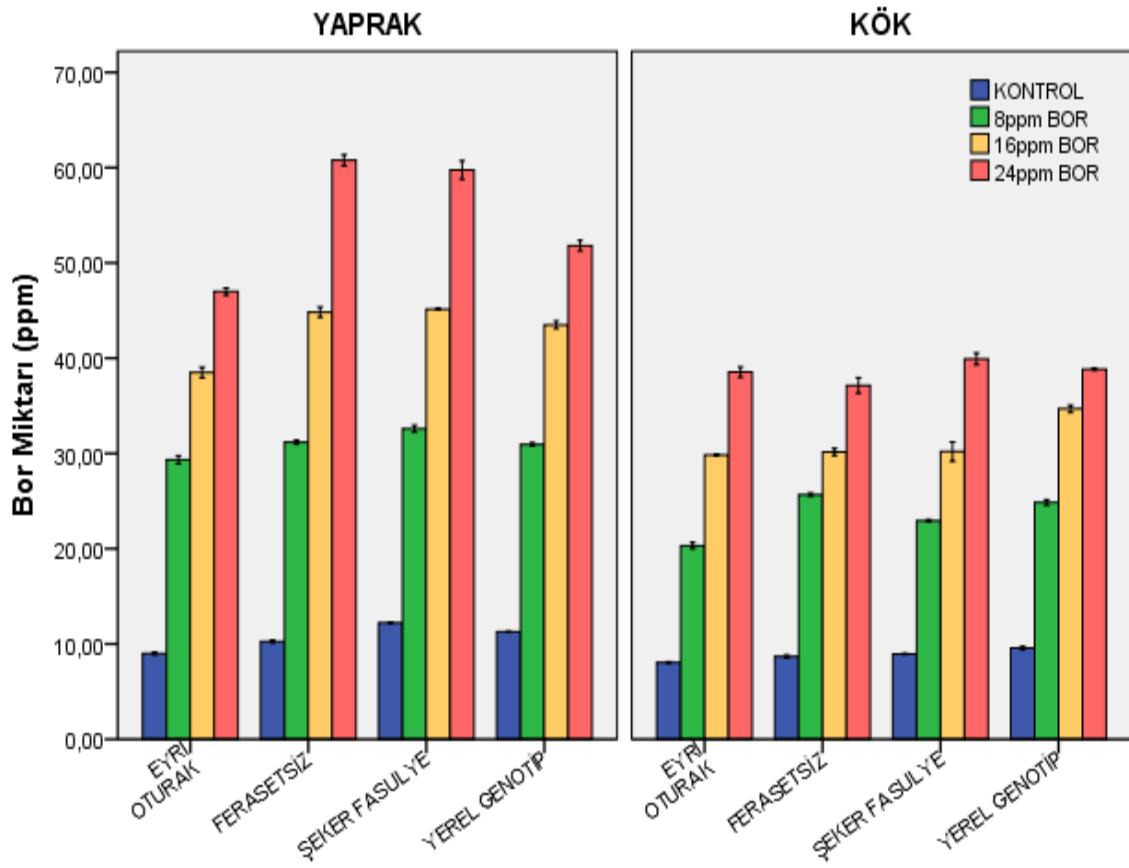
Çizelge 4.8.2’de ve Şekil 4.8.2’de verilen 20 gün süreli B uygulamalarının sonunda yaprak ve kök dokularında ortalama B miktarı değerleri incelendiğinde, genotip ve uygulamalara göre yaprak ve kök dokularında B miktarının, artan B konsantrasyonuna paralel olarak arttığı belirlenmiştir. Yaprak dokularında en yüksek B değerinin, Ferasetsiz genotipinde 24 ppm B uygulamasında (60,78 ppm), en düşük B değerinin ise Eyri Oturak genotipinin kontrol grubunda (8,99 ppm) olduğu belirlenmiştir. Köklerdeki ortalama B miktarları incelendiğinde en yüksek değer; Şeker Fasulye’de 24 ppm B uygulamasında (39,92 ppm), en düşük değer ise yaprak dokularında olduğu gibi Eyri Oturak genotipinin kontrol uygulamasında (8,05 ppm) olduğu tespit edilmiştir. Yaprak dokularında biriken B miktarının aynı genotip ve uygulamaya ait kök örneklerinde belirlenen B miktarına oranla daha fazla olduğu saptanmıştır. Buna göre genotipler ve uygulamalar arasındaki fark istatistikî olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca genotip ve uygulamalar arasındaki interaksyonun % 5 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiş ve interaksyon tablosu Çizelge A.31’de verilmiştir.

Yirmi gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak ve kök dokularında biriken B miktarının kontrol uygulamasına göre % değişim oranları Çizelge 4.8.2’de verilmiştir. Genotip ve uygulamalara göre yaprak ve köklerde değişim oranlarına bakıldığında; tüm uygulamalarda genotiplerin biriktirdikleri B miktarının kontrole göre arttığı belirlenmiştir. Yaprak dokularında en yüksek artışın Ferasetsiz genotipinde 24 ppm B uygulamasında (% 491,82), en düşük artış ise Şeker Fasulye genotipinde 24 ppm B uygulamasında (% 166,39) tespit edilmiştir. Kök dokularında B miktarında uygulamalara bağlı olarak ortalama değişim oranları incelendiğinde ise, en yüksek artışın Eyri Oturak genotipinde 24 ppm B uygulamasında (% 378,76), en düşük artışın ise yaprak dokularında olduğu gibi Şeker Fasulye’de 8 ppm B uygulama grubunda (% 156,20) olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.8.3. Yirmi gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak ve köklerinde biriken B miktarı ve % değişim oranları.

Genotip	Uygulama	YAPRAK – B Miktarı (ppm)	KÖK–B Miktarı (ppm)	Değişim Oranı (%)	
				Yaprak	Kök
Eyri Oturak	Kontrol	8,99 <sup>j</sup>	8,05 <sup>l</sup>	----	----
	8 ppm B	29,33 <sup>h</sup>	20,32 <sup>l</sup>	+226,25	+152,42
	16 ppm B	38,49 <sup>e</sup>	29,84 <sup>f</sup>	+328,25	+270,68
	24 ppm B	46,99 <sup>c</sup>	38,54 <sup>c</sup>	+422,69	+378,76
Ferasetsiz	Kontrol	10,26 <sup>hi</sup>	8,67 <sup>kl</sup>	----	----
	8 ppm B	31,18 <sup>g</sup>	25,66 <sup>gh</sup>	+203,60	+196,08
	16 ppm B	44,83 <sup>e</sup>	30,16 <sup>de</sup>	+336,61	+247,87
	24 ppm B	60,78 <sup>b</sup>	37,13 <sup>a</sup>	+491,82	+328,60
Şeker Fasulye	Kontrol	12,22 <sup>j</sup>	8,95 <sup>j</sup>	----	----
	8 ppm B	32,58 <sup>g</sup>	22,93 <sup>g</sup>	+166,39	+156,20
	16 ppm B	45,14 <sup>d</sup>	30,20 <sup>d</sup>	+269,09	+237,43
	24 ppm B	59,75 <sup>a</sup>	39,92 <sup>a</sup>	+388,55	+346,03
Yerel Genotip	Kontrol	11,29 <sup>lj</sup>	9,57 <sup>jk</sup>	----	----
	8 ppm B	30,95 <sup>f</sup>	24,84 <sup>h</sup>	+174,14	+159,29
	16 ppm B	43,49 <sup>e</sup>	34,68 <sup>e</sup>	+285,30	+262,00
	24 ppm B	51,80 <sup>b</sup>	38,84 <sup>b</sup>	+358,81	+305,43
Uygulamalar	Genel Ortalama		Değişim Oranı (%)		
	Yaprak	Kök	Yaprak	Kök	
	Kontrol	10,67 <sup>d</sup>	8,90 <sup>d</sup>	----	----
	8 ppm B	31,03 <sup>c</sup>	23,44 <sup>c</sup>	+190,82	+163,37
	16 ppm B	43,04 <sup>b</sup>	31,31 <sup>b</sup>	+303,37	+251,80
	24 ppm B	54,83 <sup>a</sup>	38,73 <sup>a</sup>	+413,87	+335,17
	<b>ANOVA</b>	<b>Yaprak</b>	<b>Kök</b>		
	Uygulama	*	*		
	Genotip	*	*		
	Genotip x Uygulama	*	*		

\*0,05 seviyesinde öneml



Şekil 4.8.2. Yirmi gün süreli B uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarında ve köklerinde biriken B miktarı. Dikey barlar tekerrürlerin  $\pm$  SS'lerini göstermektedir.

## 5. TARTIŞMA

Bitkilerin büyüme ve gelişmeleri için gerekli bir mikro besin elementi olduğu uzun yıllar önce ortaya konan B'un, yeryüzü topraklarında homojen bir dağılım göstermemesi ve daha çok kıtlığı ile karşılaşılması sebebiyle yapılan çalışmalar çoğunlukla bor eksikliği üzerinde yoğunlaşmıştır. Ancak, dünyanın en zengin B rezervlerine sahip ülkemiz topraklarında lokal olarak B fazlalığı ve buna bağlı olarak yetiştirilen bitkilerde B toksisitesi görülmektedir. B toksisitesinin bitkilerde meydana getirdiği zararların belirlenmesine yönelik çalışmalar gerek ülkemiz gerekse Dünya literatüründe artan ilgiyle sürmektedir (Power and Woods, 1997; Yorgancılar ve Babaoğlu, 2005; Akçam-Oluk vd., 2006).

Bu çalışmada, fide döneminden itibaren 10 ve 20 gün süre ile B uygulamalarına maruz bırakılan 4 taze fasulye genotipinde uygulamalara bağlı olarak; yaprak ve kök yaş-kuru ağırlıkları, YOSK ve TK, yaprak alanı, yaprak rengi, toplam klorofil miktarları, APX, GR ve CAT aktivitesi (yaprak ve kök) ve bitki yaprak ve kök organlarındaki B miktarlarındaki değişimler incelenmiştir. Çeşitlerin yüksek B konsantrasyonuna verdikleri morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal tepkilerin belirlenmesi ve tolerans mekanizmalarının anlaşılmasına katkıda bulunmayı amaçlayan çalışmada, aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Artan konsantrasyonlarda B uygulanan 4 taze fasulye genotipinin yaprak yaş ağırlık değerlerinde meydana gelen değişimler birbiriyle benzerlik göstermiştir. On ve 20 gün süreli uygulamalar sonunda yaprak yaş ağırlık değerleri incelendiğinde genel olarak ortalama yaş ağırlık değerleri, artan B konsantrasyonuna paralel olarak azalmıştır. Her iki döneme ait kök yaş ağırlık değerlerine bakıldığında da genotipler arasında farklılığın olduğu belirlenmiştir. On gün süreli kök yaş ağırlıklarında Şeker Fasulye'nin tüm uygulama gruplarında ve 20 gün süreli kök yaş ağırlık değerlerinde de aynı genotipin 16 ppm'lik grubunda artış meydana geldiği görülmektedir. Bu genotipler ve uygulamalar dışında diğer tüm genotip ve uygulamalarda ortalama kök yaş ağırlık değerleri artan B konsantrasyonuna bağlı olarak azalmıştır.

B stresine 10 ve 20 gün süreyle maruz kalan taze fasulye genotiplerinin, bu süreler sonucunda ölçülen yaprak ve kök kuru ağırlık değerlerinin genel olarak B konsantrasyonu ile azaldığı görülmektedir. Ayrıca, 10 gün süreli B uygulamalarına ait yaprak ve kök kuru ağırlık değerlerinin, 20 günlük B uygulamasına ait değerlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Alpaslan and Gunes (2001) domates ve kabakbitkileri ile yaptıkları çalışmada B toksisitesinin bitki kuru ağırlıklarını azalttığını ortaya koymuşlardır. Lee (2006) acı biber bitkisi ile yaptığı çalışmada benzer sonuçlar elde etmiştir. Soy ve Güneş (2003) B toksisitesine bağlı olarak domates bitkisinin kuru ağırlığında azalmalar görüldüğünü belirtmişlerdir. Güneş ve ark., (2000) B uygulamalarına bağlı olarak mısır çeşitlerinin yaş ve kuru ağırlıklarının önemli ölçüde azaldığını ve bu çeşitlerin B uygulamalarına bağlı olarak yaş ve kuru ağırlıklarında meydana gelen azalmaların nedeninin genotipsel farklılıklar olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, Ortaca (2005) ayçiçeği ile yaptığı bir çalışmada artan B konsantrasyonunun kök yaş ağırlığını azalttığını, yaprak kuru ağırlığı üzerine ise önemli bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir. Hasnain et al. (2011) mung fasulyesinde yaptıkları çalışmalarında 0-20 ppm arasında B uyguladıkları fasulyelerin yaprak-kök yaş ve kuru ağırlıklarının 5 ppm'e kadar arttığını daha sonra artan B konsantrasyonu ile bu değerlerin azaldığını ortaya koymuşlardır. Bu araştırmaların sonuçlarıyla, bu çalışmada elde edilen sonuçlar benzerlik göstermektedir. Bitkilerin yaş ağırlıklarında meydana gelen azalışlar, B toksisitesi sonucunda stoma direncinin artması ve topraktan su alımının azalması sonucunda bitki su içeriğinin azalmasının bir sonucudur. Ancak, kuru ağırlıktaki azalmanın, fotosentetik pigment kaybı ya da fotosentetik membranlardaki hasara bağlı olarak fotosentezin engellenmesi nedeniyle biyokütle üretimindeki azalmanın bir sonucu olabileceği düşünülmektedir (Gunes et al, 2006; Şahin, 2009).

Her bitkinin, B uygulamalarına göstermiş olduğu fizyolojik ve morfolojik tepkiler farklıdır. Bu durum da bitki tür ve çeşitlerine bağlı olarak onların genetiği ile açıklanabilir (Harite, 2008). Bu çalışmada, yaprak alanı açısından, farklı B konsantrasyonlarında yetiştirilen 4 taze fasulye genotipinde, kontrol uygulamalarında genotiplerin yaprak alanı değerleri birbirinden farklı bulunmuştur. Ayrıca, artan B

konsantrasyonu ile her iki dönemde de yaprak alanı değerlerinin genel olarak azaldığı belirlenmiştir. Meydana gelen azalış miktarları genotip ve uygulamalar arasında farklılık göstermiştir. Literatürde B fazlalığı uygulamaları sonucunda mısır bitkisinde (Birnbaum et al., 1974), pekan cevizinde (Picchioni and Miyamoto, 1991), mung fasulyesinde (Hasnain et al., 2011) ve domates bitkisinde (Cervilla et al., 2012) yaprak alanının azaldığı tespit edilmiştir.

On ve 20 gün süreli artan B uygulamaları sonrasında yaprak rengi analizlerinde iki dönem arasında benzer sonuçlar elde edilmiştir. Tüm genotip ve uygulamaların  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri bunlara bağlı olarak da  $C^*$  değerleri artan B konsantrasyonuna paralel olarak artarken,  $h^\circ$  değerleri ise azalmıştır. Renk değerlerinde meydana gelen bu değişimlerde, genotipler arasında büyük bir fark gözlenmemiştir. Ancak, 20 gün uygulaması sonunda elde edilen  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ve  $C^*$  değerleri, 10. güne ait değerlerden yüksek olurken,  $h^\circ$  değerlerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir.

On ve 20 gün süreyle farklı konsantrasyonlarda B uygulanan taze fasulye genotiplerinin genellikle YOSK değerlerinin azaldığı buna bağlı olarak da TK değerlerinin artan B konsantrasyonuna paralel olarak arttığı görülmüştür. On gün süreli uygulamalarda Ferasetisiz genotipinin 24 ppm'lik grubu ve Şeker Fasulye'nin tüm uygulama grupları, 20 gün süreli uygulamalarda ise her iki genotipinde 8 ve 16 ppm'lik gruplarında diğer tüm uygulama ve grupların aksine YOSK değerleri artış göstermiştir. Terleme miktarı ve yaprak su potansiyeli bitkilerde B toksisitesiyle değişen unsurlardandır. Lee (2006) acı biberde yürüttüğü çalışmada artan B konsantrasyonunun, yapraklarda stoma direncini arttırdığını ortaya koymuştur. Benzer sonuçlar mandarin bitkisiyle yapılan bir çalışmada da elde edilmiştir (Papadakis et al., 2004). Asmada yapılan bir çalışmada da yüksek miktarda B alımının (20 ve 30 mg kg<sup>-1</sup> B) yapraklarda stoma direncini arttırdığı ve yaprak su potansiyelinin düştüğü belirtilmiştir (Güneş et al., 2006). Ayrıca, Ardıç (2006) nohutta yaptığı çalışmada B toksisitesinin bitkinin bağıl su içeriğini etkilemediğini ortaya koymuştur.

Toplam klorofil miktarlarındaki değişim oranları değerlendirildiğinde ise her iki dönemde de artan B konsantrasyonuna paralel olarak ortalama klorofil miktarları

azaldığı görülmüştür. Ayrıca kontrol uygulamaları dışında, 10 gün süreli uygulamalara ait toplam klorofil miktarlarının, 20 gün süreli uygulamalar sonunda elde edilen klorofil miktarlarından daha az olduğu belirlenmiştir. Yapılan literatür taramalarından, daha önce yapılan çalışmalar ile benzer sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Keles et al. (2004) portakalda, Sotiropoulos et al. (2006) kirazda, Han et al. (2009) greyfurtta, Chen et al. (2012) turuncgillerde, Sotiropoulos et al. (2002) kivide, Larsson et al. (1998) kanolada, Lovatt and Bates (1984) kabakta, Demiray ve Dereoğlu (2005) havuçta ve Hasnain et al. (2011) mung fasulyesinde yaptıkları çalışmalarla, artan B konsantrasyonlarının toplam klorofil miktarını azalttıklarını ortaya koymuşlardır. Papadakis et al., (2004) B uygulamasının mandarin bitkisinde klorofil miktarını ve kloroplastların büyüklüğünü azaltırken, yapısında bir değişiklik oluşturmadığını bildirmişlerdir. Stres faktörlerine maruz kalınması sonucunda, serbest oksijen radikallerinin üretim ve miktarının artması ile hücre zarı ve işlevleri büyük zarar görmektedir (Demiral, 2003). B stresi altında klorofil miktarındaki azalışın; bu radikaller tarafından klorofil moleküllerinin parçalanması sonucunda olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur (Salin, 1987; Streb and Feirabend, 1996).

On ve 20 gün süre ile farklı konsantrasyonlarda uygulanan B'un taze fasulye genotiplerinin kök ve yapraklarındaki APX aktivitesinin genotipler arasında farklılık gösterdiği belirlenmiştir. On gün süreli B uygulamaları sonunda APX aktivitesi Şeker Fasulye genotipinin yaprak ve kök dokularında azalırken, diğer tüm genotip ve uygulamalarda artan B konsantrasyonu ile APX aktivitesi de artmıştır. Yirmi gün süreli B uygulamalarında ise genotipler arasında farklı sonuçlar ortaya çıkmış ve bu kez Eyri Oturak genotipinin yapraklarında APX aktivitesi azalış gösterirken diğer genotip ve uygulamalarda APX aktivitesinde artış meydana gelmiştir.

Bitkilerde oksidatif strese karşı kullanılan antioksidatif savunma mekanizmasında rol oynayan enzim sistemleri içinde, ROS' lardan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, askorbat-glutasyon döngüsü içinde yok etme yollarından biri APX vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir (Asada, 1999). Wang et al. (2011) armut yapraklarında artan B konsantrasyonunda antioksidatif enzim aktivitelerini inceledikleri çalışmalarında, CAT aktivitesinin azaldığını, buna karşılık GR ve APX aktivitesinin önce arttığı daha sonra



azaldığını belirtmişlerdir. Domates bitkisinde yapılan bir çalışmada da, yüksek B konsantrasyonunda domates yapraklarında oksidatif zarar görüldüğü ve genel olarak antioksidant enzim aktivitesinin arttığı rapor edilmiştir. Hoagland besin çözeltilisindeki B miktarının 100 ve 400 katı B'da yetiştirdikleri domates bitkilerinde hem askorbat, hem de dehidroaskorbat miktarı artmıştır. Bitkilerin B stresine karşı verdikleri cevapta, askorbatın önemli bir rol oynadığı vurgulanmıştır (Cervilla et al., 2007). Mondy and Munshi (1993), patates bitkisinde yaptıkları çalışmada B'lu ortamda yetiştirdikleri patates yapraklarındaki APX miktarının, B'suz ortamda yetiştirilen APX miktarından daha fazla olduğu rapor etmişlerdir. Ersöz (2009)'ün asma anaçlarında, Lee (2006)'nin acı biberde ve Keles et al. (2004)'un porakal bitkisinde yaptıkları çalışmalarda da benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

Oksidatif strese uğrayan bitkilerde oluşan reaktif oksijen H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Halliwel-Asada döngüsünde elimine edilmektedir (Mittler, 2002). Bu döngüde glutasyon ve askorbat, APX ve GR enzimleri ile oksitlenip, yeniden indirgenmekte olup, antioksidatif yanıt için askorbat ve glutasyonun yenilenme süreci çok önemlidir. Bu süreçte MDHAR, DHAR, APX ve GR enzimleri rol oynamaktadır (Blokhina et al., 2003; Ishikawa et al., 2006).

Bu çalışmada, yaprak dokularında GR aktivitesinde meydana gelen değişimler incelendiğinde, 10 gün süreli B uygulamasında genel olarak artan B konsantrasyonu ile GR aktivitesi artarken, Eyri Oturak genotipinin yaprak dokularında GR aktivitesi azalmıştır. Yirmi gün süreli GR aktivitesi değerlerinde; Eyri Oturak ve Şeker Fasulye'de 8 ppm B uygulamalarının yaprak dokularında ve Eyri Oturak'ın 16 ve 24 ppm B uygulamalarında kök dokularında GR aktivitesinin azaldığı, diğer tüm uygulama ve genotiplerde artan B konsantrasyonu ile ortalama GR aktivitelerinin arttığı belirlenmiştir. Her iki dönemde de genel olarak yaprak GR aktivitesi, kök GR aktivitesinden fazla olmuştur. Bu sonuçlar literatür ile uyumlu bulunmuştur. Bir çalışmada, B stresi koşullarında iki farklı arpa çeşidinde (*Hordeum vulgare* L.) yapılan GR aktivitesi tayinleri sonuçlarına göre, B'a dayanıklı olan çeşitte kök ve yaprak dokularında GR aktivitesi yönünden bir farklılık ortaya çıkmazken, B'a duyarlı arpa çeşitinin yaprak dokularında bir artış, kök dokularında ise anlamlı bir GR aktivitesi

azalışı bulunmuştur (Karabal et al., 2003). Ayrıca, B stresine maruz kalan *Citrus grandis* L. bitkilerinde ise GR aktivitesinde artış olduğu belirlenmiştir (Han et al., 2009).

On ve 20 gün süreli B uygulamaları sonrasında, CAT aktivitesinin genotip ve uygulamalarda gösterdiği değişimleri incelediğimizde, her iki dönemde de benzer sonuçlar göze çarpmaktadır. Yaprak CAT aktiviteleri artan B konsantrasyonu ile azalmış, kök örneklerinde ise Eyri Oturak ve Ferasetsiz genotiplerinin 8 ppm'lik uygulama gruplarında kontrol uygulamasına göre bir artış, diğer tüm gruplarda azalma meydana gelmiştir. Genel olarak 10 gün süreli B uygulaması sonunda CAT aktivitesi 20 gün süreli B uygulaması sonunda belirlenen CAT aktivitesinden daha yüksek olmuştur. B stresinde CAT aktivitesiyle ilgili önceki çalışmalar incelendiğinde, benzer ve farklı sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Molassiotis et al., (2006), elma kök sürgünlerindeki CAT aktivitesinin, aşırı B uygulamalarıyla azaldığını rapor etmiştir. Aynı bitki üzerinde yapılan bir başka çalışmada ise CAT aktivitesinin arttığı görülmüştür (Sotiropoulos et al., 2006). Ayvaz (2009), aşırı B uygulamasında patates bitkisinde, CAT aktivitesinin tüm çeşitlerde azaldığını belirtmiştir.

Azomethin-H yöntemiyle belirlenen taze fasulye genotiplerinin yaprak ve kök dokularının B konsantrasyonları artan B konsantrasyonuna paralel olarak her iki dönemde de artmıştır. Ayrıca, 20 gün süreli B uygulaması sonucunda taze fasulye genotiplerinin yaprak ve köklerinde biriken B miktarı beklendiği üzere, 10 gün süreli B uygulamaları sonunda biriken miktardan daha yüksek olmuştur. Genel olarak bakıldığında, yapraklarda biriken B miktarları, köklerden daha fazladır. B, bitkide en fazla yapraklarda, en az köklerde birikmektedir (Goldberg, 1993; Marschner, 1995). Bitkilerin B toksisitesine toleransları ile bünyelerinde biriktirdikleri B miktarı arasında da yakın bir ilişki vardır. Kök ve sürgünlerinde daha az B biriktirebilen bitkiler, B toksisitesine daha dayanıklıdırlar (Reid, 2007). Fasulye bitkisinde, artan düzeylerde uygulanan B konsantrasyonlarının bitki bünyesindeki B konsantrasyonu üzerine etkilerinin incelendiği çalışmalarda, artan B konsantrasyonuna bağlı olarak bitki B konsantrasyonunun ritmik bir şekilde artış gösterdiği tespit edilmiştir (Hamurcu, 2007; Harmankaya et al., 2008). Heard (2007) kuru fasulye bitkisinde, bitki organları

arasında besin elementlerinin dağılımlarını inceledikleri çalışmalarında B'un en fazla yapraklarda, köklerde, baklada ve en az da tanede biriktiğini ortaya koymuşlardır. Bunun dışında bitkide biriken B miktarının bitkinin gelişme dönemiyle yakından ilişkili olduğu en fazla bitki B içeriğinin çiçeklenme öncesi dönemde olduğu, çiçeklenme döneminden itibaren azaldığı, hasat döneminde ise hem bitki içeriğinin, hem de B alımının azaldığı ortaya konmuştur (Mariano et al., 2000; Hamurcu, 2007). Ayrıca B'un uygulama şeklinin de bitki bünyesi B içeriğini etkilediği belirtilmiştir. Harmankaya et al., (2008) yapraktan ve topraktan aynı dozda B uyguladıkları bodur kuru fasulye bitkisinde B içeriğinin, yapraktan uygulamalarda kontrole göre % 37 oranında, topraktan uygulamalarda ise kontrole göre % 12 oranında artış meydana getirdiğini tespit etmişlerdir.

Sonuç olarak, bu çalışmada elde edilen bulgular doğrultusunda, 10 ve 20 gün sürelerle farklı B konsantrasyonlarında yetiştirdiğimiz taze fasulye fidelerinde, uygulanan B konsantrasyonu artışına bağlı olarak, büyüme ve gelişmenin olumsuz yönde etkilendiği görülmüştür. Elde edilen tüm sonuçlar değerlendirildiğinde bazı taze fasulye genotiplerinin B toksisitesine toleranslarının belirlenmesinde yaprak alanı, yaprak ve kök yaş-kuru ağırlıkları, toplam klorofil miktarı, APX, GR ve CAT enzim aktivitelerinin yanı sıra dokularda biriken B miktarlarının etkili olduğu belirlenmiştir. Yapılan analiz ve değerlendirmeler sonucunda; yaprak ve kök yaş-kuru ağırlıklarında meydana gelen değişimler, APX ve GR aktivitelerindeki artışlar neticesinde, Şeker Fasulye genotipinin, yaprak ve köklerinde en az düzeyde B biriktirmemesine rağmen ele aldığımız genotipler arasında B toksisitesine göreceli olarak tolerant olduğu tespit edilmiştir. Bazı genotipler B toksisitesine karşı B alımını sınırlandırarak dayanıklılık geliştirirken, bazı genotipler ise bitki bünyesinde alınmış B'u dokularında bir takım yollarla inaktif hale getirerek dayanıklılık kazanmaktadırlar (Hamurcu, 2007). Rozema et al., (1992) aşırı B'a karşı bazı genotiplerde B'u inaktif edebilen sorbitol gibi bileşiklerin bulunabileceğini belirlemiştir. B'a toleransla ilgili olarak bir başka olasılık da biriktirilen B'un değişik yerlerde depo edilmesidir. Mevcut B'un sitoplazmada birikmesi sonucunda daha çok hasar meydana gelirken, B birikiminin apoplastta ya da vakuollerde olması B toksisitesi tahribatını azalmaktadır (Marschner, 1995). Kullanılan genotipler arasında da bu tip farklılıkların olabileceği düşünülmektedir. Şeker

Fasulye'nin dokularında biriken B miktarına karşılık verdiği cevapların diğer genotiplere kıyasla daha olumlu olmasının sebebi; sitoplâzmasında değilde vokuollerinde veya apoplastta biriktirerek B toksisitesinin hücrel zararlarını azaltmış olabileceğidir. Buna paralel olarak, Yerel Genotip'in yaprak ve köklerinin yaş-kuru ağırlıklarındaki azalma, yaprak alanı ve klorofil miktarındaki azalma, antioksidant enzim aktivitelerinin diğer genotiplere kıyasla değişimleri ışığında kullanılan genotipler arasında B tolerasının daha az olduğu belirlenmiştir.

Dünya B rezervlerini % 72'sine sahip ülkemiz topraklarında, tarımsal üretimi yapılan çeşitlerin B toksisitesine gösterdikleri tepkilerin ortaya konması, verim ve kalite özellikleri üzerine B minarelinin etkilerinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Doğal olarak toprak yapısıyla, ya da aşırı gübreleme ve yüksek B içerikli sulama sularının kullanılması gibi nedenlerle tarım yapılan alanlarda karşılaşılan B toksisitesi durumlarında, yetiştiricilikte toleranslı çeşitlerin kullanımı ile verim kayıpları azalacaktır. Ayrıca B toksisitesinden dolayı tarım dışı kalmış arazilerde B'a karşı toleransları fazla olan çeşitlerinin yetiştirilmesi ile bu araziler tarıma kazandırılabilir. Bu açıdan toleranslı çeşitlerin tespiti ve geliştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışma detaylandırılarak elde edilen sonuçların desteklenmesi yerinde olacaktır.

## EK AÇIKLAMALAR- A

Çizelge A.1. On Gün Süreli B Uygulaması Yaprak Yaş Ağırlığı İnteraksiyon Tablosu

Bağımlı Değişken: gr

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	1,878 <sup>a</sup>	15	,125	7,556	,000
Kesişme	25,232	1	25,232	1523,120	,000
Uygulama	,486	3	,162	9,787	,000
Genotip	1,057	3	,352	21,271	,000
Uygulama * Genotip	,345	9	,038	2,314	,032
Hata	,712	43	,017		
Toplam	28,269	59			
Düzeltilmiş Toplam	2,590	58			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

Çizelge A.2. Yirmi Gün Süreli B Uygulaması Yaprak Yaş Ağırlığı İnteraksiyon Tablosu

Bağımlı Değişken: gr

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	8,608 <sup>a</sup>	15	,574	40,657	,000
Kesişme	34,482	1	34,482	2442,985	,000
Uygulama	,478	3	,159	11,282	,000
Genotip	4,985	3	1,662	117,716	,000
Uygulama * Genotip	2,935	9	,326	23,103	,000
Hata	,452	32	,014		
Toplam	43,184	48			
Düzeltilmiş Toplam	9,060	47			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Çizelge A.3. On Gün Süreli B Uygulaması Kök Yaş Ağırlığı İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: gr

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	3,042 <sup>a</sup>	15	,203	18,851	,000
Kesişme	63,217	1	63,217	5877,101	,000
Uygulama	,956	3	,319	29,624	,000
Genotip	1,010	3	,337	31,306	,000
Uygulama * Genotip	1,051	9	,117	10,861	,000
Hata	,312	29	,011		
Toplam	69,430	45			
Düzeltilmiş Toplam	3,354	44			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Çizelge A.4. Yirmi Gün Süreli B Uygulaması Kök Yaş Ağırlığı İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: gr

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	23,540 <sup>a</sup>	15	1,569	3,370	,000
Kesişme	161,760	1	161,760	347,364	,000
Uygulama	6,757	3	2,252	4,837	,004
Genotip	12,345	3	4,115	8,836	,000
Uygulama * Genotip	4,312	9	,479	1,029	,425
Hata	34,460	74	,466		
Toplam	217,266	90			
Düzeltilmiş Toplam	58,000	89			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Çizelge A.5. On Gün Süreli B Uygulaması Yaprak Kuru Ağırlığı İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: gr

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	,024 <sup>a</sup>	15	,002	7,017	,000
Kesişme	,346	1	,346	1521,173	,000
Uygulama	,010	3	,003	13,976	,000
Genotip	,009	3	,003	13,850	,000
Uygulama * Genotip	,003	9	,000	1,691	,126
Hata	,008	37	,000		
Toplam	,401	53			
Düzeltilmiş Toplam	,032	52			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Çizelge A.6. Yirmi Gün Süreli B Uygulaması Yaprak Kuru Ağırlığı İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: gr

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	,174 <sup>a</sup>	15	,012	15,308	,000
Kesişme	1,558	1	1,558	2053,106	,000
Uygulama	,103	3	,034	45,159	,000
Genotip	,040	3	,013	17,489	,000
Uygulama * Genotip	,031	9	,003	4,486	,000
Hata	,030	39	,001		
Toplam	1,775	55			
Düzeltilmiş Toplam	,204	54			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Çizelge A.7. On Gün Süreli B Uygulaması Kök Kuru Ağırlığı İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: gr

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	,015 <sup>a</sup>	15	,001	7,687	,000
Kesişme	,259	1	,259	2059,936	,000
Uygulama	,005	3	,002	13,364	,000
Genotip	,005	3	,002	13,555	,000
Uygulama * Genotip	,004	9	,000	3,462	,003
Hata	,005	40	,000		
Toplam	,285	56			
Düzeltilmiş Toplam	,020	55			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Çizelge A.8. Yirmi Gün Süreli B Uygulaması Kök Kuru Ağırlığı İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: gr

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	,071 <sup>a</sup>	15	,005	18,319	,000
Kesişme	,500	1	,500	1946,900	,000
Uygulama	,026	3	,009	33,600	,000
Genotip	,032	3	,011	41,137	,000
Uygulama * Genotip	,013	9	,001	5,681	,000
Hata	,010	39	,000		
Toplam	,577	55			
Düzeltilmiş Toplam	,081	54			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)



**Çizelge A.9. On Gün Süreli B Uygulaması Yaprak Alanı İnteraksiyon Tablosu**Bağımlı Değişken: cm<sup>2</sup>

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	5027,443 <sup>a</sup>	15	335,163	40,740	,000
Kesişme	28269,613	1	28269,613	3436,224	,000
Uygulama	1365,727	3	455,242	55,336	,000
Genotip	2559,834	3	853,278	103,718	,000
Uygulama * Genotip	752,056	9	83,562	10,157	,000
Hata	148,085	18	8,227		
Toplam	32294,965	34			
Düzeltilmiş Toplam	5175,528	33			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Çizelge A.10. Yirmi Gün Süreli B Uygulaması Yaşlı Yaprak Alanı İnteraksiyon Tablosu**Bağımlı Değişken: cm<sup>2</sup>

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	4230,233 <sup>a</sup>	15	282,016	52,056	,000
Kesişme	28384,193	1	28384,193	5239,281	,000
Uygulama	281,803	3	93,934	17,339	,000
Genotip	2481,361	3	827,120	152,674	,000
Uygulama * Genotip	1140,795	9	126,755	23,397	,000
Hata	124,604	23	5,418		
Toplam	32426,798	39			
Düzeltilmiş Toplam	4354,838	38			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Çizelge A.11. Yirmi Gün Süreli B Uygulaması Genç Yaprak Alanı İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: cm<sup>2</sup>

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	4059,537 <sup>a</sup>	15	270,636	2,092	,021
Kesişme	24243,790	1	24243,790	187,363	,000
Uygulama	61,044	3	20,348	,157	,925
Genotip	3231,880	3	1077,293	8,326	,000
Uygulama * Genotip	621,748	9	69,083	,534	,845
Hata	8410,665	65	129,395		
Toplam	35374,670	81			
Düzeltilmiş Toplam	12470,202	80			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Çizelge A.12. On Gün Süreli B Uygulaması Yaprak Oransal Su Kapsamı İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: %

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	670,592 <sup>a</sup>	15	44,706	3,759	,001
Kesişme	292142,067	1	292142,067	24565,879	,000
Uygulama	306,414	3	102,138	8,589	,000
Genotip	69,883	3	23,294	1,959	,141
Uygulama * Genotip	301,876	9	33,542	2,820	,016
Hata	356,766	30	11,892		
Toplam	302320,036	46			
Düzeltilmiş Toplam	1027,357	45			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Çizelge A.13. On Gün Süreli B Uygulaması Turgor Kaybı İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: %

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	1203,979 <sup>a</sup>	15	80,265	3,686	,001
Kesişme	19292,959	1	19292,959	885,919	,000
Uygulama	508,863	3	169,621	7,789	,001
Genotip	124,767	3	41,589	1,910	,149
Uygulama * Genotip	584,769	9	64,974	2,984	,012
Hata	653,320	30	21,777		
Toplam	21986,105	46			
Düzeltilmiş Toplam	1857,299	45			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Çizelge A.14. Yirmi Gün Süreli B Uygulaması Yaprak Oransal Su Kapsamı İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: %

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	19187,372 <sup>a</sup>	15	1279,158	66,692	,000
Kesişme	163597,959	1	163597,959	8529,600	,000
Uygulama	1315,628	3	438,543	22,865	,000
Genotip	14721,698	3	4907,233	255,851	,000
Uygulama * Genotip	2525,229	9	280,581	14,629	,000
Hata	498,681	26	19,180		
Toplam	186038,992	42			
Düzeltilmiş Toplam	19686,053	41			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Çizelge A.15. Yirmi Gün Süreli B Uygulaması Turgor Kaybı İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: %

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama		
			Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	13929,494 <sup>a</sup>	15	928,633	60,114	,000
Kesişme	41766,032	1	41766,032	2703,688	,000
Uygulama	969,854	3	323,285	20,928	,000
Genotip	10667,931	3	3555,977	230,193	,000
Uygulama * Genotip	1859,983	9	206,665	13,378	,000
Hata	401,643	26	15,448		
Toplam	59353,220	42			
Düzeltilmiş Toplam	14331,136	41			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Çizelge A.16. On Gün Süreli B Uygulaması Toplam Klorofil İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: mg/g TA

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestli k Derecesi	Ortalama		
			Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	2743,093 <sup>a</sup>	15	182,873	45,616	,000
Kesişme	62961,488	1	62961,488	15705,043	,000
Uygulama	300,848	3	100,283	25,014	,000
Genotip	2007,680	3	669,227	166,931	,000
Uygulama * Genotip	289,928	9	32,214	8,035	,000
Hata	140,315	35	4,009		
Toplam	67697,604	51			
Düzeltilmiş Toplam	2883,408	50			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Çizelge A.17. Yirmi Gün Süreli B Uygulaması Toplam Klorofil İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: mg/g TA

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	8443,309 <sup>a</sup>	15	562,887	209,545	,000
Kesişme	24455,332	1	24455,332	9103,958	,000
Uygulama	211,552	3	70,517	26,251	,000
Genotip	7068,285	3	2356,095	877,101	,000
Uygulama * Genotip	412,756	9	45,862	17,073	,000
Hata	75,214	28	2,686		
Toplam	34984,319	44			
Düzeltilmiş Toplam	8518,524	43			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Çizelge A.18. On Gün Süreli B Uygulaması Yaprak APX Aktivitesi İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: nmol/mg protein

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	,215 <sup>a</sup>	15	,014	45,911	,000
Kesişme	1,319	1	1,319	4233,033	,000
Uygulama	,039	3	,013	41,856	,000
Genotip	,097	3	,032	103,782	,000
Uygulama * Genotip	,078	9	,009	27,741	,000
Hata	,008	26	,000		
Toplam	1,612	42			
Düzeltilmiş Toplam	,223	41			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Çizelge A.19. On Gün Süreli B Uygulaması Kök APX Aktivitesi İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: nmol/mg protein

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	,053 <sup>a</sup>	15	,004	10,141	,000
Kesişme	1,143	1	1,143	3291,954	,000
Uygulama	,022	3	,007	20,793	,000
Genotip	,017	3	,006	16,382	,000
Uygulama * Genotip	,016	9	,002	5,154	,001
Hata	,008	22	,000		
Toplam	1,230	38			
Düzeltilmiş Toplam	,060	37			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Çizelge A.20. Yirmi Gün Süreli B Uygulaması Yaprak APX Aktivitesi İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: nmol/mg protein

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	,026 <sup>a</sup>	15	,002	12,612	,000
Kesişme	,307	1	,307	2229,473	,000
Uygulama	,006	3	,002	15,195	,000
Genotip	,006	3	,002	14,111	,000
Uygulama * Genotip	,011	9	,001	9,125	,000
Hata	,004	26	,000		
Toplam	,349	42			
Düzeltilmiş Toplam	,030	41			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Çizelge A.21. Yirmi Gün Süreli B Uygulaması Kök APX Aktivitesi İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: nmol/mg protein

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	,059 <sup>a</sup>	15	,004	15,906	,000
Kesişme	,436	1	,436	1750,272	,000
Uygulama	,011	3	,004	14,178	,000
Genotip	,037	3	,012	49,086	,000
Uygulama * Genotip	,008	9	,001	3,374	,011
Hata	,005	20	,000		
Toplam	,511	36			
Düzeltilmiş Toplam	,064	35			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Çizelge A.22. On Gün Süreli B Uygulaması Yaprak GR Aktivitesi İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: nmol/mg protein

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	1281,450 <sup>a</sup>	15	85,430	39,867	,000
Kesişme	38744,255	1	38744,255	18080,628	,000
Uygulama	611,669	3	203,890	95,148	,000
Genotip	403,351	3	134,450	62,743	,000
Uygulama * Genotip	393,952	9	43,772	20,427	,000
Hata	42,857	20	2,143		
Toplam	40757,000	36			
Düzeltilmiş Toplam	1324,308	35			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Çizelge A.23. On Gün Süreli B Uygulaması Kök GR Aktivitesi İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: nmol/mg protein

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	1678,535 <sup>a</sup>	15	111,902	41,089	,000
Kesişme	16494,893	1	16494,893	6056,670	,000
Uygulama	776,903	3	258,968	95,089	,000
Genotip	808,570	3	269,523	98,965	,000
Uygulama * Genotip	139,383	9	15,487	5,687	,001
Hata	49,022	18	2,723		
Toplam	18909,471	34			
Düzeltilmiş Toplam	1727,557	33			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Çizelge A.24. Yirmi Gün Süreli B Uygulaması Yaprak GR Aktivitesi İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: nmol/mg protein

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	634,606 <sup>a</sup>	15	42,307	39,593	,000
Kesişme	29892,229	1	29892,229	27974,507	,000
Uygulama	358,511	3	119,504	111,837	,000
Genotip	185,584	3	61,861	57,892	,000
Uygulama * Genotip	129,691	9	14,410	13,486	,000
Hata	21,371	20	1,069		
Toplam	31464,418	36			
Düzeltilmiş Toplam	655,977	35			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)



**Çizelge A.25. Yirmi Gün Süreli B Uygulaması Kök GR Aktivitesi İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: nmol/mg protein

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	1805,939 <sup>a</sup>	15	120,396	109,647	,000
	22134,676	1	22134,676	20158,47	,000
Kesişme				4	
Uygulama	888,083	3	296,028	269,598	,000
Genotip	524,822	3	174,941	159,322	,000
Uygulama * Genotip	363,583	9	40,398	36,791	,000
Hata	20,863	19	1,098		
Toplam	23926,878	35			
Düzeltilmiş Toplam	1826,801	34			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Çizelge A.26. On Gün Süreli B Uygulaması Yaprak CAT Aktivitesi İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: nmol/mg protein

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	1119,723 <sup>a</sup>	15	74,648	106,596	,000
Kesişme	1930,708	1	1930,708	2756,996	,000
Uygulama	601,061	3	200,354	286,099	,000
Genotip	434,480	3	144,827	206,808	,000
Uygulama * Genotip	214,759	9	23,862	34,074	,000
Hata	17,507	25	,700		
Toplam	2833,143	41			
Düzeltilmiş Toplam	1137,230	40			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Çizelge A.27. On Gün Süreli B Uygulaması Kök CAT Aktivitesi İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: nmol/mg protein

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	245,649 <sup>a</sup>	15	16,377	46,541	,000
Kesişme	1424,747	1	1424,747	4048,982	,000
Uygulama	40,276	3	13,425	38,153	,000
Genotip	126,239	3	42,080	119,586	,000
Uygulama * Genotip	83,633	9	9,293	26,409	,000
Hata	9,501	27	,352		
Toplam	1681,326	43			
Düzeltilmiş Toplam	255,150	42			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Çizelge A.28. Yirmi Gün Süreli B Uygulaması Yaprak CAT Aktivitesi İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: nmol/mg protein

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	436,310 <sup>a</sup>	15	29,087	187,181	,000
Kesişme	549,440	1	549,440	3535,732	,000
Uygulama	244,208	3	81,403	523,838	,000
Genotip	114,681	3	38,227	245,996	,000
Uygulama * Genotip	72,829	9	8,092	52,074	,000
Hata	4,507	29	,155		
Toplam	1027,333	45			
Düzeltilmiş Toplam	440,816	44			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Çizelge A.29. Yirmi Gün Süreli B Uygulaması Kök CAT Aktivitesi İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: nmol/mg protein

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	95,616 <sup>a</sup>	15	6,374	25,551	,000
Kesişme	479,408	1	479,408	1921,676	,000
Uygulama	16,804	3	5,601	22,452	,000
Genotip	46,217	3	15,406	61,752	,000
Uygulama * Genotip	33,538	9	3,726	14,937	,000
Hata	6,736	27	,249		
Toplam	565,042	43			
Düzeltilmiş Toplam	102,352	42			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Çizelge A.30. On Gün Süreli B Uygulaması Yaprak B Miktarı İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: ppm

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	9419,162 <sup>a</sup>	15	627,944	584,017	,000
Kesişme	30108,097	1	30108,09	28001,943	,000
Uygulama	122,306	3	40,769	37,917	,000
Genotip	9170,643	3	3056,881	2843,043	,000
Uygulama * Genotip	126,212	9	14,024	13,043	,000
Hata	34,407	32	1,075		
Toplam	39561,666	48			
Düzeltilmiş Toplam	9453,569	47			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Çizelge A.31. On Gün Süreli B Uygulaması Kök B Miktarı İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: ppm

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	5673,741 <sup>a</sup>	15	378,249	990,396	,000
Kesişme	14569,997	1	14569,99	38149,621	,000
Uygulama	66,267	3	22,089	57,837	,000
Genotip	5309,146	3	1769,715	4633,767	,000
Uygulama * Genotip	85,221	9	9,469	24,793	,000
Hata	11,458	30	,382		
Toplam	19966,209	46			
Düzeltilmiş Toplam	5685,199	45			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Çizelge A.32. Yirmi Gün Süreli B Uygulaması Yaprak B Miktarı İnteraksiyon Tablosu**

Bağımlı Değişken: ppm

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	11811,454 <sup>a</sup>	15	787,430	1379,450	,000
Kesişme	46726,365	1	46726,35	81857,003	,000
Uygulama	246,796	3	82,265	144,115	,000
Genotip	11047,640	3	3682,547	6451,224	,000
Uygulama * Genotip	185,888	9	20,654	36,183	,000
Hata	13,700	24	,571		
Toplam	63054,245	40			
Düzeltilmiş Toplam	11825,154	39			

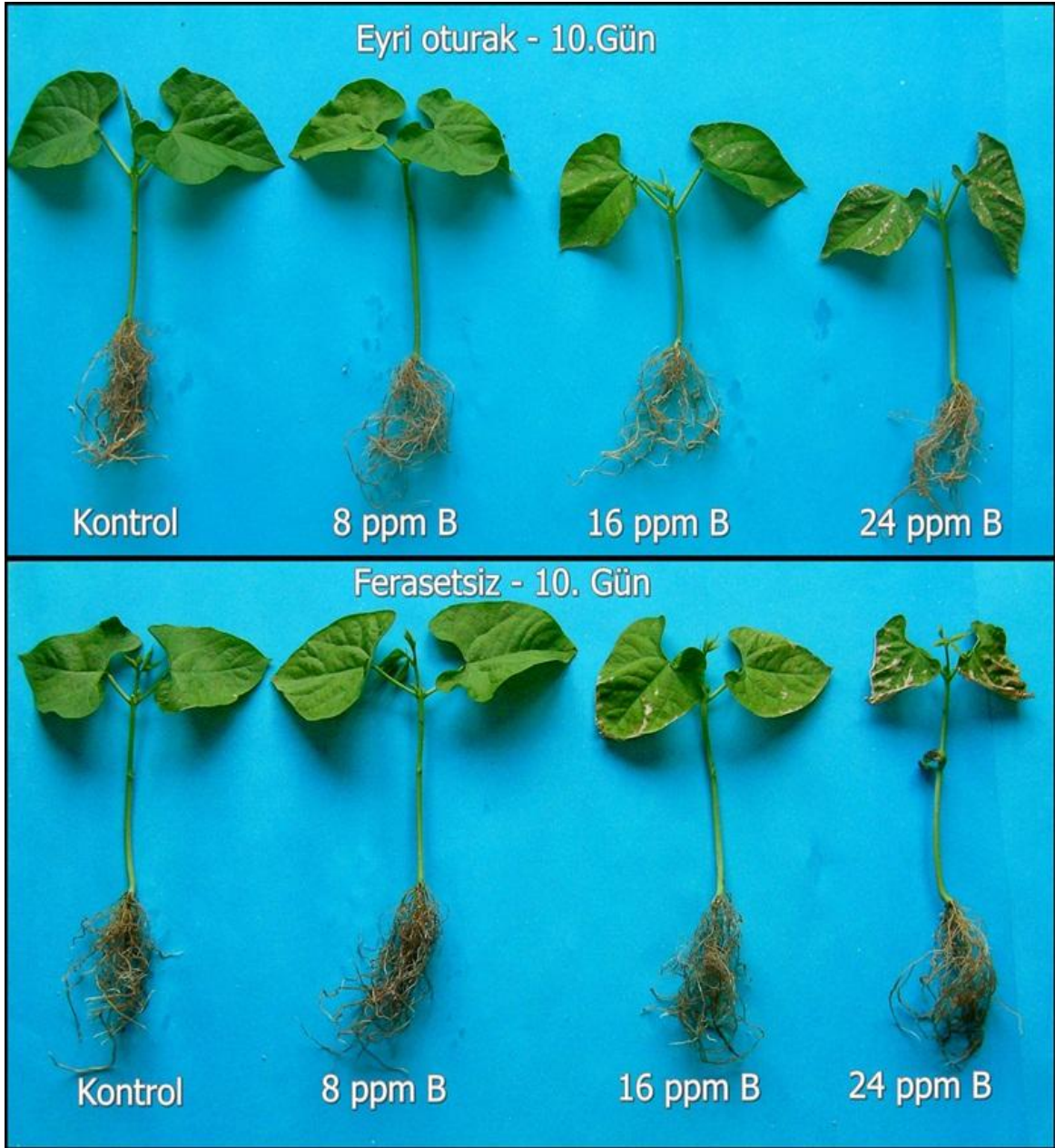
Ö.D: Önem Derecesi (%5)

**Çizelge A.33. Yirmi Gün Süreli B Uygulaması Kök B Miktarı İnteraksiyon Tablosu**

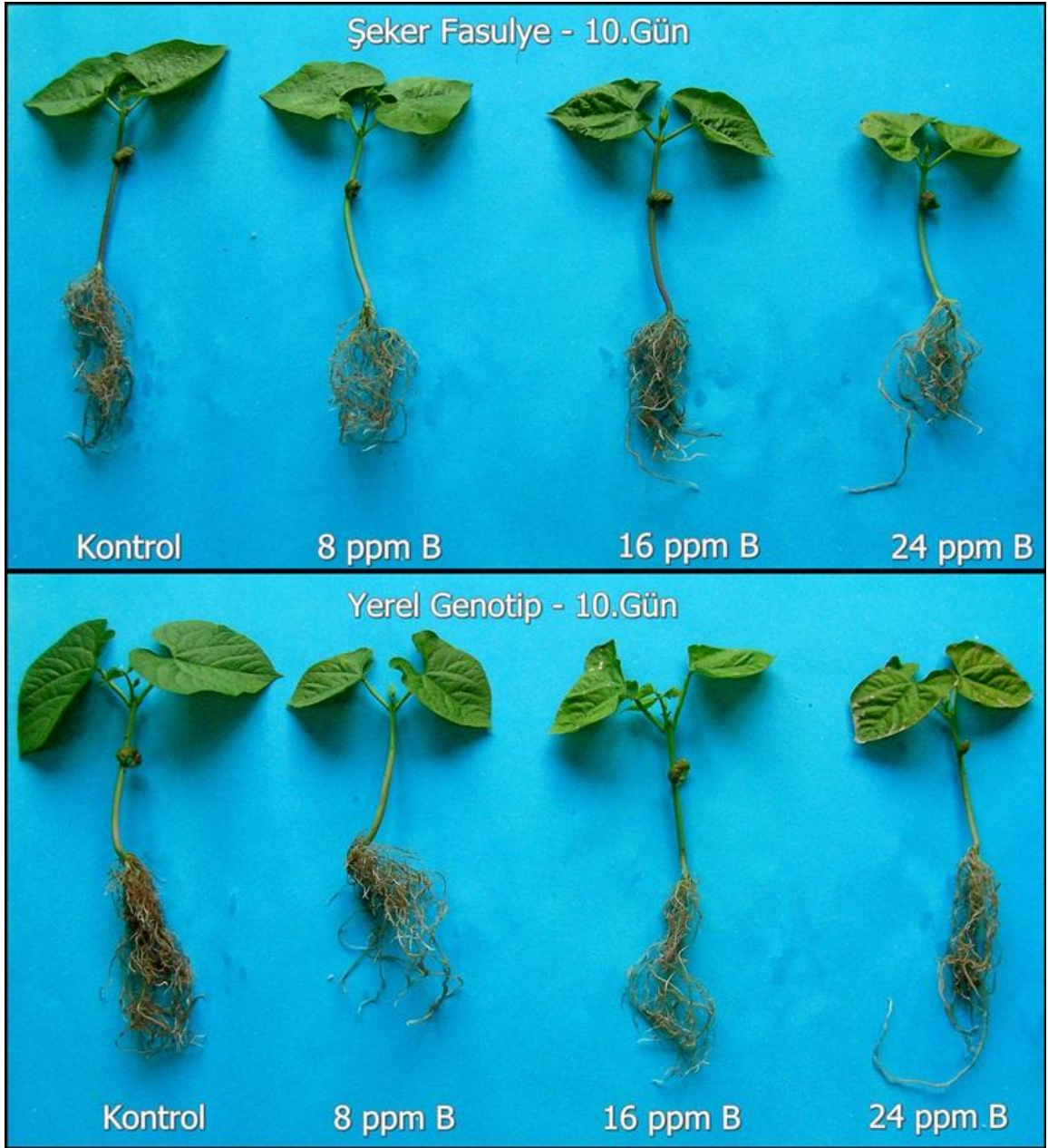
Bağımlı Değişken: ppm

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	5037,466 <sup>a</sup>	15	335,831	835,818	,000
	27039,392	1	27039,39	67295,753	,000
Kesişme			2		
Uygulama	41,984	3	13,995	34,830	,000
Genotip	4722,293	3	1574,098	3917,621	,000
Uygulama * Genotip	61,388	9	6,821	16,976	,000
Hata	10,849	27	,402		
Toplam	33296,932	43			
Düzeltilmiş Toplam	5048,315	42			

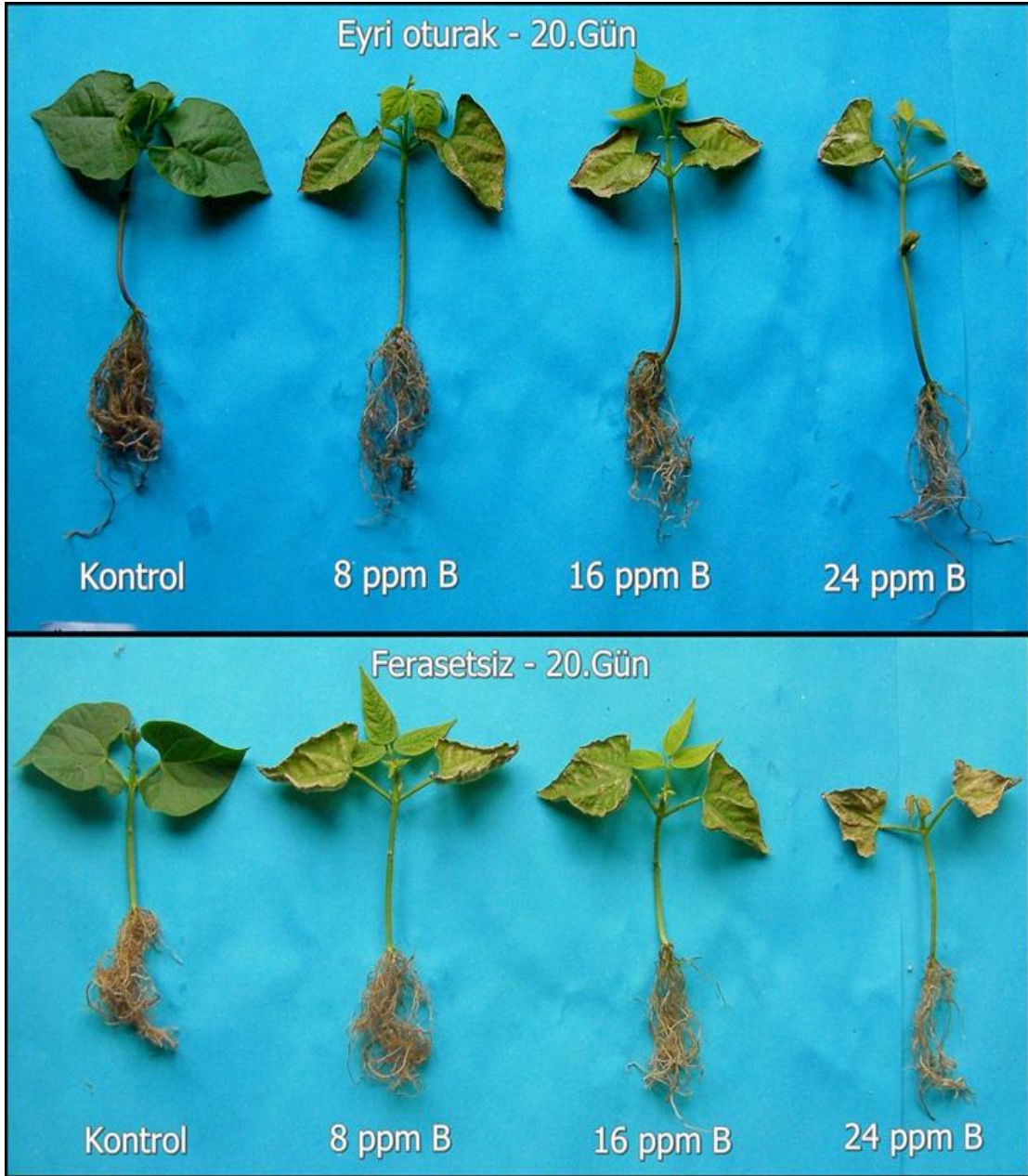
Ö.D: Önem Derecesi (%5)



**Şekil A.1. On gün süreli B uygulaması sonrasında Eyri Oturak ve Ferasetsiz genotiplerinin görünüşleri**

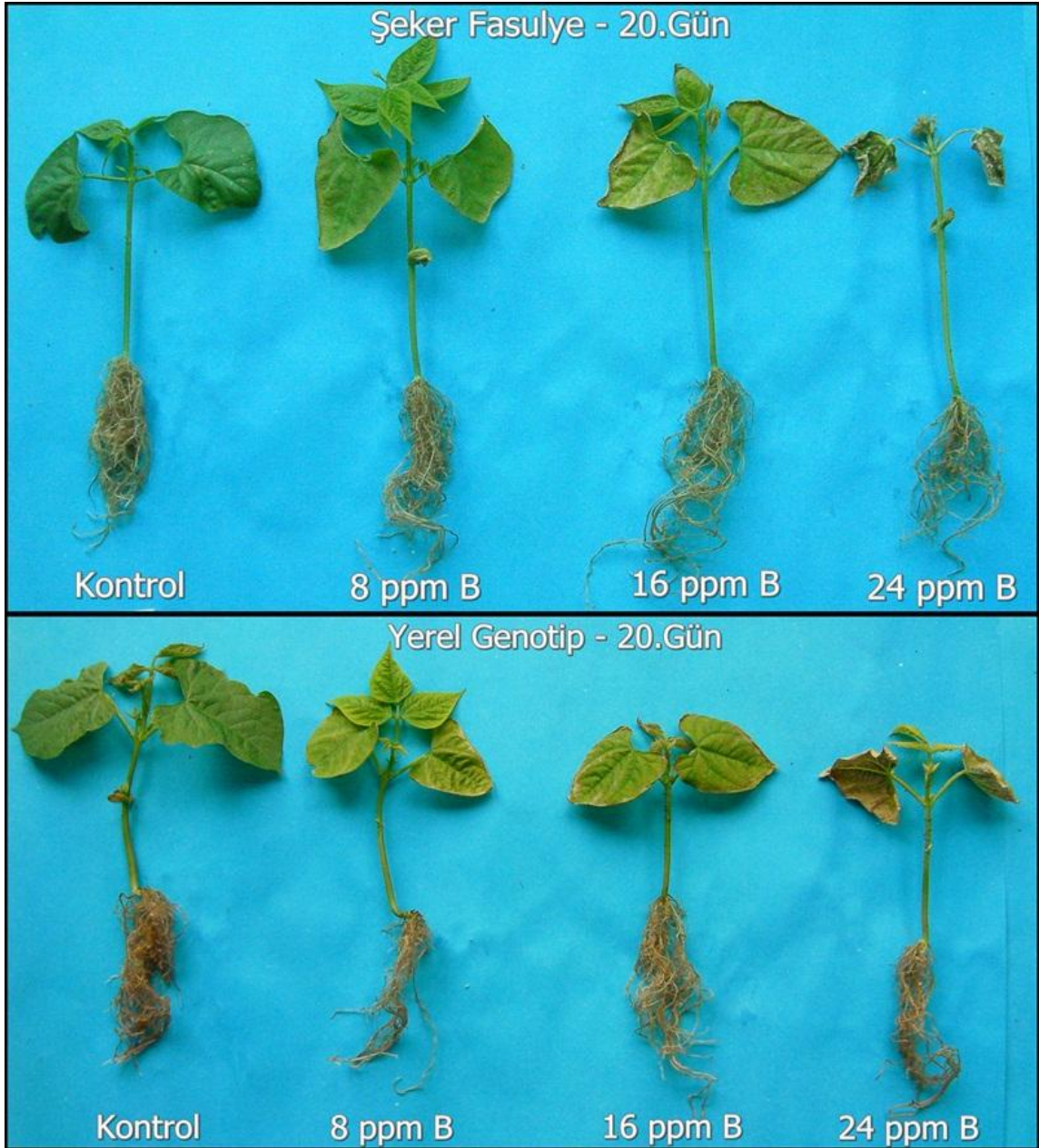


**Şekil A.2. On gün süreli B uygulaması sonrasında Şeker Fasulye ve Yerel Genotip genotiplerinin görünüşleri**



**Şekil A.3. Yirmi gün süreli B uygulaması sonrasında Eyri Oturak ve Ferasetsiz genotiplerinin görünüşleri**





Şekil A.2. Yirmi gün süreli B uygulaması sonrasında Şeker Fasulye ve Yerel Genotip genotiplerinin görünüşleri

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Akçam-Oluk E. ve Demiray, H., 2006, Bor elementinin Sambro No:5 ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.cv.) bitkisinin in vitro koşullarda kök gelişimi ve anatomisi üzerine etkileri, Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2006, 43(2):145-152.
- Alpaslan, M., and A. Gunes., 2001, Interactive effects of boron and salinity stress on the growth, membrane permeability and mineral composition of tomato and cucumber plants, Plant and Soil, 236, 123-128.
- Alves, M., Francisco, R., Martins, I., Ricardo, CPP., 2006, Analysis of *Lupinus albus* leaf apoplastic proteins in response to boron deficiency, Plant Soil, 279: 1-11.
- Ardıç, M., 2006, Bor Toksisitesinin Nohut (*Cicer arietinum* L.) Bitkisinde biyokimyasal özellikler üzerindeki etkileri, Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Kütahya.
- Asada, K., 1999, The water-water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygen and dissipation of excess photons, Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 50: 601-639.
- Ayvaz, M., 2009, Aşırı bor uygulamasının patatest (Solanum tuberosum L.) enzimatik aktivite üzerine etkileri, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, İzmir, 86s.
- Barr, H. D. and Weatherley, P.E., 1962, A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves. Aust. J. Biol. Sci.,15: 413-428.
- Bektaş, T. E., Öztürk, N., 2005, Bor ve bor bileşiklerinin çevresel etkileri ve sulardan giderim yöntemleri, I. Ulusal Bor Çalıştayı, Ankara, 375-382.
- Bellaloui, N., Brown, P.H. and Dandekar, A.M., 1999, Manipulation of in Vivo Sorbitol Production Alters Boron Uptake and Transport in Tobacco. Plant Physiology, 119; 735-741.
- Bergmann, W., 1992, Nutritional disorders of plants, Gustav Fisher Verlag Jena, Stuttgart/ New York.
- Birnbaum, E.H., Beasley, C. A. and Dugger, M. A., 1974, Boron deficiency in unfertilized cotton (*Gossypium hirsutum*) ovules grown in vitro, Plant Physiol. 54: 931- 935.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM EDİYOR)

- Blevins, D.G. and Lukaszewski, K.M., 1998, Boron in plant structure and function, *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 49: 481-500.
- Blokhina, O., Virolainen, E. and Fagerstedt, K. V., 2003, Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review, *Ann. Bot.* 91: 179- 194.
- Buluttekin, M.B., 2008, Bor madeni ekonomisi: Türkiye'nin dünya bor piyasasındaki yeri, 2. Ulusal İktisat Kongresi, İzmir.
- Bowler, C., M.V. Montagu and D. Inze, 1992, Superoxide dismutase and stress toleranc,. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 43: 83-116.
- Bradford, M. M., 1976, A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding, *Analytical Biochemistry* 72: 248-254.
- Brady, NC., and Weil, RR., 2008, *The nature and properties of soils*, 14<sup>th</sup> ed, Pearson Education, Inc., New Jersey.
- Brown, P.H., and Hu, H., 1996, Phloem mobility of boron is species depented evidence for phloem mobility in sorbitol-rich species, *Annals of Botany*, 122(3): 497-505.
- Brown, P.H. and Shelp, B.J., 1997, Boron mobility in plants, *Plant and Soil*, 193: 85-101.
- Brown, P.H., Bellaloui, N., Wimmer, M.A., Basil, E.S., Ruiz, J., Hu, H., Pfeffer, H., Dannel, F., and Römheld, V., 2002, Boron in plant biology, *Plant Biology* 4: 211- 229.
- Caceres, L., Gruttner, D. and Contreras, N., 1992, Water recycling in arid regions: Chilean case, *Ambio* 21: 138–144.
- Cartwright B., Zarcinas B.A. and Mayfield A. H., 1984, 'Toxic concentrations of B in a redbrown earth at Gladstone, South Australia', *Aust. J. Soil Res.* 22, 261–272.
- Cartwright, B., B. A. Zarcinas and L. A. Spouncer, 1986, Boron toxicity in South Australian barley crops. *Aust. J. Agric. Res.*, 37, 351-359.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM EDİYOR)

- Cervilla, L.M., Blasco, B., Rios, J.J., Romero, L., Ruiz, J.M., 2007, Oxidative stress and antioxidants in tomato (*Solanum lycopersicum*) plants subjected to boron toxicity, *Annals of Botany* 100, 747-756.
- Cervilla, L.M., Blasco, B., Riso, J.J., Rosales, M.A., Sanchez-Rodriguez, E., Rubia-Wilhelmi, M.M., Romero, L., and Ruiz, J.M., 2012, Parameters symptomatic for boron toxicity in leaves of tomato plants, *Annals of Botany*, 1-17, DOI: 10.1155/2012/726206.
- Camacho-Cristobal, J.J., D. Anzellotti and A. González-Fontez, 2002, Changes in phenolic metabolism of tobacco plants during short-term boron deficiency, *Plant Physiol. Biochem.*, 40: 997- 1002.
- Chapman, V.J., Edwards, D.G., Blamey, F.P.C. and Asher, C.J., 1997, Challenging the dogma of a narrow supply range between deficiency and toxicity of boron. In *Boron in Soils and Plants*. Eds. R.W. Bell and B. Rerkasem. pp. 151-155. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Chen, L.S. Han S., Y.P. Qi and L.T. Yang, 2012, Boron stresses and tolerance in citrus *Afr. J. Biotechnol.*, 11: 5961-5969.
- Choi, Y-J., Shin, H-D., Hong, SB., Thines, M., 2007, Morphological and molecular discrimination among *Albugo candida* materials infecting *Capsella bursapastoris* world-wide, *Fungal Diversity*, 27: 11-34.
- Çalık, A., 2002, Türkiye'nin bor madenleri ve özellikleri, *Mühendis ve Makine*, 508: 36-41 s.
- Çelik, A., 2007, Borlu sulama sularının biber (*Capsicum annum* L.) verim ve kalitesine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Ankara, 55s.
- Dannel, F., Pfeffer, H., Römheld, V., 2002, Update on boron in higher plant - Uptake, primary translocation and compartmentation, *Plant Biol*, 4, 193-204.
- Demiral, T., 2003, Genç pirinç fidelerine dışarıdan glisinbetain uygulanmasıyla, tuza (NaCl) toleransının artırılmasında antioksidant enzim aktivitesinin rolünün araştırılması, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM EDİYOR)

- Demiray, H. and Dereboylu, A.E., 2005, The effects of excess boron with niacin on *Daucus carota* L. (carrot) root callus, *Acta Biologica Hungarica*, 57(1): 105-114.
- Dordas C. and Brown P.H., 2000, Permeability of Boric acid across lipid bilayers and factors affecting it, *Journal Membran Biology* 175, 95-105 p.
- Dordas, C., Maarten, J., Chrispeels, M. J., and Brown P.H., 2000, Permeability and channel-mediated transport of boric acid across membrane vesicles isolated from squash roots, *Plant Physiology*, 124, 1349-1361 p.
- DPT, 2001, Sekizinci Bes Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, Bor Tuzları-Trona-Kaya Tuzu-Sodyum Sülfat-Stronsiyum çalışma grubu raporu, Cilt:2, Ankara.
- DSİ Teknik Bültenleri, 1980, Sayı:49.
- Eraslan, F., Inal, A., Gunes, A., and Alpaslan, M., 2007, Impact of exogenous salicylic acid on the growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity, *Sci. Hortic.*, 113: 120-128.
- Ersöz, S., 2009, Asma anaçlarında (*Vitis* sp.) bor ve tuz stresine tolerans mekanizmalarının stresle ilgili fizyolojik parametreler ve antioksidant enzimlerle belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Ankara.
- Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü. <http://www.etimaden.gov.tr>. 2011. (18.08.2011 tarihinde erişilmiştir).
- FAO., 2013, Agricultural Production. <http://faostat.fao.org/faostat>.
- Ferrol, N., Belver, A., Rold'an, M., Rodriguez- Rosales, M. P. and Donaire, J. P., 1993, Effects of boron on proton transport and membrane properties of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cell microsomes, *Plant Physiol.* 103:763–69.
- Foyer, C.H. and Halliwell, B., 1976. The presence of glutathione and glutathione reductase in chloroplasts: A proposed role in ascorbic acid metabolism. *Planta*, 133: 21-25.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM EDİYOR)

- Gechev, T., I. Gadjev, F. Van Breusegem, D. Inzé, S. Dukiandjiev, V. Toneva, and I. Minkov, 2002, Hydrogen peroxide protects tobacco from oxidative stress by inducing a set of antioxidant enzymes, *Cell. Mol. Life Sci*, 59:708–714.
- Gezgin, S., Dursun, N., Hamurcu, M., Harmankaya, M., Önder, M., Sade, B., Topal, A., Soylu, S., Akgün, N., Yorgancılar, M., Ceyhan, E., Çiftçi, N., Acar, B., Gültekin, İ., Işık, Y., Şeker, C. and Babaoğlu, M., 2002, Determination of B contents of soils in Central Anatolian cultivated lands and its relations between soil and water characteristics, *Boron in Plant and Animal Nutrition*. Edited by Goldbach et al., Kluwer Academic/ Plenum Publishers, New York.
- Gezgin , S., Gökmen, F., Dursun, N., Babaoğlu, M., ve Hakkı, E.E, 2005, Tarımda bor'un önemi, I. Ulusal Bor Çalıştayı Bildiriler Kitabı, 147-154, Ankara.
- Gezgin, S. ve Hamurcu, M., 2006, Bitki beslemede besin elementleri arasındaki etkileşimin önemi ve bor ile diğer besin elementleri arasındaki etkileşimler, *Selçuk Üniversitesi Ziraat fakültesi Dergisi*, 20 (39).s.24-31.
- Gezgin, S., Dursun, N., Hamurcu, M., Harmankaya, M., Önder, M., Sade, B., Topal, A., Soylu, S., Akgün, N., Yorgancılar, M., Ceyhan, E., Çiftçi, N., Acar, B., Gültekin, İ., Işık, Y., Şeker, C., Babaoğlu, M., 2006, Orta Güney Anadolu Bölgesi Tarım Topraklarında Bitkilerce Alınabilir Bor Miktarının Belirlenmesi, Bor Noksanlığı ve Toksitesinin Çözümü Üzerine Araştırmalar, DPT projesi, 1999 K 120560.
- Ghanati ,F., A. Morita, and H. Yokota., 2002, Induction of suberin and increase of lignin content by excess boron in tobacco cells, *Soil Science and Plant Nutrition*, 48: 357-364.
- Goldbach, H.E., D. Hartmann, and T. Rotzer., 1990, Boron is required for the ferricyanide induced proton release by auxins in suspension-cultured cells of *Daucus carota* and *Lycopersicon esculentum*, *Plant Physiol.*, no. 80, 114-118.
- Goldberg S., Shouse P.J., Lesch S.M., Grieve C.M., , Poss J.A., Foster H.S. and Suarez D.L., 2003, Effect of high boron application on boron content and growth of melons, *Plant Soil* 256, 403-411.
- Goldberg, S., 1997, Reactions of bor with soils, *Plant and soil*, 193, 35-48.
- Gratao, P.L., Polle A., Lea, P.J. and Azevedo, R.A., 2005, Making the life of heavy metal-stressed plants a little easier, *Funct. Plant Biol.*, 32: 481-494.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM EDİYOR)

- Gunes, A., Alpaslan, M., Özcan, H., and Çıkılı, Y., 1999, Effects of Zinc on the alleviation of boron toxicity in tomato, *J. Of Plant Nutr*, 22(7), 1061-1068.
- Gunes, A., Soylemezoglu, G., Inal, A., Bagci, E.G., Coban, S and Sahin, O., 2006, Antioxidant and stomatal responses of grapevine (*Vitis vinifera* L.) to boron toxicity, *Scientia Horticulturae*, 110:279–284.
- Gülümser, A., Odabaş M.S., Özturan Y., 2005, Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) yapraktan ve topraktan uygulanan farklı dozlarının verim ve verim unsurlarına etkisi, *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Yayınları*, 18(2), 163-168.
- Güneş, A., Alpaslan, M. ve İnal, A., 2000, Bitki besleme ve gübreleme, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:1514, Ders Kitabı No:467, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.
- Güneş, A., M. Alpaslan ve A. İnal, 2002, Bitki besleme ve gübreleme, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1526, Ders Kitabı: 479, Ankara.
- Güneş, A., Alpaslan, M., Özcan, H. ve Çıkıl, Y., 2000, Türkiye’de yaygın olarak yetiştirilen mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinin bor toksisitesine duyarlılıkları, *Türk J Agric For, TÜBİTAK*, Ankara.
- Hamurcu, M., 2007, Türkiye’de yetiştirilen bazı bodur fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin bor ve çinko uygulamalarına tepkilerinin belirlenmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Konya, 150s.
- Han, S., Tang, N., Jiang, H.X., Yang, L.T., Li, Y., Chen, L.S., 2009, CO<sup>2</sup> assimilation, photosystem II photochemistry, carbohydrate metabolism and antioxidant system of citrus leaves in response to boron stress, *Plant Science*, 176: 143-153.
- Harite, Ü., 2008, Pamukta bor toksisitesine dayanıklılık, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın, 74s.
- Harmankaya, M., Önder, M., Hamurcu, M., Ceyhan, E., and Gezgin, S., 2008, Responce of common bean (*Phaseolus Vulgaris* L.) cultivars to foliar and soil applied boron in boron deficient calcereous soils, *African Journal of Biotechnology* Vol. 7(18)p.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM EDİYOR)

- Hasnain, A., S. Mahmood, S. Akhtar, S.A. Malik and N. Bashir., 2011, Tolerance and toxicity levels of boron in mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) cultivars at early growth stages, Pak. J. Bot., 43(2): 1119-1125.
- Heard, J., 2007, Nutrient uptake and partitioning for dry beans, Manitoba Pulse Growers Assoc, Pulse Beat, 22-24p.
- Helvacı, C., 2004, Türkiye Borat yatakları: jeolojik konumu, ekonomik önemi ve bor politikası, 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 11-27 S , İzmir.
- Hoagland, D.R. and Arnon, D.I., 1950, The water-culture method for growing plants without soil, California Agricultural Experiment Station Circular 347.
- Hu, H., and Brown, PH., 1994, Localization of boron in cell walls of squash and tobacco and its association with pectin. Evidence for a structural role of boron in the cell wall, Plant Physiology, 105: 681 –689.
- Hu, H., Brown, H. P., and Labavitch, J. M., 1996, Species variability in boron requirements in correlated with cell wall pectin, Journal of Experimental Botany 295:227-232.
- Huang, L., Pant, J., Dell, B., and Bell, R.W., 2000, Effects of boron deficiency on anther development and floret fertility in wheat (*Triticum aestivum* L. Willgoysne), Annals of Botany, 85, 493-500.
- Inbaraj, P. M. And Muthuchelian, K., 2011, Effect of boron and irradiance stresses on chlorophyll, protein and starch content in leaves of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp. P152), J. Biosci. Res., Vol. 2 (2): 55-61.
- Ishikawa, N., Yokoyama, J., Ikeda, H., Takabe, E. and Tsukaya, H., 2006, Evaluation of morphological and molecular variation in *Plantago asiatica* var. *densiuscula*, with special reference to the systematic treatment of *Plantago asiatica* var. *yakusimensis*. Journal of Plant Research 119: 385-95.
- Kabay, N., Ipek, Ö., Kahveci, H., ve Yüksel, M., 2006, Effect of salt combination on separation of monovalent and divalent salts by electrodialysis. Desalination 198, 84-91.
- Kaçar, B. 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: II. Bitki analizleri. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları: 453, Uygulama Kılavuzu: 155, Ankara.



### KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM EDİYOR)

- Kalayci, M., Alkan, A., Cakmak, I., Bayramoglu, O., Yilmaz, A., Aydin, M., Ozbek, V., Ekiz, H., Ozberisoy, F., 1998, Studies on differential response of wheat cultivars to boron toxicity, *Euphytica* 100: 123-129.
- Kaneko, S., Ishii, T. and Matsunaga, T., 1997, A boron-rhamnogalacturonan-II complex from bamboo shoot cell walls, *Phytochemistry* 44: 243-48.
- Karabal, E., Yücel, M., and Öktem, H., 2003, Antioxidant responses of tolerant and sensitive barley cultivars to boron toxicity, *Plant Science* 164:925-933.
- Kecec, G., 2008, Effect of boron pollution on some crops germination, determination of modifications in genetic structure by using RAPD metod and reducing this effect by using growth hormones, Master Thesis in Fatih Univercty in Biology, Istanbul.
- Keles, Y., Oncel, I. and Yenice, N., 2004, Relationship between boron content and antioxidant compounds in Citrus leaves taken from fields with different water source, *Plant and Soil*, 265: 345-353.
- Kelling, K.A., 2003. Soil and Applied boron, [www.soils.wisc.edu](http://www.soils.wisc.edu), A2522 (10.09.2011 tarihinde erişilmiştir).
- Khan, N., K.J. Young, and J.N. Gartrell., 1999, Boron toxicity in barley, Division of Plan Research, Agriculture Western Australia, Fernnote.
- Larsson, E.H., J.F. Bornman and H. Asp, 1998, Influence of UV-B radiation and Cd<sup>2+</sup> on chlorophyll fluorescence, growth and nutrient content in *Brassica napus*, *J. Exp. Bot.*, 49: 1031-1039.
- Lawlor, D.W., 2001, Limitation of photosynthesis in water stressed leaves: stomata vs. Metabolism and the role of ATP, *Ann. Bot.* 89: 1-15.
- Lee, S.K.D., 2006. Hot pepper response to interactive effects of salinity and boron, *Plant Soil Environ.*, 52: 227-233.
- Levitt, J., 1980, Responses of Plants to Environmental Stresses, Vol. II, 2 ed., Academic Press, New York, 607p.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM EDİYOR)**

- Liu, L., Shelp, B.J. and Spiers, G.A., 1993, Boron distribution and retranslocation in field-grown broccoli (*Brassica oleracea* var *Italica*). Can. J. Plant Sci., 73; 587-600.
- Liu, D., Jiang, W., Zhang, L., and Li, L., 2000, Effect of boron ions on root growth and cell division of broadbean (*Vicia faba* L.), Israel Journal of Plant Sciences;48, 47-51.
- Loomis, W. D. and Durst, R. W., 1992, Chemistry and biology of boron bio fact Vol 3. Pp 229 239.
- Lovatt, C.J. and Bates, L.M., 1984, Early effects of excess boron on photosynthesis and growth of Cucurbita pepo, Journal of Experimental Botany 35(152): 297-305.
- Lovatt, C.J., 1985, Evolution of xylem results in a requirement for boron in the apical meristems of vascular plants, New Phytol., 99: 509-522.
- Lukaszewski, K.M. and Blevins, D.G., 1996, Root growth inhibition in boron-deficient or aluminum-stressed squash may be a result of impaired ascorbate metabolism, Plant Physiol., 112; 1135-1140.
- Mariano, E. D., Faquin, V., Neto, A. E. F., Andrade, A. T. and Mariano, I. O. D., 2000, Critical levels of Boron in Lowland soils for culture of bean, Pesq. Agrop Bras, 35 (8): 1637-1644.
- Marschner, H., 1995, Mineral nutrition of higher plants, Second Edition, Academic Press New York.
- Marschner, H., 1997, Mineral nutrition of higher plants, 2.nd. Edition Academic prees, London., 889.
- Mass, E.V., 1984, Salt tolerance of plants, In: Handbook of plant science in Agriculture, B.R, Christie, ed, CRC Press, Inc., Cleveland, Ohio.
- Match, T., and Ochiai, K., 2005, Distribution and partitioning of newly taken-up boron in sunflower, Plant and Soil; 278, 351-360,
- Matsunaga, T. and Nagata, T., 1995, In vivo <sup>11</sup>B NMR observation of plant tissue, Anal. Sci., 11: 889-892 .

### KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM EDİYOR)

- McGuire, R.G., 1992, Reporting of objective color measurements, *Hortic. Sci.*, 27: 1254-1255.
- MEGEP, 2008, Bahçecilik, Fasulye yetiştiriciliği, Ankara.
- Mittler, R., 2002, Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance, *Trends Plant Sci.*, 7: 405-410.
- Molassiotis, A., Sotiropoulos, T., Tanou, G., Diamantidis, G., Therios, I., 2006, Boron induced oxidative damage and antioxidant and nucleolytic responses in shoot tips culture of the apple rootstock EM 9 (*Malus domestica* Borkh), *Environmental and Experimental Botany*, 56, 54, 62.
- Mondy, N.I. and Munshi, C.B., 1993, Effect of boron on enzymatic discoloration and phenolic and ascorbic acid content of potatoes, *J. Agri. Food Chem.*, 41: 554-556.
- Moran, R. and Porath, D., 1980, Chlorophyll determination in intact tissues using N,N-dimethylformamide, *Plant Physiol* 65, pp. 478-479.
- Nable, R. O., 1988, Resistance to boron toxicity amongst several barley and wheat cultivars; a preliminary examination of the resistance mechanism. *Plant Soil*, 112, 45-52.
- Nable, R. O., Banuelos, G. S., Paull, J., 1997, Boron toxicity. *Plant Soil*, 193p, 181-198.
- Nakano, Y and Asada, K., 1987, Purification of ascorbate peroxidase in spinach chloroplasts: its inactivation in ascorbate depleted medium and reactivation by monodehydroascorbate radical, *Plant Cell Physiol.*, 28p: 131-140.
- Neocleous, D., and Vasilakakis, M., 2007, Effect of NaCl stress on red raspberry (*Rubus idoeus* L. Autumn Bliss), *Sci. Hort.*, 112: 282-289.
- Nyomora, A.M.S., Brown, P.H., Pinney, K., and Potoli, V.S., 2000, Foliar Application of Boron To Almond Trees Affects Pollen Quality, *J Amer Soc Hort Sci*, 125(2): 265-270.
- O'Neill, MA., Ishii, T., Albersheim, P., and Darvill, A.G., 2004, Rhamnogalacturonan II: structure and function of a borate cross-linked cell wall pectic polysaccharide, *Annual Review of Plant Biology* 55p: 109- 139.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM EDİYOR)

- Oertli, J.J., 1994, Non-homogeneity of boron distribution in plants and consequences for foliar diagnosis. *Comm. Soil Sci. Plant. Anal.*, 25; 1133-1147.
- Ortaca, Ş., 2005, Borun ayçiçeği bitkisinde vejetatif büyüme, pigment, protein miktarı ve protein profili üzerine etkileri, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Kütahya, 42s.
- Papadakis I., K. Dimassi, A. Bosabalidis, I. Therios, A. Patakas, and A. Giannakoula., 2004, Boron toxicity in 'Clementine' mandarin plants grafted on two rootstocks, *Plant Science* 166, 539–547.
- Parr, A.J. and Loughman, B.C., 1983, Boron and membrane functions in plants. In *metals and micronutrients uptake and utilization by plants* (Eds. D.A. Robb and W.S. Pierpoint). *Ann. Proc. Phytochem. Soc. Eur.* No: 21. Academic Press, London.
- Paull, J.G., Cartwright, B., and Rathjen, A.J., 1988, Responses of Wheat and Barley Genotypes Toxic Concentrations of Soil Boron, *Euphytica*, 39, 137-144.
- Paull, 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.
- Penca, S., Bellaloui, N., Greve, C., Hu, H., and Brown, H., 2001, Boron transport and soluble carbohydrate concentrations in olive, *J Amer Soc Sei* 126(3)291-296.
- Perez, S., Rodriguez-Carvajal, M., and Doco, T., 2003, A complex plant cell wall polysaccharide: rhamnogalacturonan II. A structure in quest of a function, *Biochimie* 85, 109–121.
- Picchioni, G. A. and Miyamoto, S., 1991, Growth and boron uptake of five pecan cultivar seedlings, *HortScience* 26: 386–388.
- Pollard, A., A.J. Parr, and B.C. Loughman., 1977, Boron in relation to membrane function in higher plants, *J.Exp.Bot.*, no. 28 , 831-841.
- Power P.P., Wood W.G., 1997, The chemistry of boron and its speciation in plants, *Plant Soil* 193: 1–13.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM EDİYOR)

- Rao, M. V., Paliyath, G. and Ormrod, D. P., 1996, Ultraviolet-B radiation and ozone-induced biochemical changes in the antioxidant enzymes of *Arabidopsis thaliana*, *Plant Physiology* 110: 125–136.
- Ravikovitch, S., Margolin, M. and Navroth, J., 1961, Microelements in soils of Israel, *Soil Sci.* 92: 85–89.
- Reid, R.J., Hayes, J.E., Post, A., Stangoulis, J.C., and Graham, R.D., 2004, A critical analysis of the causes of boron toxicity in plants, *Plant, Cell and Environment* 27: 1405– 1414.
- Reid, R., 2007, Identification of boron transporter genes likely to be responsible for tolerance to boron toxicity in wheat and barley, *Plant and Cell Physiology* 48: 1673– 1678.
- Richards, L. A., 1954, Diagnosis and improvement saline and alkali soils. U. S. Dept. Agr. Handbook. 60.
- Roessner, U., Patterson, J.H., Forbes, M.G., Fincher, G.B., Langridge, P., and Bacic, A., 2006, An investigation of boron toxicity in barley using metabolomics, *Plant Physiol*, 142, 1087-1101.
- Ross, R.J., Slaton, N.A., Brye, K.R. and Delong, R.E., 2006, Boron fertilization influences on soybean yield and leaf and seed boron concentrations, *Agron. J.* 98: 198-205.
- Rozema, J., De Bruin, J., and Broekman, R.A., 1992, Effect of boron on growth and mineral economy of some halophytes and non-halophytes, *New Phytol.* 121: 249-256.
- Saatçi, F., Hakerler, H., Tuncay, H., ve Okur., B., 1988, İzmir ili 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.
- Sairam, R. K. and D.C. Saxena., 2000, Oxidative stress and antioxidants in wheat genotypes: Possible mechanism of water stress tolerance, *J. Agronomy and Crop Science*, no. 184, 55-61.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM EDİYOR)

- Salin, M.L. 1987. Toxic oxygen species and protective system of the chloroplast. *Physiol Plant*, 72, 681-689.
- Schachtschabel, R., Blume, H.R., Hartge, H., and Schwertmann, U., 1993, *Lehrbuch der Bodenkunde*, 13th edn. Ferdinand Emke, Stuttg- art.
- Seçkin, B., 2005, Mannitolün tuz stresine maruz bırakılan buğday fidelerinin antioksidant enzim düzeyleri üzerindeki etkilerinin araştırılması, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Shorrocks, V. M., 1964, Boron toxicity in *Hevea brasiliensis*, *Nature* 204: 599–600..
- Sotiropoulos, T.E., Therios, I.N. and Dimassi, K.N., 2002, Seasonal variation and chemical composition of bleeding xylem sap of kiwifruit vines irrigated with high boron water. *Journal of Plant Nutrition*. 25 (6): 1239-1248.Sotiropoulos,T.E., Molassiotis, A., Almaliotis, D., Mouhtaridou, G., Dimassi, K., Therios, I. and Diamantidis, G., 2006, Growth, nutritional status, chlorophyll content, and antioxidant responses of the apple rootstock mm 111 shoots cultured under high boron concentrations in vitro, *Journal of Plant Nutrition*, 29(3): 575-583.
- Sotiropoulos, T. E., Molassiotis, A., Almaliotis, D., Mouhtaridou, G., Dimassi, K., Therios, I., Diamantidis, G., 2006, Growth, nutritional status, chlorophyll content, and antioxidant responses of the apple rootstock MM 111 shoots cultured under high boron concentrations *in vitro*, *Journal of Plant Nutrition*, 29:575-583.
- Soy, M., ve A. Güneş., 2003, Fosforun domates (*Lycopersicon esculentum* L.) bitkisinde bor toksisitesini önlemede etkisi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, A. Ü. Ziraat Fakültesi, no. 9, 279-277.
- Stangoulis, J.C., Reid, R.J., Brown, P.H., and Graham, R.D., 2001, Kinetic analysis of boron transport in Chara, *Planta* 213: 142– 146.
- Stangoulis, J.C.R. and Reid, R.J., 2002, Boron toxicity in plants and animals, In *Boron in Plant and Animal Nutrition*, Edited by Goldbach, H., Rerkasem, B., Wimmer, M., Brown, P.H., Thelie, M. and Bell, R. pp. 227–240. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM EDİYOR)

- Streb, P. ve Feirabend, J. 1996. Oxidative stress responses accompanying photoinactivation of catalase in NaCl-treated rye leaves. *Bot. Ada.*, 109, 125-132.
- Şahin, Ö., 2009, farklı asma anaçları üzerine aşılı Sultani çekirdeksiz (*Vitis vinifera* L.) üzüm çeşidinin bor ve tuz stresine tolerans mekanizmalarının stresle ilgili fizyolojik parametreler ve antioksidan enzimlerle belirlenmesi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Şehirli, S., 1988, Yemelik dane baklagilleri, Ankara Üniv., Ziraat Fak., Yayınları: 1089, Ders Kitabı No:314, 337-387S.
- Takano, J., Wada, M., Ludewig, U., Schaaf, G., von Wire'n, N., and Fujiwara, T., 2006, The Arabidopsis major intrinsic protein NIP5;1 is essential for efficient boron uptake and plant development under boron limitation, *The Plant Cell* 18: 1498–1509.
- Takkar, P. N., 1982, Micronutrients: forms, content, distribution in profile, indices of availability and soil test methods, In 12th Int. Soil Sci. Cong., Part 1. New Delhi. 136p.
- Tanaka, M., and Fujiwara, T., 2007, Physiological roles and transport mechanisms of boron: perspectives from plants, *Pflügers Archives-European Journal of Physiology* 456: 671– 677.
- Thomas, E. S., Ioannis, N. and Kortessa, N., 2003, Boron toxicity in kiwifruit plants (*Actinidia deliciosa*), treated with nitrate, ammonium, and a mixture of both, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, Volume 166, Issue 4: 529 –532p .
- Topak, R., 2001, Bakla ( *Vicia faba* L.) kökü meristem hücrelerinde mitotik aktivite üzerine borun etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Kocatepe Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- Tübitak Araştırma Raporu., 1992, Kırka'da Borun Çevreye Etkisi, Rp. No.59.102E., Sizo. Kocaeli.
- Uygan, D. ve Çetin, Ö., 2004, Borun tarımsal ve çevresel etkileri Seydisuyu Su Toplama Havzası, II. Uluslararası Bor Sempozyumu. 23-25 Eylül. Maden Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM EDİYOR)**

- Velioğlu, S., ve Şimşek, A., 2003, İnsan sağlığı ve beslenme açısından bor, Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, Vol.:4(2). s. 123-130.
- Vitosh, M.L., Warncke, D.D. and Lucas, R.E., 1994, Boron, secondary and micronutrients for vegetables and field crops, Michigan Extension Bulletin E-486.
- Wang, J.Z., S.T. Tao, K.J. Qi, J. Wu and H.Q., 2011, Changes in photosynthetic properties and antioxidative system of pear leaves to boron toxicity, Afr. J. Biotechnol., 10: 19693-19700.
- Warrington K., 1923, The effects of boric acid and borax on the bread bean and certain other plants, Ann Bot, 37: 629-672.
- Yau, S.K. and Ryan, J., 2008, Boron toxicity tolerance in crops: A viable alternative to soil amelioration, Crop Sci. 48: 854–865.
- Yılmaz, A., 2002, Her derde deva hazinemiz-bor, Bilim ve Teknik Dergisi Tubitak Sayı 414: 38–48.
- Yorgancılar, M. ve Babaoğlu, M., 2005, Buğday eŐitlerinde borun çimlenme üzerine etkisinin in vitro ve saksı Őartlarında araştırılması, S.. Ziraat Fakültesi Dergisi 19 (35), 109-114 s.
- Zhao, D., and Oosterhuis, D. M., 2002, Cotton carbon exchange, nonstructural carbohydrates and boron distribution in tissues during development of boron deficiency, Field Crops Res. 78:75-87.