T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE'DE YETİŞTİRİLEN BAZI BODUR FASULYE (*Phaseolus vulgaris* L.) GENOTİPLERİNİN BOR VE ÇİNKO UYGULAMALARINA TEPKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Mehmet HAMURCU

DOKTORA TEZİ

TOPRAK ANABİLİM DALI

Konya, 2007

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE'DE YETİŞTİRİLEN BAZI BODUR FASULYE (*Phaseolus vulgaris* L.) GENOTİPLERİNİN BOR VE ÇİNKO UYGULAMALARINA TEPKİLERİNİN BELİRLENMESİ

DOKTORA TEZİ
TOPRAK ANABİLİM DALI

Bu tez 19/01/2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir

Prof. Dr. Sait GEZGİN
(Danışman)

Prof. Dr. Saim KARAKAPLAN
(Üye)

Prof. Dr. Mehmet BABAOĞLU
(Üye)

Prof. Dr. Aydın GÜNEŞ
(Üye)

Prof. Dr. Mustafa ÖNDER
(Üye)

ÖZET

Doktora Tezi

Türkiye'de Yetiştirilen Bazı Bodur Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinin Bor ve Çinko Uygulamalarına Tepkilerinin Belirlenmesi

Mehmet HAMURCU
Selçuk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Sait GEZGİN
2007, sayfa: 150

Jüri: Prof. Dr. Sait GEZGİN (Danışman)
Prof. Dr. Saim KARAKAPLAN
Prof. Dr. Mehmet BABAOĞLU
Prof. Dr. Aydın GÜNEŞ
Prof. Dr. Mustafa ÖNDER

Bu çalışma bazı bodur fasulye genotiplerine bor ve çinko uygulamalarının biyolojik verim, kuru ağırlık, tane verimi, bitki bor ve çinko konsantrasyonları ile tane protein oranları üzerine etkilerini araştırmak amacıyla yapılmıştır. Araştırmada Türkiye'de ekimi yapılan tescilli ve yerel popülasyon niteliğindeki 25 bodur fasulye genotipi materyal olarak kullanılmış ve genotiplere üç bor (0, 5, 10 mg kg^{-1}) ve üç çinko (0, 5, 10 mg kg^{-1}) dozu uygulanmıştır. Deneme kontrollü sera şartlarında tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur.

Fasulye genotipleri bor ve çinko uygulamalarından önemli ölçüde etkilenmiştir. Bor uygulamasıyla fasulye genotiplerinin biyolojik verim, kuru madde ve tane verimlerinde meydana gelen değişmeler birlikte değerlendirildiğinde; Eskişehir - 855, Karacaşehir-90, Noyanbey, Terzibaba, Yakutiye, Fasulye Sıra, Yalova-17, Romano, Nazende, Seminis Gina, Yunus-90, Akman-98, Zülbiye, Horoz Fasulye ve Kanada bor noksanlığına toleranslı genotipler, Şehirali-90, Göynük-98, Akdağ, Şahin-90, Önceler-98, Aras-98, Sarıkız, Magnum, May Gina ve Efsane genotiplerinin ise bor noksanlığına hassas genotipler, bu genotiplerden

en yüksek tane verimini 10 mg kg^{-1} bor (B_1) uygulamasında veren Aras-98 ve Kanada genotiplerinin ise bor toksisitesine toleranslı genotipler olduğu belirlenmiştir.

Biyolojik verim, kuru madde ve tane verimi bakımından genotip x çinko interaksiyonları önemli çıkmıştır. Çinko uygulamasının söz konusu verim değerleri üzerine etkilerinin genotiplere bağlı olarak değiştiği, buna göre çinko noksanlığına Akman-98, Karacaşehir-90, Noyanbey, Terzibaba, Şahin-90, Horoz Fasulye, Nazende ve Efsane genotiplerinin toleranslı; Göynük-98, Aras-98 ve Fasulye sıra genotiplerinin orta toleranslı; Eskişehir-855, Yunus-90, Şehirali-90, Önceler-98, Zülbiye, Yakutiye, Romano ve Kanada genotiplerinin orta hassas; Akdağ, Sarıkız, Magnum, Seminis Gina, May Gina ve Yalova-17 genotiplerinin ise çok hassas olduğu belirlenmiştir.

Çiçeklenme dönemi ile hasatta vejetatif aksam ve tanenin bor ve çinko konsantrasyonları uygulanan bor ile çinko dozları ve genotiplere bağlı olarak değişmiştir. Genellikle bütün genotiplerin vejetatif aksam ve tanelerindeki bor ve çinko miktarı, kontrol uygulamalarında (B_0 x Zn_0) noksan düzeylerde bulunmasına rağmen uygulanan çinko ve bor miktarının artışına bağlı olarak artmış olup, 5 mg kg^{-1} bor uygulamasında bazı genotiplerde ve 10 mg kg^{-1} bor uygulamasında da bütün genotiplerde toksik düzeylere ulaşmıştır. Bunun yanında biyolojik verim, kuru madde, tane verimi ve tane protein içeriği ile çiçeklenme döneminde ve hasatta vejetatif aksam ve tanelerin bor konsantrasyonları arasında istatistiki olarak önemli negatif, çinko konsantrasyonları arasında ise önemli pozitif ilişkiler bulunmuştur.

Fasulye genotiplerine çinko uygulamasının bitkilerin protein oranlarını arttırdığı, bor uygulamasının ise bitkilerin protein oranlarının 5 mg kg^{-1} bor dozu uygulamasında en yüksek seviyeye ulaştığı, bu dozun üzerindeki seviyelerde ise protein oranlarında azalmalar olduğu ve bu azalmalar üzerinde de çinkonun çok fazla sınırlayıcı bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bor noksanlığı, bor toksisitesi, çinko noksanlığı, bodur fasulye.

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

Determination of Responses of Some Dwarf Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotypes Grown in Turkey to Zinc and Boron Applications

Mehmet HAMURCU
Selçuk University
Graduate School of Natural and Applided Sciences
Department of Soil Science

Supervisor: Prof. Dr. Sait GEZGİN

2007, Page: 150

Jury: Prof. Dr. Sait GEZGİN (Supervisor)
Prof. Dr. Saim KARAKAPLAN
Prof. Dr. Mehmet BABAOĞLU
Prof. Dr. Aydın GÜNEŞ
Prof. Dr. Mustafa ÖNDER

This study was conducted in order to determine the effects of boron (B) and zinc (Zn) applications on biomass, dry weight content, grain yield, B and Zn contents of the plants as well as their effects on the protein ratios of the dwarf bean species tested. A total of 25 dwarf bean species, registered and local populations, were grown for 3 B and 3 Zn doses (0, 5, 10 mg kg^{-1}). The trial was conducted in three replicates within a controlled glasshouse according to randomized plots factorial design.

Results have shown that B and Zn applications considerably effect on the dwarf dry bean varieties in terms of biomass, dry weight and grain yield. From the species used, Eskişehir-855, Karacaşehir-90, Noyanbey, Terzibaba, Yakutiye, Fasulye Sıra, Yalova-17, Romano, Nazende, Seminis Gina Yunus-90, Akman-98, Zülbiye, Horoz Fasulye and Kanada were found to be resistant to B deficiency while Şehirali-90, Göynük-98, Akdağ, Şahin-90, Önceler-98, Aras-98, Sarıkız, Magnum, May Gina and Efsane were the sensitive species. The highest grain yield at 10 mg B kg^{-1} application was attained from the species Aras-98 and Kanada, hence they were classified as resistant to B toxicity.

Zinc x variety interaction was found significant from the stand point of biomass, dry weight and grain yield were considered. Akman-98, Karacaşehir-90, Noyanbey, Terzibaba, Şahin-90, Horoz Fasulye, Nazende and Efsane were tolerant to Zn deficiency, while Göynük-98, Aras-98 and Fasulye Sıra were moderately tolerant. On the other hand, the varieties Eskişehir-855, Yunus-90, Şehirali-90, Önceler-98, Zülbiye, Yakutiye, Romano and Kanada were moderately sensitive to Zn deficiency, while the species of Akdağ, Sarıkız, Magnum, Seminis Gina, May Gina and Yalova-17 were highly sensitive.

Boron and zinc concentrations of the vegetative parts (during the flowering period and the harvest time) of the dwarf dry bean varieties tested differed according to the B and Zn doses applied as well as between the species. In general, B and Zn contents of both the vegetative parts and the seeds were taken up with the increased doses, these elements were deficient in the controls (B_0xZn_0), and while 5 mg kg^{-1} dose was found to be toxic for some species, 10 mg kg^{-1} dose was found to be toxic for all the varieties tested. Beside, biomass, dry weight, grain yield and protein content as well as B contents of the vegetative parts and seeds during plant flowering and harvest were found to be negatively significant, statistically. In contrary, positive correlation was found for the Zn concentrations.

Seed protein contents of the bean varieties tested increased with the increasing of Zn doses. While protein contents of the plants were highest in the dose of 5 mg kg^{-1} boron, there was a decreasing in seed protein content above this level. Additionally, no improvement on protein content was possible with the addition of Zn on the seeds that were obtained from the high B dosages.

Key Words: Boron deficiency, boron toxicity, zinc deficiency, dwarf bean.

TEŞEKKÜR

Çok yoğun çalışmalarımız sonucu mevcut hale getirilen araştırmanın fikir aşamasından TÜBİTAK proje aşamasına kadar ki dönemle birlikte çalışmanın başarılı bir şekilde yürütülüp sonuçlandırılmasına kadar ki tüm dönemlerde bilimsel destek ve yardımlarından dolayı başta danışman Hocam Sayın Prof. Dr. Sait Gezgin, tez izleme komitesi üyeleri Sayın Prof. Dr. Saim Karakaplan, Sayın Prof. Dr. Mehmet Babaoğlu Hocalarıma; ayrıca değerlendirme aşamasında ki yardımlarından dolayı Sayın Doç. Dr. Süleyman Soylu, Sayın Yrd. Doç. Dr. Erdoğan E. Hakkı Hocalarıma, çalışmada katkısı olan diğer Hocalarımla birlikte Tarla Bitkileri ve Toprak Bölümünde görev yapan mesai arkadaşlarıma ve Ziraat Mühendisi Seyit Ali Yavuzaslan'a teşekkürlerimi sunarım.

Uzun soluklu bir uğraşı olan bu Doktora çalışmamda, özverili desteklerinden dolayı eşime ve kızım Beril Naz'a, benden hiçbir zaman dualarını ve desteklerini esirgemeyen anneme, babama, kardeşlerime, ayrıca bana her zaman güvenlerini belirten ve beni teşvik eden tüm akraba ve dostlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Konya, 2007 Mehmet Hamurcu

İÇİNDEKİLER

ÖZET i
ABSTRACT iii
TEŞEKKÜR v
İÇİNDEKİLER vi
ÇİZELGELER LİSTESİ viii
ŞEKİLLER LİSTESİ x
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 3
2.1. Bor (B) İle İlgili Araştırmalar 3
2.2. Çinko (Zn) İle İlgili Araştırmalar 15
2.3. Bor ve Çinko İle İlgili Araştırmalar 25
3. MATERYAL VE METOT 30
3.1. Materyal 30
3.1.1. Bitki materyali 30
3.1.2. Toprak materyali 34
3.2. Metot 35
3.2.1. Sera denemesinin kuruluşu ve yürütülmesi 35
3.2.2. Denemede yapılan ölçümler 38
3.2.2.1 Biyolojik verim (g bitki^{-1}) 38
3.2.2.2. Kuru ağırlık (g bitki^{-1}) 38
3.2.2.3. Bitkide tane verimi (g bitki^{-1}) 39
3.2.3. Laboratuvar Analizleri 39
3.2.3.1. Bitki örneklerinin analize hazırlanması ve analizi 39
3.2.3.2. Protein oranı (%) 39
3.3. İstatistiki Analizler 40
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA 41
4.1. Biyolojik Verim 41
4.2. Kuru Ağırlık 53
4.3. Tane Verimi 63
4.4. Bitki Bor Konsantrasyonu 73
4.4.1. Çiçeklenme dönemi bitki bor konsantrasyonu 73
4.4.2. Hasat dönemi bitki bor konsantrasyonu 83
4.4.3. Tane bor konsantrasyonu 92
4.5. Bitki Çinko Konsantrasyonu 99
4.5.1. Çiçeklenme dönemi bitki çinko konsantrasyonu 99

4.5.2. Hasat dönemi bitki çinko konsantrasyonu 109
4.5.3. Tane çinko konsantrasyonu 117
4.6. Bor ve Çinko Uygulamalarının Fasulye Çeşitlerinin Tane Protein Oranları Üzerine Etkisi 125
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 134
6. KAYNAKLAR 138

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 3.1. Denemede Kullanılan Toprak Örneğinin Bazı Özellikleri 34

Çizelge 4.1. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Biyolojik Verim Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları. 41

Çizelge 4.2. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Biyolojik Verim Değerlerine (g bitki^{-1}) Etkileri. 44

Çizelge 4.3. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Kuru Ağırlık Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları. 53

Çizelge 4.4. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetişitirlen Bodur Fasulye Genotiplerinin Kuru Ağırlık Değerlerine (g bitki^{-1}) Etkileri 56

Çizelge 4.5. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Tane Verimlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları. 63

Çizelge 4.6. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Tane Verimleri (g bitki^{-1}) Üzerine Etkileri 65

Çizelge 4.7. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Çiçeklenme Dönemi Bor Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Sonuçları. 73

Çizelge 4.8. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Çiçeklenme Dönemi Bor Konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) Etkileri 78

Çizelge 4.9. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Hasat Dönemi Bor Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Sonuçları. 83

Çizelge 4.10. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Hasat Dönemi Bor Konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) Etkileri 89

Çizelge 4.11. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Tane Bor Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Sonuçları. 92

Çizelge 4.12. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Tane Bor Konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) Etkileri. 97

Çizelge 4.13. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Çiçeklenme Dönemi Çinko Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Sonuçları. 99

Çizelge 4.14. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Çiçeklenme Dönemi Çinko Konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) Etkileri... 103

Çizelge 4.15. Farklı Seviyelerede Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Hasat Dönemi Çinko Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Sonuçları. .. 109

Çizelge 4.16. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Hasat Dönemi Çinko Konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) Etkileri..... 115

Çizelge 4.17. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Tane Çinko Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Sonuçları. 118

Çizelge 4.18. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Tane Çinko Konsantrasyonlarına (mg kg^{-1}) Etkileri. 121

Çizelge 4.19. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Tane Protein Oranlarına Ait Varyans Analiz Sonuçları. 125

Çizelge 4.20. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Tane Protein Oranlarına (%) Etkileri 129

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Denemede kullanılan saksı sulama sistemi 36

Şekil 3.2. Denemeden genel bir görünüm (Bitkiler 7. günde) 36

Şekil 3.3. Denemeden genel bir görünüm (Hasat öncesi) 37

Şekil 3.4. Hasat olgunluğuna ulaşmış bitkiler 37

Şekil 4.1. Çinko uygulanmayan muamelelerde bor dozlarının bodur fasulye genotiplerinin biyolojik verim (g bitki^{-1}) değerlerine etkisi. 43

Şekil 4.2. Çinko uygulanmayan muamelelerde bor dozlarının bodur fasulye genotiplerinin gelişimi üzerine etikisine ait resimler. 47

Şekil 4.3. Bor uygulanmayan muamelelerde çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin biyolojik verim (g bitki^{-1}) değerlerine etkisi. 49

Şekil 4.4. Bor uygulanmayan muamelelerde çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin gelişimi üzerine etkisine ait resimler. 50

Şekil 4.5. Farklı bor ve çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin biyolojik verim (g bitki^{-1}) değerlerine etkisi 52

Şekil 4.6. Farklı bor ve çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin gelişimi üzerine etkisine ait resimler 53

Şekil 4.7. Çinko uygulanmayan muamelelerde bor dozlarının bodur fasulye genotiplerinin kuru ağırlık (g bitki^{-1}) değerlerine etkisi 55

Şekil 4.8. Bor uygulanmayan muamelelerde çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin kuru ağırlık (g bitki^{-1}) değerlerine etkisi 62

Şekil 4.9. Bor ve çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin kuru ağırlık (g bitki^{-1}) değerlerine etkisi 62

Şekil 4.10. Çinko uygulanmayan muamelelerde bor dozlarının bodur fasulye genotiplerinin tane verimine (g bitki^{-1}) etkisi 67

Şekil 4.11. Bor uygulanmayan muamelelerde çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin tane verimine (g bitki^{-1}) etkisi 71

Şekil 4.12. Bor ve çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin tane verimine (g bitki^{-1}) etkisi 71

Şekil 4.13. Çinko uygulanmayan muamelelerde bor dozlarının bodur fasulye genotiplerinin çiçeklenme dönemi bor konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) etkisi 76

Şekil 4.14. Bor uygulanmayan muamelelerde çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin çiçeklenme dönemi bor konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) etkisi 80

Şekil 4.15. Bor ve çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin çiçeklenme dönemi B konsantrasyonlarına (mg kg^{-1}) etkisi 82

Şekil 4.16. Çinko uygulanmayan muamelelerde bor dozlarının bodur fasulye genotiplerinin hasat dönemi bor konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) etkisi 86

Şekil 4.17. Bor uygulanmayan muamelelerde çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin hasat dönemi bor konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) etkisi 88
Şekil 4.18. Farklı bor ve çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin hasat dönemi bor konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) etkisi 92
Şekil 4.19. Çinko uygulanmayan muamelelerde bor dozlarının bodur fasulye genotiplerinin tane bor konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) etkisi. 95
Şekil 4.20. Bor uygulanmayan muamelelerde çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin tane bor konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) etkisi 95
Şekil 4.21. Farklı bor ve çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin tane bor konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) etkisi 96
Şekil 4.22. Çinko uygulanmayan muamelelerde bor dozlarının bodur fasulye genotiplerinin çiçeklenme dönemi çinko konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) etkisi 101
Şekil 4.23. Bor uygulanmayan muamelelerde çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin çiçeklenme dönemi çinko konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) etkisi 106
Şekil 4.24. Farklı bor ve çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin çiçeklenme dönemi çinko konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) etkisi 109
Şekil 4.25. Çinko uygulanmayan muamelelerde bor dozlarının bodur fasulye genotiplerinin hasat dönemi çinko konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) etkisi. 112
Şekil 4.26. Bor uygulanmayan muamelelerde çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin hasat dönemi çinko konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) etkisi 113
Şekil 4.27. Farklı bor ve çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin hasat dönemi çinko konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) etkisi 114
Şekil 4.28. Çinko uygulanmayan muamelelerde bor dozlarının bodur fasulye genotiplerinin tane çinko konsantrasyonlarına (mg kg^{-1}) etkisi 120
Şekil 4.29. Bor uygulanmayan muamelelerde çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin tane çinko konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) etkisi 123
Şekil 4.30. Farklı bor ve çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin tane çinko konsantrasyonlarına (mg kg^{-1}) etkisi 124
Şekil 4.31. Çinko uygulanmayan muamelelerde bor dozlarının bodur fasulye genotiplerinin tane protein oranlarına (%) etkisi. 127
Şekil 4.32. Bor uygulanmayan muamelelerde çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin tane protein oranlarına (%) etkisi. 132
Şekil 4.33. Farklı bor ve çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin tane protein oranlarına (%) etkisi. 133

1. GİRİŞ

İnsan beslenmesinde taze sebze, konserve ve kuru tane olarak tüketilen fasulye, dünyada ekiliş alanı bakımından yemeklik baklagil bitkileri arasında ilk sırayı almaktadır. Orta Amerika kökenli olan bu kültür bitkisi 250 yıl önce Anadolu'ya gelmiş ve çok geniş bir yayılım alanı bulmuştur. Fasulye Türkiye' de nohut ve mercimekle birlikte en fazla üretimi yapılan baklagil bitkisi olup ağırlıklı olarak bodur fasulye olmak üzere yıllık yaklaşık 162 000 ha alanda 250 000 ton fasulye üretilmekte ve dekara ortalama 154 kg verim alınmaktadır. Ekim alanları düşünüldüğünde Orta Anadolu Bölgesi 57 305 ha ve %31.8'lik pay ile en fazla fasulye ekim alanına, üretimde ise 108 424 ton ve %43.3'lük pay ile yaklaşık yarısına sahiptir (Çiftçi, 2004). Buna karşılık Orta Anadolu Bölgesinin ortalama verimi Türkiye ortalamasına göre istenen seviyede gerçekleşmemektedir. Bunun en önemli nedenlerinin başında uygun üretim tekniklerinin, bilinçli gübrelemenin ve aynı zamanda fasulye tarımı yapılan alanlarda yeterli seviyede mikro besin elementi gübrelemesinin yapılmaması gösterilebilir.

Son yıllarda yapılan çalışmalarda, Dünya ve Türkiye topraklarında mikro besin elementleriyle ilgili yaygın beslenme problemlerinin olduğu ortaya konulmuştur (Eyüpoğlu ve ark., 1995). Orta Anadolu tarım topraklarının önemli bir kısmında çinko (Çakmak ve ark., 1996b), bor (B) ve demirin (Fe) noksanlığı ve B toksisitesi (Gezgin ve ark., 2002) ile bunların hem bitkilerde hem de besin zinciri yoluyla insan ve hayvanlarda olumsuz etkileri çok yaygın olarak görülmektedir.

Dünyada enerji ve protein gereksinimi bakımından 800 milyon insanın yetersiz beslenmesine karşın, 2 milyara yakın insan 'gizli açlık' olarak isimlendirilen ve yetersiz seviyede mikro element (bor, çinko, demir, selenyum, vb.) ve vitamin noksanlığı çekmektedir (Çakmak, 2002; Welch, 2002). Yetersiz mikro element beslenmesi durumunda ölüm oranları artmakta, özellikle çocuklarda zeka gelişimi ve tüm insanlarda verimlilik düşmektedir. Bunun yanında çeşitli organlarda hastalıklar da farkında olmadığımız arazlara yol açabilmektedir. Bu nedenle özellikle gıda amaçlı yetiştirilen ürünlerin içerik bakımından zenginleştirilmesi amacıyla ya yeterince gübrelemenin yapılması ya da topraktan daha iyi besin maddesi alıp depolayabilen, ayrıca gübreleme yapılmadığı durumlarda noksanlık şartlarında daha

az verim kaybına sahip bitki genotiplerinin seçilip tohum geliştirme programlarında kullanılması gerekmektedir.

Dünyada konu ile ilgili bazı çalışmalar olmasına karşın, ülkemizde fasulyede çinko noksanlığı ile ilgili bir çalışma dışında ve bor noksanlığı ve toksisitesine tepkilerin tespiti ile ilgili ise çok az araştırmaya rastlanmıştır. Kaldı ki Türkiye topraklarının besin elementlerinin alımını etkileyen yüksek kil ve kireç miktarı, düşük organik madde miktarı ve yüksek pH gibi nedenlerle çoğu kez farklılıklar arz etmesi dünyada farklı şartlarda yapılan çalışmaların Türkiye'de kullanılabilirliğini sınırlamakta ve bu bakımdan soyanın iklim istekleri bakımından tatmin edici bir şekilde yetiştirilemediği ülkemizde önemli bir bitkisel protein kaynağı olan fasulye ile ilgili detaylı çalışmalar yapılması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu çalışmayla fasulye yetiştiriciliğinin yaygınlık kazandığı ülkemiz ve bölgemizde bazı fasulye genotiplerinin çinko ve bor eksikliği ve toksisitesine reaksiyonları sera saksı denemeleri ile araştırılmıştır. Çalışmayla genotipler arası farklar, toksik şartlara daha iyi adapte olabilen, noksanlık şartlarında ise verim gücü etkilenmeyen (etkin) çeşitlerin ortaya konulması hedeflenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2. 1. Bor (B) İle İlgili Araştırmalar

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

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

Gezgin ve ark. (2002), Orta Güney Anadolu tarım bölgesinden toplanan 898 toprak örneğinin analiz sonuçlarına göre, elverişli B miktarı toprakların % 26.6'sında 0.5 mg kg^{-1} B'dan düşük, % 24.9'unda 0.5^{-1} mg kg^{-1} B, % 30.5'inde 1-3 mg kg^{-1} B, % 8.1'inde 3-5 mg kg^{-1} B, % 6.3'ünde 5-10 mg kg^{-1} B, % 3.6'sında ise >10 mg kg^{-1} B şeklinde olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca bu araştırmada toprakların elverişli B miktarı ile organik madde ($r_=$ 0.29**), elektriksel iletkenlik ($r_=$ 0.56**) ve kil miktarları ($r_=$ 0.23**) arasında pozitif, kireç ($r_=$-0.24**), kum ($r_=$-0.24**) ve Mn miktarları ($r_=$-0.23**) arasında ise negatif ilişkiler belirlemişlerdir.

Bor toksitesi dünyada ve Türkiye' de özellikle kurak ve yarı-kurak bölge topraklarında yaygın ve genelde lokal olarak görülen bir mineral beslenme

problemidir (Sillanpaa, 1982; Kalaycı ve ark., 1998). Bor noksanlığının olduğu alanlarla karşılaştırıldığında B bakımından zengin topraklar daha az yaygın olmasına rağmen çoğu zaman dünyanın farklı bölgelerinde görülen verim düşüşlerinin başta gelen nedenleri arasında gösterilmektedir (Cartwright ve ark., 1986).

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

Bor toksisitesinin neden olduğu verim azalmalarının şiddeti bitki türleri arasında farklılık göstermektedir. Chapman ve ark. (1997) artan doz1arda (0, 0.15, 0.625, 2.5, 10, 40, 60 ve 640 µM) yapılan B uygulamalarına karşı farklı türlerin reaksiyonunu görmek üzere bir çalışma yapmışlardır. Sözkonusu çalışmada test bitkisi olarak buğday, mercimek, acı bakla, tek yıllık yonca ve tarla bezelyesi kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, B uygulamasının yapılmadığı koşullarda buğday dışındaki diğer türlerin bitki gelişimi oldukça fazla etkilenmiş, mercimeğin ve tek yıllık yoncanın B verilmeyen koşullarda önemli verim azalması gösterdikleri saptanmıştır. Borsuz koşullarda buğdayın daha iyi bir büyüme göstermiş olması ise genel olarak tek çenekli bitkilerin çift çenekli bitkilere göre daha düşük B ihtiyacı göstermesine (Marschner, 1995) ve dolayısıyla buğdayın B noksanlığına daha toleranslı olmasına (Weir ve Cresswell, 1994) bağlanmıştır. Yukarıda belirtilen çalışmada Chapman ve ark. (1997), diğer taraftan 0.15 ile 2.5 µM B uygulamaları arasında bütün çeşit ve türlerin maksimum verime ulaştığını, 160 µM B uygulamasında yalnızca tek yıllık yoncada önemli verim azalmasının saptandığını bildirmişlerdir. Ayrıca maksimum verimin elde edildiği uygulamalara göre 640 µM'da B uygulamasından dolayı meydana gelen verim azalmasının denenen bütün türlerde görüldüğü ve en yüksek verim azalmasının tek yıllık yonca ve buğdayda olduğunu saptamışlardır (Chapman ve ark., 1997). Bu sonuçlar bitki türlerinin B noksanlığı koşullarında olduğu gibi B toksisitesi koşullarında da B'dan etkilenme derecelerinin farklı olduğunu göstermektedir.

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

Furio, Riogrande, Sele, DK 743, Helix, Missouri, Betor ve Poker mısır çeşitlerinin B toksisitesine duyarlılıkları sera koşullarında araştırılmıştır. Toprağa B; 0, 10 ve 30 mg kg^{-1} düzeylerinde H_3BO_3 formunda uygulanmıştır. Deneme sonunda bitkilerin yaş ve kuru ağırlıkları ile B konsantrasyonları belirlenmiştir. Yaş ve kuru bitki ağırlıkları ile bitkilerin B konsantrasyonları arasındaki ilişkilerden yararlanılarak mısır çeşitlerinin B toksitesine duyarlılıkları ortaya konulmuştur. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre yaş ve kuru ağırlık bakımından bitkilerin B toksisitesine duyarlılıkları yüksekten düşüğe doğru Helix, Riogrande, Furio, Poker, Sele, Missouri, DK 743, Betor şeklinde sıralanmıştır. Genel olarak yüksek bora

duyarlılıkları düşük olan çeşitlerin yüksek olan çeşitlere göre daha fazla B içerdikleri belirlenmiştir (Güneş ve ark., 2000).

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

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

Rerkasem ve ark. (1993) tarafından tropikal bir iklime sahip olan Kuzey Tayland'da yapılan bir araştırmada yer fıstığı, börülce ve soya çeşitlerinde bor noksanlığının bitkiler üzerindeki etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Bor noksanlığı öz çürüklüğü adı verilen hastalık semptomları ile bitkilerin kotiledon yapraklarında lokal zararlar halinde kendini göstermektedir. Bu semptomlar yer fıstığında %50, soya fasulyesinin NW1 çeşidinde %17, SJ5 çeşidinde %5, 7016 çeşidinde %1 oranında gerçekleşmiştir. Bor uygulanan parsellere oranla kontrol parsellerinde bor eksikliğinin verimde meydana getirdiği azalma soya fasulyesinin NW1 çeşidinde %60, SJ5 çeşidinde %30 ve 7016 çeşidinde %40, yer fıstığında %45, börülcede %73 gibi çok yüksek bir oranda gerçekleşmiştir. Verimde meydana gelen bu farklılığın iç çürüklüğüne ilâveten, bor eksikliğinin verim unsurları üzerindeki etkilerinden kaynaklandığı belirtilmiştir. Ayrıca bu noksanlık belirtilerinin genotipe göre farklılık gösterdiği ve çürüklüğün bir bitkiden diğer bitkiye inokulasyonunun bor eksikliği zararının artmasında çok önemli olduğu bildirilmiştir.

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

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

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

Bitki bünyesinde B karbonhidrat ve protein metabolizmasında, doku farklılaşmasında, oksin ve fenol metabolizmasında, membran permeabilitesinde, polen çimlenmesinde ve polen tüpü büyümesinde önemli roller üstlenmektedir (Marschner, 1995). Bitkilerin ihtiyaç duydukları B miktarı oldukça azdır. Genellikle tek çenekli (monokotiledon) bitkilerin B gereksinimi, çift çenekli (dikotiledon) bitkilerden daha azdır. B toksite ve noksanlık sınır değerleri birbirlerine yakın olduğu için gerek duyulan borun çok az da olsa fazlası, B noksanlığında olduğu gibi bitkilerin gelişmesi üzerine olumsuz etki yapmaktadır. Tahıllar bora karşı duyarlı bitkilerdir. Buğday, yetiştirme ortamında 2 mg kg^{-1}'e kadar boru tolere etmekte ve bu seviyenin üzerindeki bordan ise olumsuz yönde etkilenmektedir (Gupta ve ark., 1985).

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

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

Bitki türleri B isteği yönünden önemli farklılıklar gösterir. Bu nedenle topraktan B alımları da karakteristik olarak farklıdır ve buna bağlı olarak bora (noksanlık-toksite) hassasiyet de türler arasında değişiklik gösterir (Römheld ve Marshner, 1991). Genel olarak dikotiledon bitkilerin B içerik ve istekleri monokotiledonlara göre daha yüksektir. Turpgiller (*Crucifere*) ve şemsiyegiller (*Umbellifere*) familyasının B istekleri daha yüksektir (Martens ve Westermann, 1991). Tarla bitkilerinin B içerikleri genellikle 3-60 mg B kg^{-1} kuru ağırlık arasında değişiklik gösterir. Arpa, buğday, mısır, sorgum gibi monokotiledon bitkilerin 3-5 mg kg^{-1}; bezelye, ayçiçeği, pancar gibi dikotiledonların 20-70 mg kg^{-1}; sütleğen ve

haşhaş gibi süt salgı sistemine sahip bitkilerin ise 80-100 mg kg^{-1} civarında B içerdikleri bildirilmiştir (Aktaş, 1991).

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

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

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

Noppakoonwong ve ark. (1997), börülcede en uygun bakla sayısı için yapraklardaki kritik bor konsantrasyonunu kuru ağırlıkta 13-17 mg B kg^{-1}olarak tespit edilmiştir. Bor eksikliğinin teşhisinde bu değerlerin bütün börülce çeşitleri için geçerli olduğu sonucuna varılmıştır. Bu kritik değerlerin altında bitkinin gerek metabolik faaliyetlerinde gerekse gelişim seyrinde çeşitli aksamalar olacağından,

yapılabilecek bir bor uygulamasında bu değerlerin göz önünde tutulması gerektiği belirtilmiştir.

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

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

Güneş ve ark. (2003), bor noksanlığı olan (0.68 mg kg^{-1}, NH_4OAc ile ekstrakte edilebilir) bir toprakta yetiştirilen ekmeklik *(Triticum aestivum* L, cv. Bezostaja) ve makarnalık *(Triticum durum* L. cv. Kızıltan) buğdayın verim ve bazı verim komponentlerine borlu gübrelemenin etkisini belirlemek için sera (0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 ve 2.5 mg B $kg\cdot^{-1}$) ve tarla denemeleri (0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 ve 5.0 kg B ha^{-1}) yürütmüşlerdir. Sera denemesinde uygulanan B düzeylerine bakılmaksızın B uygulamasıyla Bezostaja ve Kızıltan buğdayının gövde kuru ağırlıklarının arttığı,

tarla denemesinde, 4.0 kg ha^{-1} B uygulamasıyla tane verimi Bezostaja'da 3668 kg ha^{-1}'dan 5475 kg ha^{-1}'a, Kızıltanda ise 4668 kg ha^{-1}'dan 5360 kg ha^{-1}'a yükseldiğini, bor'un bu düzeyinden sonra buğday çeşitlerinin tane verimi azalttığını bulmuşlardır. Her iki çeşitte de gövde ve tanenin B konsantrasyonu borlu gübrelemeye bağlı olarak arttığını, buna ilave olarak B' lu gübreleme ile başak sayısı, başak boyu, başakta steril başakcık sayısı, başakta tane verimi ve hasat indeksi Bezostaja buğdayında ve başaktaki fertil başakcık sayısı, başaktaki tane sayısı ise Kızıltanda artış gösterdiğini belirlemişlerdir.

Sade ve ark. (2003), düşük B ihtiva eden alanda (0.19 mg B kg^{-1}) farklı B seviyelerinin (0, 0.1, 0.3 ve 0.9 kg B da^{-1}) makarnalık ve ekmeklik buğday ile arpa çeşitlerinin tane verimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Tarla koşullarında yürütülen bu çalışmada; 6 makarnalık buğday (Kızıltan-91, Ç-1252, Selçuklu-97, Kunduru-1149, Yılmaz-98 ve Çakmak-79), 6 ekmeklik buğday (Gün-91, Kınacı-97, Göksu-99, Türkmen, Bezostaja ve Sultan-95) ve 6 arpa (Tokak 157/37, Karatay-94, Kral-97, Bülbül-89, Tarm-92 ve Hamidiye-85) çeşidine topraktan farklı dozlarda B (H_3BO_3) uygulaması yapılmıştır. Farklı B dozu uygulamalarının tane verimi üzerine etkisi makarnalık ve ekmeklik buğdaylarda önemli olurken, arpa çeşitlerinde ise önemsiz olduğunu, makarnalık buğdaylarda çeşitlerin ortalaması olarak en yüksek verim artışları % 11 ile 0.1 kg da^{-1} B uygulamasından elde ettiklerini, 0.3 ve 0.9 kg da^{-1} B uygulamalarındaki verim artışları sırasıyla % 9 ve % 7 olduğunu ifade etmişlerdir. Ekmeklik buğdaylarda ise en yüksek verim artışı % 10 ile 0.3 kg da^{-1} B uygulamasından elde etmişlerdir. Hem makarnalık hem de ekmeklik buğdaylarda B uygulamalarının tane verimi üzerine etkisi çeşitlere göre istatistiki açıdan önemli derecede farklılık gösterdiği belirtilmiştir. Araştırma sonucunda ülkemizde B fazlalığı gibi eksikliğinin de tahıllarda önemli derecede verim kaybına sebep olabileceği belirlenmiştir. Farklı B uygulamalarına karşı çeşitlerin tepkileri birbirinden çok farklılık gösterdiğinden, ekilecek çeşitlerin belirlenmesinde bölge topraklarının B içeriklerinin göz önünde bulundurulması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Soylu ve ark. (2004), tahıllar için düşük B ihtiva eden (0.19 mg kg^{-1}) topraklarda, tarla koşullarında yaptıkları çalışmada 6 makarnalık buğday çeşidine (Kızıltan-91, Ç-1252, Selçuklu-97, Kunduru-1149, Yılmaz-98 ve Çakmak-79) 4

farklı B dozu (0, 1, 3 ve 9 kg B ha^{-1}) uygulamışlardır. İki yıl süren araştırma sonucunda, makarnalık buğday çeşitlerinin B dozlarına önemli derecede genotipik farklılık gösterdiğini tespit etmişlerdir. Hektara 3 kg B uygulaması ile Kızıltan-91 çeşidinde % 38'lik oranla en yüksek verim artışı sağlanırken, Çakmak-79 çeşidinde aynı dozda % 11'lik verim artışı kaydedilmiştir. Altı çeşidin ortalama tane verimi incelendiğinde verimde 1 kg ha^{-1} B uygulaması ile % 11, 3 kg ha^{-1} ile % 9 ve 9 kg ha^{-1} ile % 7 artış olduğu görülmüştür. Çeşitlerin bayrak yapraklarındaki B miktarları B dozlarının artışı ile ritmik bir artış göstermiş, kontrol parsellerinde 11.1 mg kg^{-1} olan B konsantrasyonu 1, 3, 9 kg ha^{-1} B uygulamalarında sırasıyla 14.67, 17.33 ve 24.28 mg kg^{-1} olmuştur. Sonuç olarak makarnalık buğdayların B eksikliğine karşı hassasiyet gösterdiği tespit edilmiştir. Bora tepki yönünden buğday çeşitleri arasında önemli genotipik farklılıkların ortaya çıkması B eksikliğine hassas veya toleranslı genotiplerin belirlenerek bölge topraklarına uygun çeşitlerin belirlenmesi gerektiğini ifade etmişlerdir.

Rerkasem ve Jamjod. (2004), buğdayda B eksikliğinin 1960 yılından beri bilindiğini ve buğdayın B eksikliğine dikotiledon bitkilerden daha fazla eğimli olduğunu belirtmişlerdir. B fazlalığının buğdayda büyüme ve gelişmeyi etkilediği bilinse de, eksikliği ticari açıdan önemli derecede verim kayıplarına neden olmaktadır. Buğday genotiplerinin bora karşı tepkileri bakımından farklılık gösterdiği, bazı genotiplerin düşük borlu topraklarda yetiştirilirken verimlerinin değişmediği fakat bazı genotiplerinde bu topraklarda B eksikliğinden etkilenerek verim kayıplarına neden olduğu belirtilmiştir. Araştırıcılar B eksikliğine tepkilerin belirlenmesinde, en ani tepkinin kök uzamasının durması olarak nitelendirmişler fakat bu etkinin buğdayda nadir görüldüğünü ifade etmişlerdir.

Görmüş, (2005), azot ve bor uygulama dozlarının, pamuk verimi ve lif kalitesi üzerine etkilerini araştırmak için 0.38 mg kg^{-1} B içeren bir toprakta Suregrow 125 pamuk *(Gossypium hirsutum* L.) çeşidini yetiştirmiştir. Çiçeklenme başlangıcında ve besin elementi uygulamalarından önce alınan yaprak örneklerinde yapılan doku analizlerinde, N ve B konsantrasyonlarının yeterli düzeyde olduğunu göstermiştir. Denemede, toprağa üç azot (0, 80 ve 160 kg ha^{-1}) dozu ile üç kez yaprağa, toplam 0, 0.56 ve 1.12 kg ha^{-1} bor uygulaması yapmıştır. Yaprağa bor uygulaması ile yaprak B konsantrasyonunun her iki yılda da önemli düzeyde artış

gösterdiğini, yaprağa B uygulamaları koza sayısı, koza ağırlığı, kütlü pamuk verimi ve lif verimini önemli düzeyde arttırdığını belirlemiştir. En yüksek koza sayısı ile lif verimi 1.12 kg ha^{-1} B ile 160 kg ha^{-1} N uygulamasından elde etmiştir. Bor uygulaması ile 2003 yılında, koza ağırlığında 5.93 gramdan 6.92 grama, bitki başına koza sayısında ise 15.9'dan 18.5'a varan bir artış olduğunu ortay koymuştur. Buna bağlı olarak, B uygulamasının kontrole oranla verimde % 15,5'lik bir artış sağladığını, N ve B uygulamalarının lif kalite özelliklerinde önemli bir etkisi olduğunu ve çalışmasında toprak B düzeyi düşük olduğunda, pamuk bitkisinin ek bor uygulamasına gereksinim duyduğunu ortaya koymuştur.

Gülümser ve ark. (2005), fasulye bitkisine *(Phseolus vulgaris* L) yapraktan ve topraktan uygulanan farklı bor dozlarının (0, 0.5, 1.0, 1.5 ve 2.0 kg ha^{-1}) verim ve verim unsurlarına etkilerini araştırmışlardır. Bor olarak solubor (%66.14 B) ve fasulye olarak Efsane çeşidini kullanmışlardır. Araştırma sonucunda fasulyeye borun yapraktan ve topraktan uygulama şekilleri etkili olmazken, farklı dozlardaki bor uygulamalarının etkisini önemli bulmuşlardır. Varyans analizi sonucu bor dozlarının ilk bakla yüksekliğine, tanenin bor içeriğine, çimlenme oranına, bin tane ağırlığına ve tane verimine önemli düzeyde etkili olduğunu belirlemişlerdir. Fasulyeye yapraktan ve topraktan uygulanan 1.11 kg ha^{-1} bor en fazla kuru tane verimini (247.88 kg da^{-1}) sağladığını görmüşlerdir.

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

bir etkisinin olmadığı, ancak demir uygulamasının ise uygulanan demir miktarının artışına bağlı olarak bitkinin bor alımını azalttığını belirlemişlerdir.

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

Torun ve ark. (2006), toprakta bor toksisitesine karşı genotipsel farklılığın boyutunu araştırmak amacıyla 70 makarnalık buğday (*Triticum durum*) genotipi ile yaptıkları sera denemesinde, bitkiler ekstrakte edilebilir B'un 12 mg kg^{-1} olduğu bir toprakta iki ayrı bor uygulamasına tabi tutmuşlar (+B: 25 mg kg^{-1} toprak;-B: 0 mg kg^{-1}) 30 günlük büyüme evresinden sonra bitkilerin yalnızca yeşil aksamlarını hasat etmişler ve genotipleri kuru madde ağırlığı ve yeşil aksam B konsantrasyonu bakımından değerlendirmişlerdir. Genotipler arasında topraktaki B toksisitesine karşı, toksisite belirtilerinin şiddeti ve büyümedeki azalma bakımından büyük bir genotipsel varyasyonun olduğunu, test edilen genotiplerden Sabil-l, Stn "S", Aconhi-89 ve Wadelmez-2, B uygulamasından etkilenmeyen ve hatta bu genotiplerde B'dan dolayı büyümede bir artma eğiliminin ortaya çıktığını belirlemişlerdir. Buna karşılık, diğer genotiplerin tümünde B uygulaması sonucu kuru madde ağırlığında azalmaların olduğu, bu azalmaların özellikle Lagost-3, Dicle-74. Brachoua/134xS-61 ve Gerbrach genotiplerinde olduğunu, genotiplerden Braehoua/l34xS-61 ve Gerbrach'da

B'dan dolayı kuru madde oluşumundaki azalmanın 2 kattan daha fazla olduğunu ifade etmişlerdir Genel olarak B toleransı yüksek genotipler yüksek miktarlarda B birikimi gösterirken, duyarlı genotiplerde düşük düzeylerde B birikimini belirlemişlerdir. Bu sonuçlar, 70 genotip arasında görülen farklı B toleransının, B'un köklere alınmayarak dışarıda tutulması (dışlama) mekanizması ile ilişkili olmadığını ortaya koymuşlardır.

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

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

2.2. Çinko (Zn) İle İlgili Araştırmalar

Toprakların toplam Zn içeriği topraktan toprağa büyük ölçüde değişmektedir. Aubert ve Pinta (1977), bazalt ve gabro gibi volkanik bazik kayaçların (80-120 mg Zn kg^{-1}) asidik volkanik kayaçlar (40-60 mg Zn kg^{-1}), metamorfik kayaçlar ve kireç veya kumtaşı gibi sedimenter kayaçlardan (10-30 mg Zn kg^{-1}) genellikle daha fazla Zn içerdiğini bildirmişlerdir. Çinko eksikliği daha çok düşük sıcaklıklarda ve nemli ilkbahar mevsimlerinde baş gösterir Bununla birlikte düşük veya orta ışık şiddeti

yeraltı üçgülü (*Trifolium subterraneum*) (Ozanne, 1955) ve mısırda (Edwards ve Kamprath, 1974) Zn eksikliğinin şiddetini artırmıştır.

Topraktaki Zn, (I) toprak çözeltisinde iyonik ve organik olarak kompleksleşmiş, (II) reaktif toprak komponentlerinin değişim yerlerine bağlanmış olarak, (III) organik maddeyle kompleksleşmiş, (IV) Fe, Al, Mn oksit ve hidroksitlerinde okside şekilde ve (V) birincil ve ikincil minerallerin içinde tutunmuş olarak bulunabilir (Jenne, 1977).

Çinko çözünürlüğü özellikle $CaCO_3$ içeren yüksek pH'lı topraklarda çok düşüktür. Öte yandan toprak çözeltisinde denge durumundaki Zn konsantrasyonunun pH'nın 5.5'tan 7'ye çıkarılmasıyla 30-45 kez azaldığı belirlenmiştir (Shuman, 1975). Nitekim, Hodgson ve ark. (1966) alkalin topraklarda Zn'nin çözünürlüğünün 3 x $l0^{-9}$ ile 3 x $l0^{-6}$ M gibi bir değer arasında olduğunu belirtmişlerdir.

Farklı fraksiyonlardaki Zn'nin bitki tarafından alınabilirliliği farklıdır. Suda çözünebilir, değişebilir ve adsorbe edilmiş fraksiyonlarda bulunan Zn bitkilere kolayca yarayışlı olurken, buna karşılık birincil ve ikincil toprak mineralleriyle bulunan Zn'nun bitkilere nispeten yarayışsız olduğu saptanmıştır (Viets, 1962).

Rizosfer pH'sının düşürülmesi Zn'nun çözünürlüğünü arttırıcı etkide bulunur. Rizosferin asitleşmesi dışarıya H iyonlarının salgılanmasıyla artar. Köklerden salgılanan organik bileşikler ayrıca rizosferde indirgeyici özelliğe de sahip olabilir. Örneğin, Brown (1979) değişik fasulye çeşitlerinde yapmış olduğu çalışmada, Zn noksanlığı koşulları altında, Zn noksanlığına duyarlı olmayan çeşitlerin, Zn noksanlığına duyarlı olan çeşitlerden daha fazla miktarda Fe^{+3}'ü Fe^{+2}'ye indirgeme kapasitesine sahip olduğunu göstermiştir.

Dünyada ve Türkiye'de yapılan çalışmalarda tarım topraklarında oldukça yaygın bir Zn noksanlığının olduğu bildirilmiştir. Dünya'daki tarım topraklarının yaklaşık % 30'nun (Sillanpaa, 1982), Türkiye'deki toprakların ise yaklaşık %50'sinin (Eyüpoğlu ve ark., 1995) Zn bakımından fakir oldukları saptanmıştır. Türkiye'de özellikle Konya ovasında söz konusu oranın % 90'a ulaştığı bildirilmiştir (Çakmak ve ark., 1996).

Eyüpoğlu ve ark. (1995), Türkiye topraklarını temsilen alınan 1511 toprak örneğinin % 49.8'inde (14 milyon ha alanda) Zn noksanlığı belirlemişlerdir. Bu

araştırmaya göre, Aydın yöresi topraklarının DTPA yöntemine göre yarayışlı Zn kapsamının 0.22 - 4.54 mg kg^{-1} arasında değiştiği, ortalama olarak 1.06 mg kg^{-1} olduğu, toprakların % 44'ünde Zn konsantrasyonunun 0.5 mg kg^{-1} ve altında, % 24'ünde ise 0.5 - 1 mg kg^{-1} arasında olduğu belirlemişlerdir.

Topraklarda bu denli yaygın olan Zn yetersizliğinin sonucu olarak yetiştirilen bitkilerde Zn noksanlık semptomları ortaya çıkmaktadır. Bitkilerde yeşil aksamdaki yeterli Zn konsantrasyonu genelde 20 mg kg^{-1}'dan daha büyük olmasına karşılık tek çenekli bitkilerde bu değer 10-15 mg kg^{-1} olarak bildirilmiştir (Jones ve ark., 1991). Orta Anadolu'da Çakmak ve ark. (1996a) tarafından yapılan çalışmada, buğdayların yeşil aksamında bulundurdukları Zn konsantrasyonun ortalama 8.5 mg kg^{-1} olduğu ve bitkilerin % 80'nin kritik noksanlık sınır değerinin altında Zn'ya sahip olduğu saptanmıştır.

Reed (1942), Zn eksikliği şartlarında gelişen bezelye bitkilerinin hiç tohum üretmediğini ve Zn'nin embriyo gelişimi için gerekli olduğunu bulmuştur.

Welch ve ark., (1982), Zn noksanlığı altındaki bitkilerin kök hücre membranlarının yapısal bütünlüğünü kaybettiğini ve bu nedenle iyon alımının (örneğin P) arttığını belirlemiştir.

Çinko noksanlığındaki bitkide fitohormonların özellikle oksin hormonunun (IAA) düşük konsantrasyonda bulunması ya peroksidaz aktivitesi ve serbest oksijen radikallerinin artışının bir sonucu olarak oksidatif parçalanmasına (Çakmak ve Marschner 1988) ya da oksin sentezinin azalmasına dayanmaktadır. Süper oksit dismutazın Zn içeren izoenzimi (Cu-Zn/SOD) süperoksit radikallerinin (0_2^-) detoksifikasyonunu sağlayarak membran lipidlerin ve proteinlerin oksidasyonuna karşı korunmasında önemli bir rol oynar. Bilindiği gibi O_2 radikalleri, bitkilerde önemli düzeylerde tahribat yapan ve bitkilerin strese girmesine ve büyüme olaylarının engellenmesine neden olan toksik maddelerdir (Elstner, 1982). Bu radikallerin yok edilmesinde, Zn içerikli SOD enzimine önemli roller düşmektedir. Cu-Zn-SOD aktivitesi Zn eksikliği ile azalmaktadır (Çakmak ve Marschner, 1987). Aerobik hücrelerde O_2'nin sentezlenmesinde bir NADPH oksidaz enziminin büyük rol oynadığı ve bu enzimin Zn noksanlığı altındaki bitkilerde yüksek bir aktivite gösterdiği bulunmuştur (Çakmak ve Marschner, 1988a).

Çinko eksikliği altındaki bitkilerde kök hücrelerinin membran permeabilitesi artmakta, K ile şekerler, aminoasitler ve fenolik maddeler gibi düşük molekül ağırlıklı organik bileşikler hücreden dışarıya salgılanmaktadır (Çakmak ve Marschner, 1988a; 1988b).

Demir noksanlığı altındaki çift çenekli bitkilerdeki Zn absorpsiyonunun artması strateji 1 bitkilerinin sahip olduğu rizosfer bölgesinin asitleştirilmesine bağlı olabilir (Marschner ve ark., 1989). Zhang (1991), Zn mobilize edici salgıların salgılanmasının bitki türüne bağlı olduğunu göstermiştir. Aynı araştırmacı çift çenekli türlerin (Örneğin, fasulye ve domates) kök salgılarının Zn mobilizasyonunu artırmadığını, buna karşılık buğdaygil türlerinin (örneğin, arpa ve buğday) Zn mobilizasyonunu arttırdığını bulmuştur.Ayrıca bitkilerde çinko eksikliğinin polen üretmek için başakçıkların kapasitesini azaltarak bitkilerde erkek cinselliğini azalttığı gösterilmektedir ve bundan dolayı başakçık sentezinin gecikmesi sonucunda, polen verimliliği ve yaşama yeteneği azalmaktadır (Sharma ve ark., 1990).

Zhang (1991), Zn eksikliğinde bitki köklerinden aminoasitlerin ve karbonhidratların salgılanmasının 3-4 kat ve fenolik bileşiklerin ise 2-3 kat arttığını belirlemiştir. Böyle düşük moleküler ağırlıklı kök salgıları rizosferde mikroelementlerin çözünürlüğünün artmasında önemli olabilir.

Çinko ayrıca membran proteinlerinde (örneğin, iyon taşıyıcı proteinler) muhtemelen sülfihidril gruplarının korunmasında, antioksidantlar gibi rol almaktadır (Welch ve Norvell, 1993).

Çinko 300'e yakın enzimde rol alarak bitkide pek çok temel metabolik reaksiyonu etkilemektedir. Çinko bu enzimlerde strüktürel bileşim maddesi olarak veya bir katalizör olarak gereklidir. Bitkilerde Zn'nin temel fonksiyonları protein, karbonhidrat metabolizmasıyla ve auxin, RNA ve ribozom formasyonları ile de ilişkilidir. Çinko noksanlığında bitkide protein sentezinin gerilemesi ya ribozomların yapısal dayanıklılığının azalması ya da Zn içeren RNA polimeraz'ın aktivitesinin düşmesi sonucu, ya da RNA'nın parçalanması sonucu ortaya çıkmaktadır (Obata ve Umebayashi, 1988; Marschner, 1995). Price (1962) *Euglena gracilis*'te yaptığı çalışmada, Zn'nin doğrudan RNA sentezine katkıda bulunduğunu saptamıştır. Çinko noksanlığında RNA sentezinin ve buna bağlı olarak da protein üretiminin durduğu saptanmıştır.

Çinkonun protein sentezinde önemli fonksiyonları bulunmakta ve noksanlığı durumunda protein sentezi hızı düşmektedir. Bunun sonucu olarak aminoasit birikimi oluşur. Çinko ribozomların yapısal bileşenidir. Çinko bakımından yeterli düzeyde beslenen hücrelerde ribozomal RNA'nın kapsamı 650-1286 μg g^{-1} RNA'dır. Çinkonun yetersiz olduğu koşullarda yetişen bitkilerin hücrelerinde ise bu miktar 300-380 μg g^{-1} RNA düzeyindedir (Prask ve Plocke, 1971). Çinko noksanlığında ribozomların stabilitesi bozulur, ancak Zn uygulanınca tekrar düzelir.

Türkiye'deki çalışmaların yanı sıra dünyada yapılan birçok çalışmada da Zn noksanlığının bitkisel üretimde önemli verim azalmalarına yol açtığı bildirilmiştir. Örneğin Hindistan (Takkar ve ark., 1997) ve Avustralya'da (Graham ve ark., 1992) yapılan araştırmalar sonucunda topraktaki Zn eksikliğinin buğday üretim alanlarında önemli verim azalmalarına neden olduğu görülmüştür. Literatür çalışmaları, toprakta ve bitkide Zn noksanlık şiddetinin artışıyla bitkide önemli verim kayıplarının olduğunu göstermektedir. Bu da topraklarda bitkinin gereksiniminin çok üzerinde bulunan toplam Zn'nun (>80 mg kg^{-1}) bitki tarafından alınabilirliğinin veya topraktaki hareketliliğinin arttırılması için bir takım önlemlerin alınması gereğini ortaya koymaktadır.

Bitkideki toplam Zn'nin bir kısmı tohum Zn kaynaklarından gelebilmektedir. 17 günlük mısır fidelerindeki Zn'nin %64-73'ünün tohumlarından yeşil aksamlarına taşındığı bulunmuştur (Shaw ve ark. 1954; Peaslee ve Leggett, 1980).

Red-Mexican fasulyelerinin düşük tohum Zn içeriğinin çimlenmeden sonra, fidelerinde Zn eksiklik semptomlarına yol açtığı belirlenmiştir (Viets ve ark., 1954). Gelişimin ilk aşamalarında Zn eksikliği bitki olgunluğunu geciktirmektedir ve gelişimin daha sonraki aşamalarında Zn eksikliğinden bitki kurtulsa bile fasulye kalitesini azaltmaktadır (Boawn, 1969). Bu nedenle, yüksek tohum Zn rezervinin büyük bir bölümü bitkilere ilk gelişim aşamalarında yararlı olabilir.

Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) kotiledonlarının başlangıçtaki Zn içeriğinin bitkinin toplam Zn'sinin % 94'ünü içerdiğini ve Zn'nin bitkinin geri kalan kısmına 6 gün içinde taşınabildiği ve %47'ye azaltıldığı belirlemişlerdir (Bukovac ve Riga, 1962).

Çoğu fasulye genotipleri (*Phaseolus vulgaris* L.) Zn eksikliğine karşı çok duyarlı, Zn uygulamasına karşı çok hassastır. Örneğin, Zn uygulaması ile çözelti

kültüründe yetişen fasulyede verim %422 (Ambler ve Brown, 1969) tarlada yetişen fasulyede ise verim %143-210 arasında (Leggett ve Westermann, 1986) artış göstermiştir.

Saginaw ve Sanilac çalı fasulye çeşitlerinde Zn beslenme statüsü ve nişasta yapısı arasında bir ilişkinin olduğu bildirilmiştir (Jyung ve ark., 1975). Çinko eksikliği altında nişasta sentezinin ve nişasta tanelerinin miktar ve büyüklüğünün ve nişasta içeriğinin azaldığı belirlenmiştir. Çinko eksikliğine duyarlı Sanilac çalı fasulyesinde nişasta içeriğinde azalma %94 iken, Saginaw'da %37 olarak bulunmuştur. Benzer sonuçlar Zn'su yetersiz fasulye genotipinde (Thomson ve Weiwer, 1962) ve ıspanak yapraklarında da belirlenmiştir (Vesek ve ark., 1966).

Çinko eksikliğine karşı bir türün çeşitleri arasında görülen farklı duyarlılık birçok bitki türü için ortaya konmuştur. Fasulye (Ambler ve Brown, 1969; Polson ve Adams, 1970, Jolley ve Brown, 1991), sorghum (Shukla, 1973), mısır (Shukla ve Raj 1976; Clark, 1978) soya fasulyesi (Hartwig, 1991), yulaf (Brown ve McDaniel, 1978), buğday (Shukla ve Raj, 1974) ve yonca (Reuter ve ark., 1982) gibi bitki türlerinde genotipler arasında Zn eksikliğine karşı derin farklılıklar saptanmıştır. Bu farklılıklar, Zn eksikliğine karşı bitkide eksiklik semptomunun ortaya çıkış zamanını, semptomların şiddetini ve Zn uygulamasına karşı tepkilerini göstermektedir. Mercimek, nohut ve bezelye Zn noksanlığına karşı arpa ve yulaftan daha çok duyarlıdır (Tiwari ve Dwivedi, 1990). Burvill (1965), Avon yulaflarının Zn eksikliğine karşı diğer çeşitlerden daha az hassas olduğunu bildirmiştir.

Ellis (1965), Sanilac fasulye genotipinin Zn eksikliğine karşı Saginaw fasulye genotipinden daha çok duyarlı olabileceğini göstermiştir. Polson ve Adams (1970), Saginaw genotipinin Zn eksikliğine ve fazlalığına karşı Sanilac genotipinden daha çok toleranslı olduğunu bulmuşlardır. Düşük Zn konsantrasyonunda (0.02 $mg.L^{-1}$) Sanilac'ın kötü bir şekilde geliştiği (Ambler ve Brown, 1969; Jyung ve ark., 1972) ve ek Zn'ya daha az duyarlı olduğu (Mugawaira ve Knezek, 1971) belirlenmiştir. Wade ve Bath (1985), tarlada Zn uygulamasına karşı iki fasulye genotipinin reaksiyonunu araştırmıştır. Fasulye çeşitlerinden Gallaroy Zn eksikliğinden çok az etkilenirken, Selection-46 çeşidi oldukça duyarlı olmuştur.

Fotosentetik CO_2 redüksiyonunda rol alan ribuloz difosfat karboksilaz enziminin miktarında, Zn eksikliğine duyarlı Sanilac fasulye çeşidinde, Zn

eksildiğine dayanıklı Saginaw fasulye çeşidine göre bir azalma belirlemiştir (Jyung, 1972).

Gupta ve Potlia (1988) fasulye ile yaptıkları saksı denemelerinde çinkonun farklı formlarda 5 ve 10 mg kg^{-1} uygulamalarının ortalama kuru madde verimini 2.93 g $saksı^{-1}$'dan 9.50-11.10 g $saksı^{-1}$'ya yükselttiğini ve $ZnS0_4$'ın en etkili form olduğunu tespit etmişlerdir.

Jolley ve Brown (1991), Zn stresi altındayken, Zn eksikliğine dayanıklı Sanilac fasulyesi (120 μg g^{-1}) duyarlı olan Saginaw fasulyesinden (72 μg g^{-1}) daha çok Fe'i yaprakta topladığını bulmuşlardır. Sanilac'taki yaprak Fe'nin Saginaw' dakine göre yüksek olması, Sanilac'ın Saginaw'dakine göre daha fazla indirgeyici bileşik salgılamasıyla ilişkili olduğunu belirtmişlerdir.

Singh ve Tiwari (1992), 1981-82 yıllarında "K-850", "K-468" ve "T -3" nohut çeşitlerine hektara 0, 2.2 ve 4.4 kg hesabıyla çinko dozları uygulamışlardır. Sonuçta 2.2 ve 4.4 kg ha^{-1} çinko uygulamaları ile tane verimi, kontrole göre sırasıyla % 12.2 ve 13.8 oranlarında artmış ve çinko uygulaması ile bitkideki P, Fe ve Cu konsantrasyonlarının düştüğü tespit edilmiştir.

İşler (1997), değişik fasulye çeşitlerinin çinko eksikliğine olan duyarlılıkları ile çinko ve fitik asiti içerikleri üzerine yaptığı bir araştırmada; Zn eksikliğine dayanıklılık, Zn biriktirme kapasitesi ve Zn'nin biyolojik yarayışlılığı bakımından fasulye çeşitleri arasında önemli farklar ortaya çıktığını vurgulamaktadır.

Karaman ve ark. (1998) "Yalova" tarla fasulyesi çeşidini *(Phaseolus vulgaris* L.*)* kullanarak yürüttükleri bir araştırmada 0, 10, 20 mg kg^{-1} Zn dozlarında $ZnCl_2$ uygulamışlardır. Artan dozlarda çinko uygulaması kontrole göre tüm dozlarda fasulyenin kuru madde miktarını artırmış ve çinko uygulamasına bağlı olarak bitkinin P, Fe, Cu, Mn kapsamları azaldığını ve aynı zamanda çinko uygulamasının siltli-tınlı bünyeye sahip alüviyal toprakta, killi-tınlı bünyeye sahip kolüviyal toprağa göre daha etkili olduğunu tespit etmişlerdir.

Yüksek tohum Zn içeriği, yetersiz Zn'ye sahip toprakta gelişen buğday genotipleri için oldukça önemlidir. Tohumu yüksek Zn içeren genotipler büyümenin ilk aşamalarında daha çok kök ve yeşil aksam yaparlar. Daha fazla miktarda kök kütlesinin oluşumu büyümenin sonraki devrelerinde bitkinin çevreden daha çok Zn

almasına katkıda bulunabilecektir. Düşük Zn içeren tohum (250 ng/tohum) kullanıldığında Zn noksanlığı koşullarında Excalibur (Zn noksanlığına dayanıklı), Gatcher'e (Zn noksanlığına duyarlı) göre Zn eksikliğine daha dayanıklı olurken, tohumdaki Zn içeriği 700 ng/tohum olduğunda genotipler arasında Zn eksikliğine karşı farklılık görülmemiştir (Graham ve Rengel, 1993). Aynı araştırmada çinko noksanlığına son derece duyarlı olan Durati genotipinin tohumundaki Zn içeriğinin 2/3'ne sahip olan diğer genotiplerin daha iyi büyüme gösterdiği saptanmıştır. Bu sonuçlar, tohumdaki Zn içeriğinin her zaman Zn noksanlığına karşı genotiplerin dayanıklılığını belirleyen bir mekanizma olmadığını göstermektedir.

Kenbaev ve Sade (1997) Konya kıraç koşullarında arpa çeşitlerinin *(Hordeum vulgare* L.) çinko dozlarına tepkilerinin belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada çinko dozlarının tane verimi üzerine etkisini istatistiki olarak önemli bulmuşlardır. Çinko uygulamasıyla tane verimi artmakla beraber, kontrol dışındaki tüm çinko dozlarının aynı verim grubunda yer aldığını tespit etmişlerdir.

Oktay ve ark. (1997), çinko sülfat gübrelemesinin patates bitkisinde ürün miktarı ve bazı kalite özellikleri ile yaprak ve yumrunun makro ve mikro besin elementleri kapsamına etkisini araştırmak amacıyla yaptıkları bir çalışmayla 4, 8 ve 12 kg/da $ZnS0_4.7H_20$ uygulamaları, kontrole göre ürün miktarında sıra ile % 15.5, 41.2 ve 20.5'lik artışın olduğunu belirlemişlerdir.

Gezgin (1998) tarafından Konya ekolojik şartlarında yapraktan püskürtülerek $ZnS0_4$ ve Zn-EDTA formlarında ve değişik dozlarda uygulanan çinkonun kışlık "Gerek-79" buğday çeşidinde verim ve verim unsurları üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan bir araştırmada çinkonun $ZnSO_4$ formunda uygulanmasıyla kontrole kıyasla tane veriminde çinko dozlarına bağlı olarak % 25-45.9 oranında azalma tespit etmiştir. Bunun yanında çinkonun ZnEDTA formunda uygulanmasıyla tane verimi kontrole kıyasla Zn_1 dozunda (390.6 kg da^{-1}) % 18.1 oranında artmış olmasına rağmen çinko dozunun artmasıyla % 1.6-4.2 oranında azalmıştır. Bayrak yaprakların çinko kapsamı ile tane verimi, hasat indeksi, yaprağın azot ve demir kapsamı arasında istatistiki bakımdan önemli ($p<0.01$) negatif korelasyon bulunmuştur. Ayrıca yaprağın çinko ile fosfor kapsamı arasında negatif ancak önemsiz ve potasyum kapsamı arasında önemli pozitif bir ilişki tespit etmiştir.

Bitkilerin oldukça düşük Zn konsantrasyonuna sahip olmasının önemli verim

azalmalarına yol açtığı bildirilmiştir. Örneğin Çakmak ve ark. (1999), Konya Ovası'nın farklı lokasyonlarında yaptıkları çalışmalarda, topraktaki DTPA ile ekstrakte edilebilir Zn konsantrasyonuna bağlı olarak toprağa yapılan Zn uygulamasının bitkilerin tane verimini % 5-554 arasında arttırdığını bulmuşlardır. Aynı çalışmada, toprağa yapılan Zn ilavesiyle sağlanan ortalama verim artışının ise % 43 olduğu belirlenmiştir. Benzer sonuçlar, Kalaycı ve ark. (1999) tarafından buğday bitkisinde tarla koşullarında gerçekleştirdikleri çalışmada da elde edilmiştir. Bu çalışmada, bitkiler iki yıl Zn'li ve Zn'siz koşullarda yetiştirilmiş, iki yılda toprağa yapılan Zn ilavesiyle çeşitlerin ortalama tane veriminde % 30 artış olduğu saptanmıştır. Yine aynı denemede kullanılan çeşitlere bağlı olarak Zn noksanlığından dolayı ortalama verim kayıplarının % 8-43 arasında değiştiği görülmüştür.

Tarla koşullarında yürütülen denemeler yanında sera koşullarında yürütülen çalışmalarda da benzer bulgular elde edilmiştir. Örneğin, Torun ve ark. (2000) sera koşullarında yürüttükleri bir denemede 164 ekmeklik buğday çeşidinin Zn noksanlığına karşı olan duyarlılıklarını kuru madde verimlerinde meydana gelen azalmaya göre belirlemişler ve deneme sonunda çeşitlerin Zn noksanlığından kaynaklanan ortalama verim azalmasının % 46 olduğunu saptamışlardır. Ayrıca söz konusu araştırmada çeşitlerin Zn noksanlık semptom şiddetinin artışıyla bitkide Zn noksanlığından kaynaklanan verim azalmasının da arttığı bulunmuştur.

Hacısalihoğlu ve Kochian (2003)'a göre çinko noksanlık şartlarına tolere edip verimde azalma olmayan bitkilere çinko etkin bitkiler denilmektedir. Moraghan ve Grafton (2003) yaptıkları çalışmalarda çinko etkin ve etkin olmayan fasulye çeşitlerini sera denemelerinde tohum ve bitki kısımlarının çinko içeriklerine göre ayırt etmişlerdir. Singh ve Westermann (2002) fasulyede toprak çinko noksanlığına dayanıklılığın kalıtımını çeşitli morfolojik ve çinko dayanıklılık seviyelerine sahip bitkiler ve bunların melezlerinin Zn içeriklerine göre araştırmışlar ve yüksek boylu bitkilerin daha fazla çinko içerdiğini (22.5 mg Zn kg^{-1}), kısa boyluların ise daha düşük Zn içeriğine (15.0 mg Zn kg^{-1}) sahip olduklarını, tüm melezlerin de yüksek Zn içeriğine sahip olduklarını bulmuşlardır. Bu durumun Zn noksanlığına dayanıklılığın dominant kalıtımla idare edildiğini ortaya koyduğunu bildirmişlerdir.

Son yıllarda mısır, çeltik, buğday ve fasulyede yüksek biyoelverişliliğe sahip Fe, Zn ve Vitamin A içeren genotiplerin geliştirilmesi amacıyla yoğun şekilde çalışılmaktadır (Welch, 2002). Fasulye ile ilgili yapılan çalışmalarda genotipler arası farklılıklar tanede demir ve çinko içeriklerine göre ayırıma giderek önemli genotipleri ortaya çıkarmaya çalışılmaktadır. Bu amaçla taranan 1000 genotipte tanede demir içerikleri 34 ile 89 μg g^{-1} Fe (ortalama = 55 μg g^{-1} Fe) olarak bulunurken, çinko içerikleri 21 - 54 μg g^{-1} Zn (ortalama = 35 μg g^{-1} Zn) arasında bulunmuştur. Bu sonuçlar ilgili elementler bakımından fasulyede geniş bir genetik varyabilite olduğunu, tane demir içeriğinin %80, Zn içeriğini en az %50 oranında artırılabileceğini göstermiştir (Welch ve Graham, 2002). Bu nedenle Türkiye'deki yerel çeşitler ile kültür çeşitleri arasındaki farklılıkların ortaya konulması önem arz etmektedir.

Toğay ve ark. (2004), 2001 ve 2002 yılları arasında Van ekolojik koşullarında yaptıkları tarla denemesinde, 6 farklı çinko dozunun (0, 15, 20, 25, 30 ve 35 kg ha^{-1}) kuru fasulye üzerine etkisini araştırmışlar ve çinko uygulamasıyla birlikte biyolojik verim, tane verimi ve 1000 tane ağırlığı üzerine çinko uygulamalarının etkisinin önemli olduğunu belirlemişlerdir. Çalışmada en yüksek tane verimini (3607.0 kg ha^{-1}) her iki yılda da 25 kg ha^{-1} çinko uygulamasından elde etmişlerdir.

Hacısalihoğlu ve ark. (2004), yürüttükleri sera denemelerinde 35 fasulye genotipinde görülen çinko noksanlığına toleranstaki varyasyonun araştırmışlardır. Serada 0 ve 5 mg kg^{-1} Zn uygulanmış toprakta 45 gün süreyle yetiştirilen bitkiler hasat edilmiş, Zn etkinliğini, bitki Zn konsantrasyonunu ve içeriğini, genç ve yaşlı sürgünleri arasında Zn dağılımlarını analiz etmişlerdir. Zn etkinliği sürgünlerin genç ve yaşlı kısımları için olduğu kadar tüm bitki için de hesaplanmış ve Zn etkinliği yüksek ve düşük Zn uygulamalarında üretilen kuru madde dikkate alınarak belirlenmiştir. Fasulye genotipleri arasında Zn etkinliği açısından belirgin farklılıklar tespit edilmiştir. Dikkati çeken bir başka bulgu da Zn noksanlığında Zn uygulanmışlara göre tüm genotiplerde yaşlı sürgün kısımlarındaki Zn dağılımının ve kuru madde üretiminin daha yüksek olmasıdır. Yaşlı ve genç sürgünlerin Zn konsantrasyonları ile Zn etkinliği arasında korelasyon bulunamazken sürgün konsantrasyonuyla Zn etkinliği arasında önemli bir korelasyon tespit edilmiştir. Fasulye genotiplerinde Zn etkinliği yönünden önemli bir varyasyon olduğunu ve Zn

noksanlığı olan topraklarda Zn etkinliğinin geliştirilmesi için yararlı olacak seçim tekniklerinin oluşturulmasında genç dokuların analizinin temel alınmasının daha uygun olacağını ifade etmişlerdir.

2. 3. Bor ve Çinko İle İlgili Araştırmalar

Mursanov (1975), tarafından yapılan bir araştırmada mikro besin elementlerinin şeker pancarının verim ve kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Araştırmada, koyu kahverengi topraklar üzerinde yapılan denemelerde, tohumun çinko ve bor içeren gübrelerle muamele edilmesinin kök verimini 4.9-6.2 t ha^{-1}, şeker oranını %0.4-0.6 arasında artırdığını ve yaprakların fosfor ve potasyum alımı ile karbonhidrat metabolizmasını yükselttiğini belirlemiştir. Aynı çalışmada yaprakların hızlı geliştiği dönemde yapraktan çinko ve bor verilmesinin daha az etkili olduğu, hasattan üç hafta önce verilmesinin hiç etki etmediğini, mikro besin elementleri verildiğinde potasyum alımı ile kökteki şeker miktarı arasında bir ilişkinin bulunduğunu ortaya koymuştur.

Daha önce de belirtildiği gibi, bitkiler B toksisitesinden aynı derecede fizyolojik ve morfolojik olarak etkilenme göstermedikleri için bitki türleri arasında olduğu gibi aynı türün çeşitleri arasında da B toksisitesine duyarlılıkta büyük farklılıkların olduğu bulunmuştur (Paull ve ark., 1988b; Huang ve Graham, 1990; Nable, 1991). Günümüze değin bu genotipsel farklılıkların fizyolojik nedenleri tam olarak anlaşılamamıştır. Huang ve Graham (1990), B toksisitesine karşı buğday çeşitleri arasındaki farklı dayanıklılığın hücre zar geçirgenliğiyle ilgili olabileceğini belirtmişlerdir. Hücre zar geçirgenliği üzerine Zn'nun kontrol edici etkisinden dolayı (We1ch ve ark., 1982; Çakmak ve Marschner, 1988) topraklardaki Zn yetersizliği bitkilerdeki B toksisitesini arttırabilir. Bor toksisitesi daha önce de belirtildiği gibi kurak ve yarı kurak bölgelerin alkali topraklarında ve aynı zamanda Zn yetersizliğinin yaygın olduğu yerlerde görülmektedir (Gupta ve ark., 1985; Adriano, 1986). Bu görüş Cartwright ve ark. (1987) ve Çakmak ve ark. (1997) tarafından desteklenmiştir. Cartwright ve ark. (1986), Aroona buğday çeşidinin B toksisitesine oldukça yüksek direnç gösterdiğini saptamışlardır. Bu çeşit Zn noksanlığına karşı da dayanıklı olduğu görülmüştür (Graham ve ark., 1992; Çakmak ve ark., 1997).

Shukla ve ark. (1973), allüviyal topraklarda hardal bitkisine Zn ve B uygulanmasıyla tohum verimi ve tohumda yağ ve protein miktarının önemli düzeyde

arttığını belirlemişlerdir. Ayrıca bu parametrelerin çinko ve borun birlikte (interaksiyon) etkisiyle de önemli düzeyde arttığını tespit etmişlerdir (Sakal ve Singh, 1995).

Yapılan bir diğer çalışmada, buğday bitkisinin kuru madde verimini azaltacak kadar yüksek B uygulamaları altında ortama Zn ilavesi buğdayın verimini önemli oranlarda arttırmıştır. Ayrıca, Zn'li koşullara göre Zn'siz koşullarda yapılan B uygulaması, bitkilerin daha·fazla B alımına dolayısıyla B konsantrasyonunun artışına neden olmuştur (Singh ve ark., 1990). Ayrıca, Graham ve ark. (1987) arpa bitkisinde, Swietlik (1995) ise portakal bitkisinde Zn noksanlığı altında aşırı miktarlarda B'un biriktiğini ve B toksisite semptomlarının geliştiğini bildirmişlerdir. Köklerinde ve yeşil aksamında gereken miktardan daha çok Zn içeren arpa bitkilerinde artan Zn uygulaması ile toksik B birikiminin çarpıcı şekilde azaldığını göstermişlerdir. Buna karşılık Nable ve Paull (1991)'un yaptıkları çalışmada, Zn uygulamasının arttırıldığı durumda, köklerde ve yeşil aksamdaki Zn konsantrasyonlarının artmasına rağmen çeşitlerin B uygulamasına reaksiyonlarında bir değişiklik olmadığı bulunmuştur. Ancak, kontrollü koşullarda yapılmış tüm bu çalışmaların yanında tarla koşulları altında bu interaksiyonun boyutunun ne olduğunun araştırılmasına ihtiyaç vardır.

Graham ve ark. (1987), arpada bor ve diğer mineral besinlerin biriktirilmesi üzerine Zn noksanlığının etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları bir araştırmada, Herta arpa çeşidine 2 μM Zn uygulaması kontrolde 42.5 mg kg^{-1} olan sap çinko muhtevasını 210 mg kg^{-1}'e yükselttiği, kök bölgesinde bor seviyesi marjinal olarak yüksek olması, yüksek dozda P uygulanması ve topraktaki elverişli Zn seviyesi marjinal olarak düşük olması durumlarında bitkilerde borun toksik seviyede biriktiğini belirlemişlerdir. Bu şartlar altında, çinko ile gübrelenen bitkiler tarafından daha düşük bor biriktirildiği, bor toksisitesinin azaldığı ve verimin arttığı ortaya konulmuştur.Aynı araştırmada çinko noksanlığı altında yetişen bitkiler de daha fazla bor birikmesiyle meydana gelen bor toksisitesi sonucu verimin düştüğünü belirlemişlerdir.

Singh ve ark.(1990), çinko noksanlığının giderilmesi ile kök hücreleri civarındaki koruyucu etki nedeniyle bitki dokularındaki bor konsantrasyonunun azaldığını ve bor toksitesisinin önlenebildiğini bildirmişlerdir.

Stratieva ve ark. (1990), Çernozom topraklarda şeker pancarına çinko ve borun etkisini belirlemek için 1986–1988 yıllarında yapmış oldukları tarla denemelerinde NPK gübresiyle beraber yapraktan Haziran sonunda 0.6 kg Zn ha^{-1} veya Temmuz ortasında 0.6 kg B ha^{-1} veya Zn+B'u Temmuz ve Ağustos ortasında çinko + boru iki kere uygulamışlardır. Sadece NPK uygulanan muamelelerde kök veriminin 40.54 ton ha^{-1} iken yukarda belirtilen muamelelerde sırasıyla 47.70, 48.08, 45.33 ve 48.6 ton ha^{-1} olduğunu, ayrıca sadece NPK uygulanan muamelelerde şeker verimi 4.58 ton ha^{-1} iken, diğer muamelelerde sırasıyla 5.24, 5.41, 5.07, 5.40 ton ha^{-1} olduğunu tespit etmişlerdir. Bor ve çinko uygulamalarının yapraklardaki klorofil ve karotenoid içeriğini artırdığını belirlemişlerdir.

Çakmak ve ark. (1996), Konya Ovası'nda yaptıkları çalışmalarda toprakların yaklaşık %70'inde elverişli çinko miktarının düşük ve yetersiz olduğu belirlemiştir. Çinko gübrelemesinin yapılmadığı durumlarda bu alanlarda yetiştirilen bitkilerde önemli verim kayıpları yanında bitkilerin çinko yönünden içeriği de düşük olacağı için kalitede de önemli kayıplar olacağını, besin zinciri yoluyla insan ve hayvanları olumsuz yönde etkileyeceğini, çünkü, alüviyal topraklarda hardal bitkisine çinko ve bor uygulanmasıyla tohum verimi ve tohumda yağ ve protein miktarının önemli düzeyde arttığı belirlenmiştir (Shukla ve ark., 1983). Ayrıca bu parametrelerin çinko ve borun birlikte (interaksiyon) etkisiyle de önemli düzeyde arttığını tespit edilmiştir (Sakal ve Singh, 1995). Çinko noksanlığı altında yetişen bitkilerde daha fazla bor birikmesiyle meydana gelen bor toksisitesi sonucu verimin düştüğü belirlenmiştir, Çinko noksanlığının giderilmesi ile kök hücreleri civarındaki koruyucu etki nedeniyle bitki dokularındaki bor konsantrasyonunun azaldığı ve bor toksitesinin önlendiği bildirilmiştir (Sing ve ark., 1990).

Zn'nin B toksisitesi üzerine olan etkilerini görmek amacıyla sera şartlarında bir deneme yürüten Alkan ve ark. (1998) toprağa B ilavesinin bitkinin B toksisitesi simptomlarını şiddetlendirdiğini, ayrıca bitkinin yeşil aksam büyümesini önemli boyutlarda engellediğini tespit etmişler, bu şartlarda toprağa Zn ilavesi ile bitkilerde B toksisite simptomlarının fazla etkilenmediğini ancak bitkinin yeşil aksam büyümesini teşvik ederek bitkide B konsantrasyonunu azalttığını belirtmişlerdir. Bu azalmanın nedeninin Zn'nun bitkinin B alımını engellemesinden dolayı değil de artan kuru ağırlık miktarına bağlı olarak bitki dokularındaki B konsantrasyonunun

seyrelmesinden kaynaklanmış olabileceğini vurgulamışlardır.

Yılmaz ve ark. (1998), toksik seviyede B içeren hububat üretim alanlarında borsuz ve borlu (1.7 kg B da^{-1}) parseller üzerine 0, 2.3 ve 4.6 kg da^{-1} $ZnSO_4$. 7 H_2O formunda uygulanan çinkonun tane verimine ve B toksitesine etkilerini araştırmışlardır. Çinko uygulaması hem borsuz (%17) hem de borlu (%16) şartlarda tane veriminde önemli artışlar sağlamıştır. Buna karşılık, B uygulaması hem Zn noksanlığı altında (%18) hem de Zn uygulaması ile (%19) önemli verim düşüşlerine sebep olmuştur. Özellikle arpa çeşitlerinde B toksisitesi daha fazla düşüşlere neden olmuş, ekmeklik buğday (Bolal 2973) B'a karşı en toleranslı çeşit olarak belirlenmiştir. Çinko uygulaması borun olumsuz etkisini azaltma yönünde önemli bir etki göstermemiş, ancak B toksisitesi nedeniyle oluşan verim düşüşünün Zn noksanlığının giderilmesi ile bir ölçüde telafi edildiğini tespit etmişlerdir.

Güneş ve ark. (2000), domates *(Lycopersicon esculentum* L. cv. 'Lale') bitkisine uygulanan 4 bor (0, 5, 10 ve 20 mg B kg^{-1}) ve 3 çinko (0, 10 ve 20 mg Zn kg^{-1}) düzeyinin etkisini sera koşullarında araştırmışlardır. Bor uygulaması ile 10 ve 20 mg kg^{-1} düzeylerinde B toksitesi semptomları ortaya çıkardığını, uygulanan Zn, ile bu semptomların kısmen azaldığını belirlemişlerdir. Uygulanan B'un, bitkinin yaş ve kuru ağırlığını belirgin bir şekilde azalttığını bununla birlikte, B'un gelişme üzerindeki bu inhibe edici etkisinin Zn uygulamasıyla kısmen giderildiğini, Zn'nin uygulanmadığı koşullarda B'un artan düzeylerine bağlı olarak bitki dokularının B konsantrasyonlarının arttığını, çinko ve B uygulamalarının bitkinin Zn konsantrasyonunun artmasına sebep olduğunu bulmuşlardır.

Hamurcu ve Gezgin (2001), şeker pancarının (*Beta vulgaris* L.) verim ve kalitesi üzerine Zn ve B uygulamasının etkisini araştırmışlardır. Altınekin ve Seydişehir olmak üzere iki lokasyonda yürütülen tarla denemelerinde 4 farklı dozda Zn ve B (Zn_0 = 0 kg da^{-1}, Zn_1 = 1 kg da^{-1}, Zn_2 = 2 kg da^{-1}, Zn_3 =4 kg da^{-1}, ve B_0 = 0 kg da^{-1}, B_1 = 0.5 kg da^{-1}, B_2 = 1 kg da^{-1}, B_3 = 2 kg da^{-1}) uygulamışlardır. Her iki lokasyonda da şeker pancarı bitkisinin kök ve şeker verimi üzerine Zn dozu, B dozu ve Zn x B interaksiyonun etkisi istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Şeker oranı üzerine ise Zn ve B dozlarının etkisi istatistiki olarak önemsiz olmakla birlikte, Zn x B interaksiyonunun etkisi Altınekin lokasyonunda istatistiki olarak önemli olmuştur.

Fageria (2002) çinko ve bor uygulanmış fasulye bitkilerinde kök gelişimini araştırmıştır. Çinko uygulaması kök kuru ağırlığını azaltmış buna karşılık B uygulaması kök kuru ağırlığını artırmıştır. Sternberg ve ark. (2001), yaptıkları sera saksı denemelerinde 5, 20 ve 25 mg B L^{-1} konsantrasyonlarda Hoagland solüsyonlarında yetiştirdikleri fasulyelerin 5 mg L^{-1} B üzeri konsantrasyonlardan etkilendiğini ve verimin azaldığını bildirmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Bitki materyali

Araştırmada Türkiye'de ekimi yapılan tescilli ve yerel popülasyon niteliğindeki 25 bodur fasulye genotipi materyal olarak kullanılmıştır. Tohumlar Türkiye'deki Araştırma Enstitüleri, Tarım İl ve İlçe Müdürlükleri'yle özel şirketlerden temin edilmiştir. Denemede kullanılan genotiplerin isimleri ve bazı tarımsal özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

1. **Eskişehir 855:** Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilen bodur, dik gelişen ve 50-60 cm boylanan, çiçek rengi beyaz ve bakla şekli düz ve uçları hafif kıvrıktır. Tane rengi beyazdır. Virüs ve bakteri hastalıklarına karşı toleranslı bir çeşittir.

2. **Şehirali – 90:** Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilen biraz geççi olan bu genotip dik gelişen ve 55-60 cm boylanan, sülüksüz, çiçek rengi beyaz, bakla şekli düz ve uçları hafif kıvrık baklada tane sayısı 4 - 5 adet tane tipi horoz ve tane rengi beyazdır. Tane protein içeriği % 22-23 oranındadır. Virüs ve bakteri hastalıklarına karşı toleranslı bir genotiptir.

3. **Yunus – 90:** Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilen bodur, dik gelişen 60 – 65 cm boylanan sülüksüz, çiçek rengi beyaz bakla şekli düz, ucu kıvrık, tane tipi horoz ve beyaz tane rengindedir. Tane protein içeriği % 23-26 oranındadır. Virüs ve bakteriyel hastalıklara karşı toleranslı bir genotiptir.

4. **Akman – 98:** Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilen yarı sarılıcı, 60-70 cm boylanan, sülüklü, çiçek rengi beyaz, bakla şekli düz, uçları hafif kıvrık, tane tipi dermason ve beyaz taneli bir genotiptir. Tanede protein içeriği % 23-26 oranında olan, virüs ve bakteri hastalıklarına karşı toleranslı bir genotiptir.

5. **Önceler – 98:** Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilen yarı sarılıcı, 60 – 70 cm boylanan sülüklü çiçek rengi beyaz bakla şekli

düz uçları hafif kıvrık baklada tane sayısı 3 – 5 adet tane tipi dermason ve beyaz tanelidir. Tanede protein oranı % 23-26, virüs ve bakteri hastalıklarına karşı toleranslı bir genotiptir.

6. Göynük – 98: Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilen bodur, dik gelişen ve 45 – 50 cm boylanan, sülüksüz, çiçek rengi beyaz bakla şekli düz, ucu kıvrık, baklada tane sayısı 3 – 5 adet olan horoz tipli beyaz renkli, tanede %23- 26 oranında protein içeren virüs ve bakteri hastalıklarına karşı toleranslı bir genotiptir.

7. Karacaşehir – 90: Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilen gelişme şekli yer veya yarı yatık olan, 60 – 65 cm boylanan, sülüklü, bakla şekli düz ucu kıvrık, tane tipi küçük şeker, beyaz taneli, baklada tane sayısı 6 – 7 adet olan tanede % 28 – 30 oranında protein içeren virüs ve bakteri hastalıklarına karşı toleranslı bir genotiptir.

8. Zülbiye: Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilen dik gelişen, makineli tarıma uygun, 40 – 50 cm boylanan, horoz tane şekilli ve beyaz tane renginde, ortalama 16-34 arasında bakla bağlayan, yaprakları diğer genotiplere göre daha koyu renkli, bin tane ağırlığı 472 – 571 g olan bir genotiptir.

9. Akdağ: Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilen, bitki boyu 40-50 cm, dik gelişen, makineli tarıma uygun, beyaz tohum renginde, horoz tohum şekilli ve bin tane ağırlığı ortalama 505-555 g arasındadır. Yaprakları diğer genotiplere göre daha koyu renklidir. İlk bakla yüksekliği 16-24 cm olan bir genotipitr.

10. Noyanbey – 98: Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilen bodur tipli, 36 – 50 cm boylanan, horoz tip, beyaz renkli taneli, bitkide bakla sayısı 13 – 20 adet, ilk bakla yüksekliği 5 cm olan, virüs ve bakteri hastalıklarına karşı orta derecede dayanıklı bir genotiptir.

11. Aras – 98: Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilen koyu yeşil renkli, bodur tipli, bakla boyu 13 – 14 cm ve uzun yassı bakla şekilli olan, bitki başına ortalama 17 adet bakla bağlayan, baklada

ortalama 5 adet beyaz renkli yuvarlak – uzun tane içeren virüs ve bakteri hastalıklarına karşı toleranslı bir genotiptir.

12. Terzibaba: Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilen koyu yeşil renkli, bodur tipli, bakla boyu 11 – 12 cm ve uzun yassı bakla şekilli olan, bitki başına ortalama 22 adet bakla bağlayan, baklada ortalama 5 adet beyaz renkli yuvarlak – uzun tane içeren virüs ve bakteri hastalıklarına karşı toleranslı bir genotiptir.

13. Yakutiye: Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilen koyu yeşil renkli, bodur tipli, bakla boyu 12 – 13 cm ve uzun yassı bakla şekilli olan, bitki başına ortalama 16 adet bakla bağlayan, baklada ortalama 4 adet beyaz renkli yuvarlak – uzun tane içeren virüs ve bakteri hastalıklarına karşı toleranslı bir genotiptir.

14. Şahin – 90: Sakarya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilen bodur, dik gelişen ve 50-60 cm boylanan, çiçek rengi beyaz ve bakla şekli düzdür. Tane rengi beyazdır. Virüs ve bakteri hastalıklarına karşı toleranslı bir genotiptir.

15. Fasulye Sıra: Bodur, dik gelişen, 45-50 cm boylanan bir genotiptir. Meyveleri yassı, kılçıksız ve etlidir. Orta erkencidir. Virüs ve bakteri hastalıklarına karşı toleranslı bir genotiptir.

16. Horoz Fasulye: Dik gelişen ve 50-60 cm boylanan, çiçek rengi beyaz, bakla şekli düz, uçlara hafif kıvrık, horoz tipinde ve beyaz tohum rengine sahip yerel popülasyondur.

17. Yalova – 17: Bodur fasulyedir. Bitki boyu yayla koşullarında 35-45 cm, yaprakları iri, koyuca yeşil ve çoktur. Meyveleri yassı, kılçıksız ve etlidir. Sofralık ve konservelik kalitesi iyidir. Orta erkencidir.

18. Nazende: Yüksek verimli oturak fasülye genotipidir. Baklalar düzgün yeşil renkli ve kılçıksızdır. Tohum rengi açık kahverengidir. Fasulye mozaik virüsüne dayanıklıdır. Bakla uzunluğu 14-15 cm, eni 1.7 cm'dir olan ticari bir genotiptir.

19. Romano: Orta erkenci bir genotiptir. Bakla şekli yassı ve bakla boyu 16-17 cm, bakla eni 16-18 mm olan bodur bir genotiptir. Tohum rengi beyazdır. Ticari bir genotiptir.

20. Sarıkız: Orta yükseklikte boyu olan, kuvvetli bir gelişim sergileyen bodur fasulye genotipidir. Meyveleri 13-15 cm uzunluğunda, yeşil renkli, meyvesi kılçıksız ve çok lezzetlidir. Tohum rengi parlak kahverengidir. Verimi iyi, ılıman iklimli bölgelerimizde oldukça aranılan bir genotiptir. Taze olarak tüketime uygundur. Ticari bir genotiptir.

21. Magnum: Erkenci, uzun baklalı, bodur yüksek verimli bir genotiptir. Baklaları düzgün, yeşil renkli ve kılçıksız, tohum yatağı belirsizdir. Tohum rengi kahverengidir. Taze tüketim ve konservelik kalitesi mükemmeldir. Fasulye Mozaik Virüsü'ne karşı dayanıklıdır. Ticari bir genotiptir.

22. Seminis Gina: Romano tipinden geliştirilmiş, erkenci bodur fasulye genotipidir. Baklaları yassı, yeşil renkli ve kılçıksız olan genotipin hasadı kolaydır. Uzun süren hasat sezonunda bakla kalitesi bozulmaktadır. Taze tüketim ve konservelik kalitesi yüksektir. Fasulye mozaik virüsü'ne karşı dayanıklı olan ticari bir genotiptir.

23. May Gina: Romano tipinden geliştirilmiş, erkenci bodur fasulye genotipidir. Baklaları yassı, yeşil renkli ve kılçıksızdır. Hasadı kolay olmakla birlikte uzun süren hasat sezonunda bakla kalitesi bozulmaktadır. Taze tüketim ve konservelik kalitesi yüksektir. Fasulye Mozaik Virüsü'ne karşı dayanıklı bir ticari genotiptir.

24. Efsane: Romano tipinden geliştirilmiş, erkenci bodur fasulye genotipidir. Baklaları yassı, yeşil renkli ve kılçıksızdır. Hasat kolaylığı sağlayan bir genotip olmakla birlikte uzun süren hasat sezonunda bakla kalitesi bozulmaktadır. Taze tüketim ve konservelik üretimi içinde uygun olan ticari bir genotiptir.

25. Kanada: Dik gelişen ve 50 cm boylanan, sülüklü, çiçek rengi beyaz, bakla şekli düz, uçlara hafif kıvrık, beyaz tohum rengine sahip yerel bir popülasyondur.

3.1.2. Toprak materyali

Sera koşullarında yapılan denemede Konya İli, Hüyük İlçesi, Mutlu Köyü'nden temin edilen ve özellikleri Çizelge 3.1'de verilen toprak kullanılmıştır. Denemede kullanılan toprak nötr pH'ya sahip olup tuzluluk problemi bulunmamaktadır. Deneme toprağının organik madde miktarı yetersiz seviyede olmakla birlikte kireçli toprak sınıfında yer almaktadır. Toprak örneğinin mikro besin elementi içerikleri yetersiz seviyede olup özellikle bor ve çinko içeriği yönünden oldukça fakir durumdadır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Denemede Kullanılan Toprak Örneğinin Bazı Özellikleri

Toprak Özellikleri	**Analiz Sonucu**	**Metot**
pH (1:2.5 toprak:su)	7.1	Jackson, 1962
E.C. (1:5 toprak:su) ($\mu S\ cm^{-1}$)	125	Jackson, 1962
Tarla Kapasitesi (%)	26.50	U.S. Salinity Lab. Staff, 1954
$CaCO_3$ (%)	3.60	Hızalan ve Ünal 1966
Organik madde (%)	0.94	Smith ve Weldon, 1941
Kil (%)	24.50	Bouyoucus, 1951
Silt (%)	22.40	Bouyoucus, 1951
Kum (%)	53.10	Bouyoucus, 1951
1 N NH_4AOC ekstrakte edilebilir, me 100 g^{-1}		
Ca	3.96	Bayraklı, 1987
Mg	1.96	Bayraklı, 1987
K	0.19	Bayraklı, 1987
Na	0.10	Bayraklı, 1987
mg kg^{-1}		
0.5 N $NaHCO_3$ ile ekstrakte edilen P	14.90	Bayraklı, 1987
DTPA ile ekstrakte edilen Fe	0.40	Lindsay ve Norvell, 1978
DTPA ile ekstrakte edilen Zn	**0.01**	Lindsay ve Norvell, 1978
DTPA ile ekstrakte edilen Mn	0.70	Lindsay ve Norvell, 1978
DTPA ile ekstrakte edilen Cu	0.10	Lindsay ve Norvell, 1978
$CaCl_2$ + mannitol ile ekstrakte edilen B	**0.13**	Bingham, 1982

Denemede bor ve çinko kaynağı olarak analitik kalitede %11 B içeren borik asit (H_3BO_3) ve %23 Zn içeren çinko sülfat ($ZnSO_4.7H_2O$) kullanılmıştır. Ayrıca fasulye bitkisinin temel ihtiyaçlarını karşılamak için amonyum nitrat (%33 N), TSP ve KNO_3 gübreleri kullanılmıştır.

3.2. Metot

3.2.1. Sera denemesinin kuruluşu ve yürütülmesi

Saksı denemeleri ısı, ışık ve nispi nemi bilgisayar kontrollü serada yürütülmüştür. Araştırmanın yürütüldüğü serada vejetasyon süresi boyunca gündüzleri sera içi sıcaklığın 26±2 ^{0}C, solar radyasyonun 1600±50 kcal/m^2 ve nispi nemin %65±5 olması sağlanmıştır.

Deneme tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur (Özbek, 1969). Denemede 4 litrelik plastik saksılara 4 mm'lik elekten geçirilmiş fırın kuru ağırlık esasına göre 3 kg toprak konulmuştur.

Denemede bor, H_3BO_3 çözeltisi halinde, çinko, $ZnSO_4.7H_2O$ çözeltisi halinde aşağıdaki seviyelerde uygulanmıştır:

B_0 = Kontrol

B_1 = 5 mg B kg^{-1} (85.8 mg H_3BO_3 saksı$^{-1}$)

B_2 = 10 mg B kg^{-1} (171.6 mg H_3BO_3 saksı$^{-1}$)

Zn_0= Kontrol

Zn_1= 5 mg Zn kg^{-1} (65.2 mg $ZnSO_4.7H_2O$ saksı$^{-1}$)

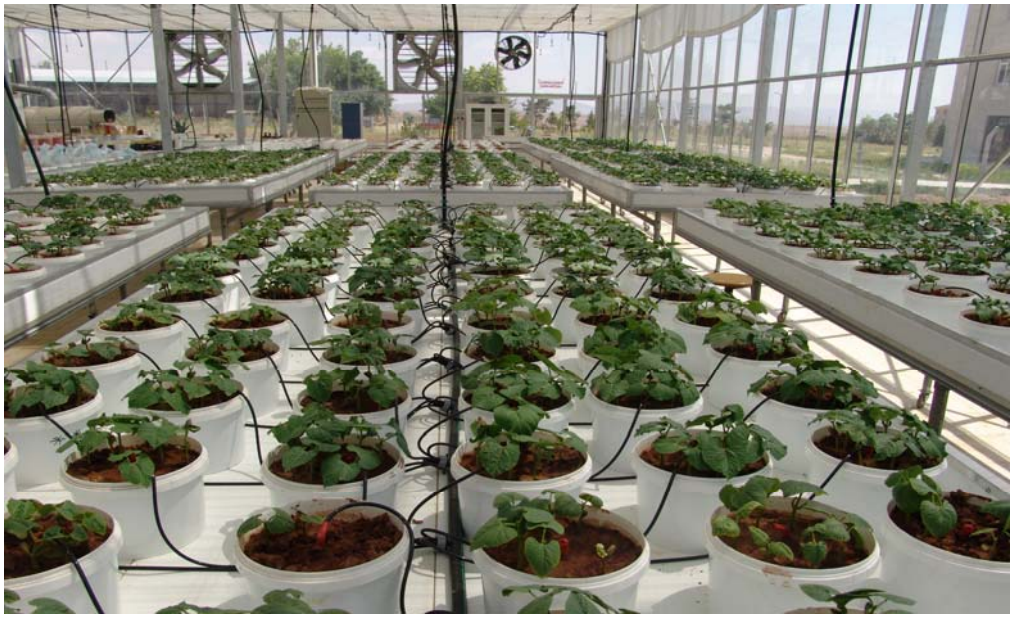
Zn_2 = 10 mg Zn kg^{-1} (130.4 mg $ZnSO_4.7H_2O$ saksı$^{-1}$)

Bitkide normal bir gelişme sağlamak amacıyla bütün saksılara ekimden önce 100 mg kg^{-1} N (50 mg kg^{-1} KNO_3, 50 mg kg^{-1} NH_4NO_3 (%33) halinde), 50 mg kg^{-1} P (TSP halinde) ve 120 mg kg^{-1} K (KNO_3 halinde), 130 mg kg^{-1} Mg ($MgSO_4.H_2O$, %25 MgO halinde),10 mg kg^{-1} Fe (Sequestrin halinde), 15 mg kg^{-1} Mn ($MnSO_4.H_2O$ halinde) ve 2 mg kg^{-1} Cu ($CuSO_4.5H_2O$ halinde) çözelti şeklinde verilmiştir

Ekim her saksıya hazırlanan gübre çözeltileri, bor ve çinko dozları ile birlikte 16.06.2005 tarihinde elle yapılmıştır. Başlangıçta her saksıya 10 adet fasulye tohumu ekilmiş ve toprağın su miktarı tarla kapasitesi düzeyinde olacak şekilde deiyonize su damlama saksı sulama sistemi kullanılarak verilmiştir (Şekil 3.1, 3.2, 3.3 ve 3.4). Ekimden bir hafta sonra (23.06.2005) tohumların tamamı çimlenmiş daha sonra her bir saksıda 5 bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır.



Şekil 3.1. Denemede kullanılan saksı sulama sistemi



Şekil 3.2. Denemeden genel bir görünüm (bitkiler 7. günde)



Şekil 3.3. Denemeden genel bir görünüm (hasat öncesi)



Şekil 3.4. Hasat olgunluğuna ulaşmış bitkiler (06.09.2005; 80 gün sonra)

Deneme süresince saksılar her gün tartılarak deiyonize su ile su seviyesi tarla kapasitesinde tutulmuştur.

Toprağa artan seviyelerde uygulanan bor ve çinko etkisiyle bitki gelişimindeki farklılıklar farklı zamanlarda fotoğraflar çekilerek tespit edilmiştir.

Çiçeklenme döneminde çiçeklenen bitkilerden her saksıdan 2 bitki kesilmiş ve tohum almak amacıyla saksılarda 3'er bitki kalması sağlanmıştır. Kesilen bitkiler 3.2.3.3.1'de açıklandığı şekilde kuru ağırlıkların belirlenmesinde ve diğer analizlerde kullanılmıştır. Saksılarda kalan üç bitki ise hasat olgunluğuna eriştikten sonra kesilmiş, biyolojik ve tane verimleri, kuru ağırlıkları belirlenmiş ve besin elementi kapsamları için analiz edilmiştir.

Fasulye genotipleri çiçeklenme zamanı ve hasat zamanında farklılıklar göstermekle birlikte 05.07.2005 tarihinde çiçeklenmeye başlamış ve çiçkeklenme süreci 15 günde tamamlanmıştır. Genotipler 06.09.2005 tarihinde ise hasat olgunluğuna ulaşmaya başlamışlar ve bütün genotipler 15 gün içerisinde olgunluk sürecini tamamlamışlardır.

3.2.2. Denemede yapılan ölçümler

3.2.2.1 Biyolojik verim (g bitki^{-1}): Saksılardaki bitkilerin hasadı yapıldıktan sonra her bitki baklalarıyla birlikte ayrı ayrı 0.01 g duyarlı terazide tartılarak bitki başına ağırlıkları belirlenmiş ve biyolojik verim değeri olarak verilmiştir (Gülümser, 1981).

3.2.2.2. Kuru ağırlık (g bitki^{-1}): Hasat sonrası kese kağıtları içerisinde laboratuvara getirilen bitkilerin toprak üstü aksamı baklalar ayıklandıktan sonra tamamen temizleninceye kadar musluk suyu ile yıkandıktan sonra sırasıyla bir kez saf su, 0.2 N HCl çözeltisi, iki kez saf su ve bir kez de deiyonize su ile yıkanmış, kaba filtre kağıdı üzerinde fazla suları alınmıştır. Daha sonra kese kâğıdına ayrı ayrı konulan bitki kısımları hava sirkülasyonlu kurutma dolabında 70 ^{o}C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. 0.01 g duyarlı terazide tartılarak bitki başına ağırlıkları belirlenmiştir.

3.2.2.3. Bitkide tane verimi (g bitki^{-1}): Her bir saksıdaki bitkilerin harmanı ayrı ayrı yapıldıktan sonra bakla kabukları alınmış ve geriye kalan taneler 0.01 g duyarlı terazide tartılarak bitki başına tane verimleri belirlenmiştir (Gülümser, 1981).

3.2.3. Laboratuvar analizleri

3.2.3.1. Bitki örneklerinin analize hazırlanması ve analizi

Hasat sonrası kese kağıtları içerisinde laboratuvara getirilen bitkilerin toprak üstü aksamı tamamen temizleninceye kadar musluk suyu ile yıkandıktan sonra sırasıyla bir kez saf su, 0.2 N HCl çözeltisi, iki kez saf su ve bir kez de deiyonize su ile yıkanmış, kaba filtre kağıdı üzerinde fazla suları alınmıştır. Daha sonra kese kâğıdına ayrı ayrı konulan bitki kısımları hava sirkülasyonlu kurutma dolabında 70 ^{o}C' de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Kuruyan bitki örneklerinin toprak üstü kısımların ağırlıkları belirlendikten sonra tungsten kaplı bitki öğütme değirmeninde öğütülmüştür. Polietilen kavanozlara konulan öğütülmüş bitki örnekleri analizde kullanılmadan önce 70 ^{o}C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutma dolabında bırakılmış ve kavanozların kapakları sıkıca kapatılmıştır

Kurutulan ve öğütülen bitki örneklerinden 0.3 g tartılarak 5 ml HNO_3 ile yüksek sıcaklık (210 ^{o}C) ve yüksek basınç (200 PSI) altında mikrodalga cihazında (CEM Mars 5) çözündürülmüştür. Daha sonra örnekler 25 ml' lik balonjoje'ye aktarılarak soğutulmuş, deiyonize su ile derecesine tamamlanmıştır. Bu süzükler hemen Whatman 42 filtre kağıdı ile süzülerek 25 ml'lik polietilen şişelere aktarılmış ve süzükte bitki besin elementleri ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer) (Varian- Vista) cihazı ile belirlenmiştir (Soil Survey Laboratory Methods Manual, 2004).

3.2.3.2. Protein oranı (%)

Hasat sonrası tane verimi tespit edilen bitkilere ait tohumlar öğütülmüş ve 0.5 g örnek alınarak 70 ^{0}C sıcaklıkta 48 saat süre ile kurutulmuştur. Örneklerde Kjeldahl cihazı kullanılarak azot içerikleri tespit edilmiştir (Kacar 1972). Analizler sonucu bulunan tane azot miktarı 6.25 katsayısıyla çarpılarak tanelerin içerdiği ham protein oranları "%" olarak hesaplanmıştır (Bremner 1965).

3.3. İstatistiki Analizler

Deneme sonuçları Tesadüf Parsellerinde Faktöriyel Deneme Desenine göre varyans analizine tabi tutulmuştur. F testi yapılmak suretiyle farklılıkları tespit edilen uygulamaların ortalama değerleri LSD önem testine (%1) göre gruplandırılmıştır. SPSS programında uygulamalar arasındaki Standart Sapmalar ve korelasyonlar tespit edilmiştir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Araştırmada farklı fasulye genotiplerinin bor ve çinko uygulamalarına tepkileri incelenen özellikler olarak aşağıdaki alt başlıklar halinde verilmiştir.

4.1. Biyolojik Verim

Farklı bor (B) ve çinko (Zn) uygulamalarının fasulye genotiplerinin biyolojik verim değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1'de, denemelerden elde edilen ortalama biyolojik verim değerleri Çizelge 4.2'de, bu değerlere ait grafikler Şekil 4.1., Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Biyolojik Verim Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Uygulamalar	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genotip (A)	24	3126.6	130.3	1343.7**
Bor (B)	2	1752.0	876.0	9035.4**
A x B İnt.	48	595.3	12.4	127.9**
Çinko (C)	2	131.4	65.7	677.5**
A x C İnt.	48	129.2	2.7	27.8**
B x C İnt.	4	9.6	2.4	24.6**
A x B x C İnt.	96	211.2	2.2	22.7**
Hata	450	43.6	0.1	
Toplam	674			
C.V. (%)	**3,36**			

**İşareti, işlemler arasındaki farkın %1, * işareti ise işlemler arasındaki farkın %5 seviyesinde önemli olduğunu göstermektedir

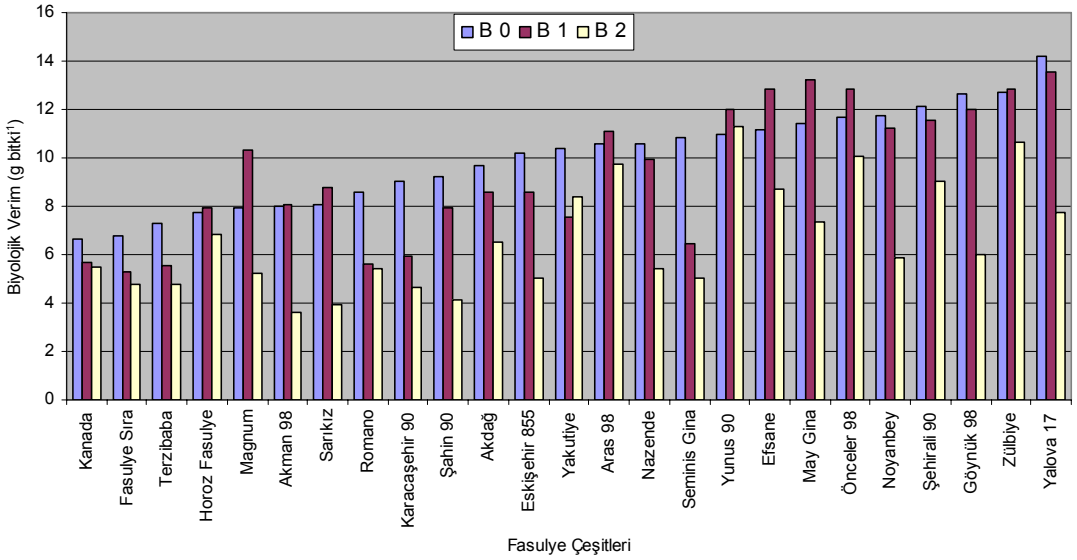
Biyolojik verim bakımından genotipler arasındaki fark %1 seviyesinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.1). Bor ve çinko dozlarının ortalaması olarak bitki başına en yüksek biyolojik verim 13.0 g ile Zülbiye genotipinden elde edilmiştir. Bunu azalan sıra ile Yalova - 17 (12.1 g), Önceler - 98 (12.0 g), Şehirali - 90 (12.0 g), Yunus - 90 (11.9 g), Efsane (11.9 g) genotipleri takip ederken, en düşük biyolojik verim değerlerine ise Romano (6.7 g), Fasulye sıra (6.3 g), Terzibaba (6.0 g) ve Kanada (5.7 g) genotipleri sahip olmuştur (Çizelge 4.2). Diğer genotipler ise bu değerlerin arasında değişen biyolojik verim değerlerine sahip olmuşlardır. Yapılan LSD testine göre Zülbiye genotipi birinci grupta, Yalova – 17, Şehirali - 90, Yunus - 90 ve Önceler - 98 genotipleri ikinci grupta, Efsane genotipi dördüncü grupta yer alırken, Kanada genotipi son grupta yer almıştır. (Çizelge 4.2).

Bor dozlarının biyolojik verim değerleri üzerine etkisi %1 seviyesinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.1). Genotiplerin ve çinko dozlarının ortalaması olarak en yüksek biyolojik verim 10.8 g ile B_0 (Kontrol) uygulamasından elde edilmiş, bunu azalan sıra ile B_1 (10.0 g) ve B_2 (7.0 g) uygulamaları takip etmiştir (Çizelge 4.2). B_2 (10 mg kg^{-1}) dozu fasulye genotiplerinin biyolojik verim değerlerinin önemli ölçüde azalmasına sebep olmuştur. Uygulanan B dozlarının ortalamaları dikkate alındığında B_1 dozunda kontrole göre %7.8 oranında bir azalma olurken bu değer B_2 dozunda %34.8 oranında olmuştur. Yapılan LSD testine göre B_0 uygulaması birinci grupta, B_1 uygulaması ikinci grupta ve B_2 uygulaması son grupta yer almıştır (Çizelge 4.2, Şekil 4.2).

Bor x genotip interaksiyonu istatistiki bakımdan %1 ihtimal sınırında önemli olup, bu amaçla hesaplanan F değeri 127.9'dur (Çizelge 4.1). Bor x genotip interaksiyonunda en yüksek biyolojik verim 14.2 g ile B_0 dozu uygulamasındaki Yalova 17 genotipinden elde edilirken en düşük biyolojik verim değeri 3.6 g ile B_2 dozu uygulamasındaki Akman 98 genotipinden elde edilmiştir (Çizelge 4.2, Şekil 4.1). Bor x genotip interaksiyonunun önemli çıkması, uygulanan borun biyolojik verim üzerine etkisinin bodur fasulye genotiplerine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Nitekim, çinko uygulanmayan (Zn_0) muameleler incelendiğinde biyolojik verim kontrole göre B_2 dozunda (10 mg B kg^{-1}) B uygulamasıyla sadece Yunus-90 genotipindeki %3.3'lük artış hariç bütün genotiplerde çok önemli düzeylerde azalırken, B_1 dozunda (5 mg B kg^{-1}) bor uygulamasıyla Yunus-90, Akman-98, Önceler-98, Aras-98, Sarıkız, Zülbiye, Horoz fasulye, Magnum, May Gina ve Efsane genotiplerinde %0.63 ile %29.9 arasında değişen oranlarda artmış, diğer genotiplerde ise %4.5 ile %40.5 arasında değişen oranlarda azalmıştır.(Çizelge 4.2, Şekil 4.1, Resim 4.2).

Yapılan çalışmalarda bitki türleri arasında olduğu gibi aynı türün genotipleri arasında da B toksisitesine duyarlılıkta büyük farklılıklar olduğunu bulmuşlardır (Paul ve ark., 1988; Huang ve Graham, 1990; Nable, 1991). Ceyhan ve ark. (2006), fasulyede yaptıkları araştırmada çeşitlerin bora tepkileri yönünden geniş bir genetik varyasyonun olduğunu bildirmişlerdir. Çünkü bitkiler B toksisitesine fizyolojik veya morfolojik olarak farklı tepki göstermektedir. Bitkilerde B beslenmesiyle ilgili fasulye dışında tahıllarda yapılan tarla çalışmalarında, (Torun ve ark., 2006; Soylu ve

ark., 2004; Taban ve Erdal., 2000; Alkan 1998) çeşitlerin bora verdikleri tepkiler bakımından büyük farklılıklar gösterdiklerini belirlemişlerdir. Bitkilerin ihtiyaç duydukları B miktarı oldukça azdır (Rerkasem ve ark., 1991). Gerek duyulan borun çok azda olsa fazlası B noksanlığında olduğu gibi bitkinin gelişimi üzerine olumsuz etki yapmakta ve gelişme çoğu kez durmaktadır. Bor fazlalığının fasulye genotiplerinde de bitki gelişimini olumsuz yönde etkilediği görülmektedir.



Şekil 4.1. Çinko uygulanmayan muamelelerde bor dozlarının bodur fasulye genotiplerinin biyolojik verim (g bitki^{-1}) değerlerine etkisi

Genotipler içerisinde B dozlarının ortalamasına göre Yunus - 90, Şehirali – 90, Horoz fasulye genotipleri daha az tepki gösterirken, Seminis Gina genotipi en fazla tepkiyi göstermiştir (Çizelge 4.2). Bu farklılık kontrole göre B_1 dozu uygulamasında ortalama %41.6 oranında bir azalışla kendini gösterirken B_2 dozu uygulamasında ortalama %55.9 oranında bir azalışla kullanılan genotipler içerisinde en yüksek orandaki azalışı göstermektedir. Bor dozlarına en az tepki veren Yunus - 90 genotipinde ise bu fark 0.2 g olmakla birlikte kontrole göre B_1 dozu uygulamasında %7.5 oranında bir artış olur iken B_2 dozu uygulamasında %1.6 oranında bir azalış olmuştur (Çizelge 4.2). Bu sonuçlara göre fasulye genotipleri içerisinde bor uygulaması yapılmadan yetiştirilebilecek genotipler Eskişehir – 855, Göynük – 98, Karacaşehir 90, Akdağ, Noyanbey, Terzibaba, Yakutiye, Fasulye sıra, Yalova – 17, Nazende, Seminis Gina, Romano, Şehirali 90, Şahin 90 ve Kanada genotipleri söylenebilir (Çizelge 4.2., Şekil 4.1).

Çizelge 4.2. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Biyolojik Verim Değerlerine (g bitki^{-1}) Etkileri

Genotipler	Bor mg kg^{-1}	Uygulamalar						Ortalama	
		Zn mg kg^{-1}							
		0		5		10			
		g bitki^{-1}	%	g bitki^{-1}	%	g bitki^{-1}	%	g bitki^{-1}	%
Eskişehir 855	0	10,2 ± *0,3*		13,1 ± *0,2*	*28,5*	11,2 ± *0,1*	*9,4*	11,5 ± *1,3*	
	5	8,6 ± *0,1*	*-16,2*	11,0 ± *0,2*	*8,1*	10,5 ± *0,1*	*2,6*	10,0 ± *1,1*	*-12,9*
	10	5,0 ± *0,2*	*-50,7*	6,6 ± *0,2*	*-34,9*	6,6 ± *0,3*	*-35,1*	6,1 ± *0,8*	*-47,0*
	Ort.	7,9		10,3	*29,5*	9,4	*18,9*	9,2	
Şehirali 90	0	12,1 ± *0,1*		12,4 ± *0,1*	*2,4*	11,9 ± *0,1*	*-1,4*	12,2 ± *0,2*	
	5	11,5 ± *0,2*	*-4,9*	12,2 ± *0,1*	*0,6*	11,7 ± *0,2*	*-3,6*	11,8 ± *0,3*	*-2,9*
	10	9,0 ± *0,3*	*-25,4*	12,2 ± *0,2*	*0,4*	14,7 ± *0,1*	*20,9*	12,0 ± *2,4*	*-1,7*
	Ort.	10,9		12,3	*12,5*	12,8	*17,1*	12,0	
Yunus 90	0	11,0 ± *0,1*		11,8 ± *0,1*	*7,9*	12,3 ± *1,5*	*12,6*	11,7 ± *1,0*	
	5	12,0 ± *0,3*	*9,6*	12,6 ± *0,2*	*14,6*	13,2 ± *0,2*	*20,3*	12,6 ± *0,5*	*7,5*
	10	11,3 ± *0,1*	*3,3*	11,9 ± *0,2*	*9,0*	11,3 ± *0,1*	*3,2*	11,5 ± *0,3*	*-1,6*
	Ort.	11,4		12,1	*6,0*	12,3	*7,4*	11,9	
Akman 98	0	8,0 ± *0,2*		8,6 ± *0,2*	*7,6*	9,6 ± *0,2*	*20,5*	8,8 ± *0,7*	
	5	8,1 ± *0,1*	*0,8*	8,9 ± *0,1*	*10,6*	8,0 ± *0,2*	*0,5*	8,3 ± *0,4*	*-4,9*
	10	3,6 ± *0,2*	*-55,1*	5,8 ± *0,2*	*-27,7*	5,7 ± *0,2*	*-29,2*	5,0 ± *1,1*	*-42,7*
	Ort.	6,6		7,7	*18,2*	7,8	*18,8*	7,4	
Önceler 98	0	11,7 ± *0,2*		13,3 ± *0,1*	*13,4*	12,4 ± *0,1*	*5,6*	12,4 ± *0,7*	
	5	12,8 ± *0,1*	*9,5*	13,8 ± *0,1*	*18,2*	13,2 ± *0,3*	*12,6*	13,3 ± *0,5*	*6,7*
	10	10,1 ± *0,2*	*-13,8*	11,0 ± *0,3*	*-6,4*	10,2 ± *0,2*	*-13,1*	10,4 ± *0,5*	*-16,4*
	Ort.	11,5		12,7	*9,9*	11,9	*3,2*	12,0	
Göynük 98	0	12,6 ± *0,3*		13,3 ± *0,2*	*5,5*	13,1 ± *0,1*	*4,0*	13,0 ± *0,4*	
	5	12,0 ± *0,2*	*-5,2*	11,3 ± *0,2*	*-10,7*	10,7 ± *0,3*	*-15,2*	11,3 ± *0,6*	*-13,1*
	10	6,0 ± *0,2*	*-52,3*	8,2 ± *0,2*	*-35,1*	6,1 ± *0,2*	*-51,5*	6,8 ± *1,1*	*-47,9*
	Ort.	10,2		10,9	*7,0*	10,0	*-2,2*	10,4	
Karacaşehir 90	0	9,0 ± *0,2*		10,0 ± *0,2*	*10,2*	9,3 ± *0,3*	*2,6*	9,4 ± *0,5*	
	5	5,9 ± *0,1*	*-34,6*	7,7 ± *0,2*	*-15,2*	6,4 ± *0,2*	*-29,0*	6,7 ± *0,8*	*-29,3*
	10	4,6 ± *0,3*	*-48,9*	4,9 ± *0,3*	*-45,4*	4,0 ± *0,2*	*-55,6*	4,5 ± *0,5*	*-52,0*
	Ort.	6,5		7,5	*15,3*	6,6	*0,7*	6,9	
Zülbiye	0	12,7 ± *0,1*		15,4 ± *0,1*	*20,8*	14,5 ± *0,3*	*14,2*	14,2 ± *1,2*	
	5	12,8 ± *0,1*	*0,6*	17,7 ± *0,2*	*38,7*	14,3 ± *0,2*	*12,5*	14,9 ± *2,2*	*5,0*
	10	10,6 ± *0,3*	*-16,4*	9,6 ± *0,2*	*-24,9*	9,3 ± *0,3*	*-26,8*	9,8 ± *0,6*	*-30,8*
	Ort.	12,1		14,2	*17,7*	12,7	*5,5*	13,0	
Akdağ	0	9,7 ± *0,2*		10,5 ± *0,1*	*8,0*	12,0 ± *0,1*	*23,7*	10,7 ± *1,0*	
	5	8,6 ± *0,3*	*-11,8*	9,2 ± *0,3*	*-4,8*	10,2 ± *0,2*	*5,6*	9,3 ± *0,8*	*-12,9*
	10	6,5 ± *0,1*	*-32,6*	6,9 ± *0,2*	*-29,3*	7,3 ± *0,2*	*-24,9*	6,9 ± *0,4*	*-35,7*
	Ort.	8,3		8,9	*7,2*	9,8	*19,1*	9,0	
Noyanbey	0	11,7 ± *0,2*		12,3 ± *0,2*	*4,8*	12,7 ± *0,4*	*8,2*	12,3 ± *0,5*	
	5	11,2 ± *0,4*	*-4,5*	12,3 ± *0,4*	*4,5*	11,2 ± *0,4*	*-4,9*	11,6 ± *0,6*	*-5,7*
	10	5,9 ± *2,3*	*-50,0*	7,5 ± *1,4*	*-36,5*	6,3 ± *0,3*	*-46,5*	6,5 ± *1,5*	*-46,7*
	Ort.	9,6		10,7	*11,1*	10,1	*4,6*	10,1	
Aras 98	0	10,6 ± *0,4*		13,7 ± *0,1*	*29,5*	11,7 ± *0,3*	*11,0*	12,0 ± *1,4*	
	5	11,1 ± *0,2*	*4,8*	11,6 ± *0,1*	*9,4*	10,6 ± *0,3*	*0,6*	11,1 ± *0,4*	*-7,6*
	10	9,8 ± *0,1*	*-7,5*	9,3 ± *0,2*	*-11,9*	8,2 ± *0,1*	*-22,6*	9,1 ± *0,7*	*-24,2*
	Ort.	10,5		11,5	*10,0*	10,2	*-2,8*	10,7	
Terzibaba	0	7,3 ± *0,3*		8,7 ± *0,3*	*20,2*	7,7 ± *0,1*	*5,8*	7,9 ± *0,7*	
	5	5,5 ± *0,1*	*-23,8*	6,9 ± *0,2*	*-5,4*	5,7 ± *0,1*	*-22,3*	6,0 ± *0,7*	*-23,8*
	10	4,7 ± *0,2*	*-34,8*	4,0 ± *0,1*	*-44,7*	3,4 ± *0,2*	*-53,8*	4,0 ± *0,6*	*-48,9*
	Ort.	5,9		6,5	*11,8*	5,6	*-4,9*	6,0	
Yakutiye	0	10,4 ± *0,2*		11,3 ± *0,2*	*8,8*	10,1 ± *0,1*	*-2,6*	10,6 ± *0,6*	
	5	7,6 ± *0,1*	*-27,2*	9,0 ± *0,1*	*-13,2*	10,3 ± *0,2*	*-0,4*	9,0 ± *1,2*	*-15,3*
	10	8,4 ± *0,4*	*-19,3*	6,3 ± *0,2*	*-39,5*	7,3 ± *0,2*	*-30,0*	7,3 ± *0,9*	*-31,1*
	Ort.	8,8		8,8	*1,0*	9,2	*5,3*	8,9	

Çizelge 4.2. (Devam)

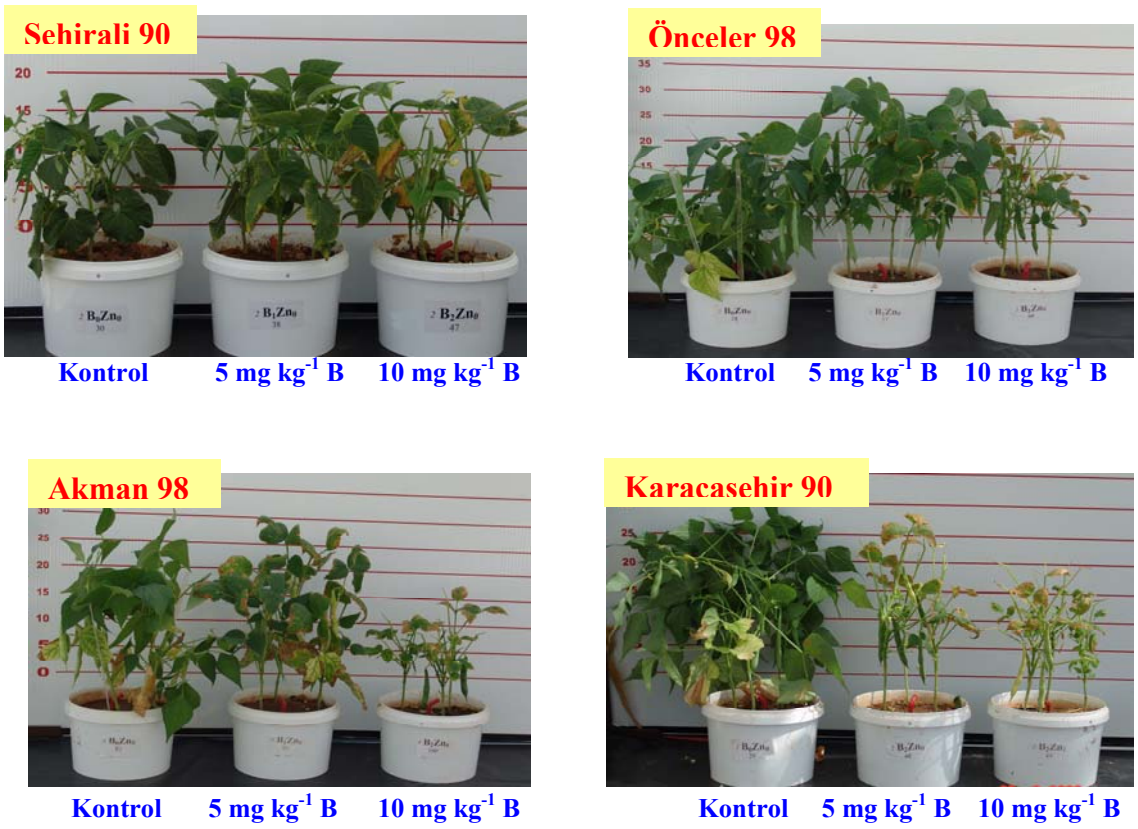
Genotipler	Bor mg kg^{-1}	Uygulamalar						Ortalama	
		Zn mg kg^{-1}							
		0		5		10			
		g bitki^{-1}	%	g bitki^{-1}	%	g bitki^{-1}	%	g bitki^{-1}	%
Şahin 90	0	9,2 ± 0,3		9,5 ± 0,2	3,4	9,0 ± 0,1	-2,1	9,3 ± 0,3	
	5	7,9 ± 0,2	-13,8	10,7 ± 0,3	15,7	9,1 ± 0,2	-0,9	9,2 ± 1,2	-0,1
	10	4,1 ± 0,4	-55,2	5,6 ± 0,3	-39,5	5,6 ± 0,2	-39,1	5,1 ± 0,8	-44,8
	Ort.	7,1		8,6	21,1	7,9	11,6	7,9	
Fasulye Sıra	0	6,8 ± 0,1		8,5 ± 0,1	24,6	7,6 ± 0,2	12,3	7,6 ± 0,7	
	5	5,3 ± 0,1	-22,5	6,0 ± 0,1	-11,8	7,3 ± 0,2	8,1	6,2 ± 0,9	-18,7
	10	4,7 ± 0,1	-30,1	5,5 ± 0,3	-19,1	4,9 ± 0,3	-28,2	5,0 ± 0,4	-33,9
	Ort.	5,6		6,7	18,7	6,6	18,2	6,3	
Horoz Fasulye	0	7,8 ± 0,1		9,8 ± 0,1	26,2	9,5 ± 0,4	21,8	9,0 ± 1,0	
	5	7,9 ± 0,3	1,9	8,5 ± 0,3	9,2	8,7 ± 0,2	12,4	8,4 ± 0,4	-7,0
	10	6,8 ± 0,3	-12,0	6,7 ± 0,4	-13,6	8,5 ± 0,3	9,6	7,4 ± 0,9	-18,4
	Ort.	7,5		8,3	11,0	8,9	18,6	8,3	
Yalova 17	0	14,2 ± 0,1		15,6 ± 0,3	10,2	14,8 ± 0,2	4,6	14,9 ± 0,7	
	5	13,5 ± 0,2	-4,5	14,4 ± 0,2	1,6	13,1 ± 0,2	-7,6	13,7 ± 0,6	-8,0
	10	7,7 ± 0,2	-45,4	8,8 ± 0,2	-37,9	7,0 ± 0,5	-50,7	7,8 ± 0,8	-47,3
	Ort.	11,8		12,9	9,5	11,6	-1,5	12,1	
Nazende	0	10,6 ± 0,1		12,4 ± 0,1	16,9	11,1 ± 0,1	4,6	11,4 ± 0,8	
	5	9,9 ± 0,3	-6,1	10,9 ± 0,2	2,8	9,5 ± 0,2	-10,5	10,1 ± 0,6	-11,0
	10	5,4 ± 0,2	-49,0	5,9 ± 0,1	-44,1	6,1 ± 0,5	-42,6	5,8 ± 0,4	-48,9
	Ort.	8,6		9,7	12,5	8,9	2,7	9,1	
Romano	0	8,6 ± 0,2		9,6 ± 0,4	11,4	6,0 ± 0,2	-29,8	8,1 ± 1,6	
	5	5,6 ± 0,1	-34,7	6,5 ± 0,2	-24,8	7,4 ± 0,2	-14,6	6,5 ± 0,8	-19,8
	10	5,4 ± 0,2	-37,0	5,1 ± 0,2	-40,5	6,5 ± 0,3	-24,8	5,7 ± 0,7	-29,8
	Ort.	6,5		7,1	7,8	6,6	1,1	6,7	
Sarıkız	0	8,1 ± 0,2		9,0 ± 0,1	11,7	8,2 ± 0,1	1,7	8,4 ± 0,5	
	5	8,8 ± 0,1	8,8	8,4 ± 0,1	4,1	7,0 ± 0,2	-13,5	8,0 ± 0,8	-4,5
	10	3,9 ± 0,4	-51,4	4,2 ± 0,1	-48,5	4,1 ± 0,4	-49,6	4,0 ± 0,3	-52,0
	Ort.	6,9		7,2	3,9	6,4	-7,3	6,8	
Magnum	0	8,0 ± 0,2		11,3 ± 0,4	42,6	10,8 ± 0,2	36,0	10,0 ± 1,6	
	5	10,3 ± 0,2	29,9	14,3 ± 0,3	79,6	12,2 ± 0,2	52,9	12,3 ± 1,7	22,1
	10	5,2 ± 0,2	-34,2	8,9 ± 0,3	11,7	7,6 ± 0,6	-4,9	7,2 ± 1,6	-28,0
	Ort.	7,8		11,5	46,7	10,2	29,9	9,8	
Seminis Gina	0	10,9 ± 0,6		12,7 ± 0,3	16,8	13,7 ± 0,2	25,7	12,4 ± 1,3	
	5	6,5 ± 0,3	-40,5	7,8 ± 0,4	-28,1	7,5 ± 0,3	-31,3	7,2 ± 0,7	-41,6
	10	5,0 ± 0,1	-53,9	5,3 ± 0,1	-51,1	6,1 ± 0,2	-43,9	5,5 ± 0,5	-55,9
	Ort.	7,4		8,6	15,6	9,1	21,8	8,4	
May Gina	0	11,4 ± 0,1		12,7 ± 0,2	11,2	13,8 ± 0,2	20,5	12,6 ± 1,0	
	5	13,2 ± 0,4	15,6	11,2 ± 0,5	-1,7	11,1 ± 0,2	-3,0	11,9 ± 1,1	-6,3
	10	7,4 ± 0,3	-35,6	10,0 ± 0,2	-12,5	6,9 ± 0,5	-40,1	8,1 ± 1,5	-36,1
	Ort.	10,7		11,3	6,1	10,6	-0,9	10,9	
Efsane	0	11,2 ± 0,1		12,1 ± 0,3	7,8	13,0 ± 0,3	15,9	12,1 ± 0,8	
	5	12,8 ± 0,3	14,6	14,0 ± 0,2	25,1	14,7 ± 0,4	31,6	13,8 ± 0,9	14,7
	10	8,7 ± 0,4	-21,9	10,1 ± 0,4	-9,3	10,3 ± 0,4	-7,7	9,7 ± 0,8	-19,3
	Ort.	10,9		12,1	10,5	12,7	16,1	11,9	
Kanada	0	6,6 ± 0,3		7,2 ± 0,3	9,0	7,8 ± 0,2	17,0	7,2 ± 0,5	
	5	5,7 ± 0,5	-14,6	6,0 ± 0,5	-9,7	5,0 ± 0,3	-24,9	5,6 ± 0,6	-23,1
	10	5,5 ± 0,2	-17,6	3,9 ± 0,2	-42,0	3,8 ± 0,3	-43,5	4,4 ± 0,9	-39,6
	Ort.	5,9		5,7	-3,9	5,5	-7,2	5,7	
Genel Ort.	0	10,0		11,4	13,8	11,0	9,4	10,8	
	5	9,4	-6,1	10,5	4,9	9,9	-0,7	10,0	-7,8
	10	6,6	-33,8	7,4	-26,5	7,1	-29,1	7,0	-34,8
	Ort.	8,7		9,8	12,3	9,3	7,5	9,3	

LSD (%1) değerleri; G: 0.2193; B: 0.07596; G x B: 0.3798; Zn: 0.07596; G x Zn: 0.3798; B x Zn: 0.1316; B x Zn x G: 0.6578

Fasulye bitkisi üzerine daha önce yapılan çalışmalarda mikro element etkisini araştıran araştırıcılar çeşitlerin bora tepkileri yönünden geniş bir genetik varyasyonun olduğunu bildirmişlerdir. Ceyhan ve ark. (2006) altı çeşit fasulye ile kullanarak yürüttükleri tarla denemesinde kullanılan çeşitlerin uygulanan B dozlarına ve uygulama şekillerine göre farklılıklar gösterdiklerini belirlemişlerdir. Fasulye haricinde diğer bitki türleri kullanılarak yapılan çalışmalarda ise, arpa, buğday, yonca ve bezelyenin topraktaki veya besin çözeltilerindeki yüksek bor konsantrasyonlarını tolere etme kapasitelerinin genotipik varyasyonlardan kaynaklandığını gösterir sonuçlar belirlemişlerdir (Paul ve ark., 1998; Nable ve Paull, 1991; Paull ve ark., 1992; Ayvaz, 2002). Fasulyenin yanı sıra diğer bitki türleri ile yapılan bor çalışmalarında ise Hamurcu ve ark. (2006a) buğdayda yaptıkları sera çalışmasında artan B dozlarıyla birlikte bitkilerin biyolojik verim değerlerinin azaldığını yine bezelye üzerine yaptıkları sera çalışmasında da B uygulamasıyla bitkilerin biyolojik verim değerlerinin hiç bor uygulanmayan ve 1 mg kg^{-1} uygulamasının üzerindeki dozlarda biyolojik verim değerlerinde önemli azalmalar olduğunu tespit etmişlerdir. Hakkoymaz (2005) mercimekte yaptığı B çalışmasında sonuçlarımızla benzer bulgular ortaya koymuşlardır. Ayvaz (2002) iki farklı arpa çeşidi kullanarak yaptığı denemede farklı B konsantrasyonlarının bitkilerin biyolojik verim değerleri üzerine etkisini incelemişler ve araştırmalarında borsuz ve 1 mg kg^{-1} B uygulanan bitkilerin biyolojik verim değerleri arasında önemli bir farklılık bulunmazken 10 ve 20 mg kg^{-1} B uygulamasında her iki çeşitte de artan B konsantrasyonu ile bitki biyolojik verim değerlerinin giderek azaldığını, bu azalmanın borsuz ve 1 mg kg^{-1} bor uygulamasında yetiştirilen bitkilere göre yaklaşık %30 oranında olduğunu belirlemişlerdir. Diğer yandan Shelp ve Shattuck (1987), farklı bor konsantrasyonlarında yetiştirilen karnabahar (*Brassica oleracea*) bitkisi üzerine yaptıkları çalışmada en yüksek biyolojik verim değerinin 1 mg kg^{-1} bor konsantrasyonunda yetiştirilen bitkilerde olduğunu bu dozun üzerindeki uygulamalarda ise bitkilerin biyolojik verim değerlerinde önemli düşüşler olduğunu bulmuşlardır. Bu sonuçlarla birlikte gerek fasulyede gerekse diğer bitki türlerinde yapılan çalışma sonuçları bizim bulgularımızı teyit eder nitelikte olmuştur.

Çinko dozlarının biyolojik verim değerleri üzerine etkisi istatistiki olarak ($p<0.01$) önemli bulunmuştur (Çizelge 4.1). Genotiplerin ve bor dozlarının

ortalaması olarak en yüksek biyolojik verim 9.8 g ile Zn_1 dozu uygulanan bitkilerden elde edilirken, bunu azalan sıra ile Zn_2 dozu (9.3 g) ve Zn_0 dozu (8.7 g) takip etmiştir (Çizelge 4.2, Şekil 4.4). Fasulye genotiplerinin uygulanan çinko dozlarına tepkilerinin ortalamaları dikkate alındığında kontrole göre Zn_1 dozu uygulamasıyla biyolojik verim değerinde %12.35 oranında bir artış elde edilirken, Zn_2 uygulamasında bu artış %7.5 oranında kalmıştır. Bu değerler göz önünde bulundurulduğunda çinko uygulamasının fasulyede biyolojik verim değerlerinde bitkiler için yeterli seviyelerde uygulandığı sürece artış elde edilebileceği, yeterli seviyenin üzerine çıkılması durumunda biyolojik verim değerlerindeki artış oranlarının azalmaya meyilli olduğu görülmüştür. Yapılan LSD testine göre, Zn_1 uygulaması birinci grupta, Zn_2 uygulaması ikinci grupta yer alırken, Zn_0 uygulaması ise son guruba yer almıştır (Çizelge 4.2).

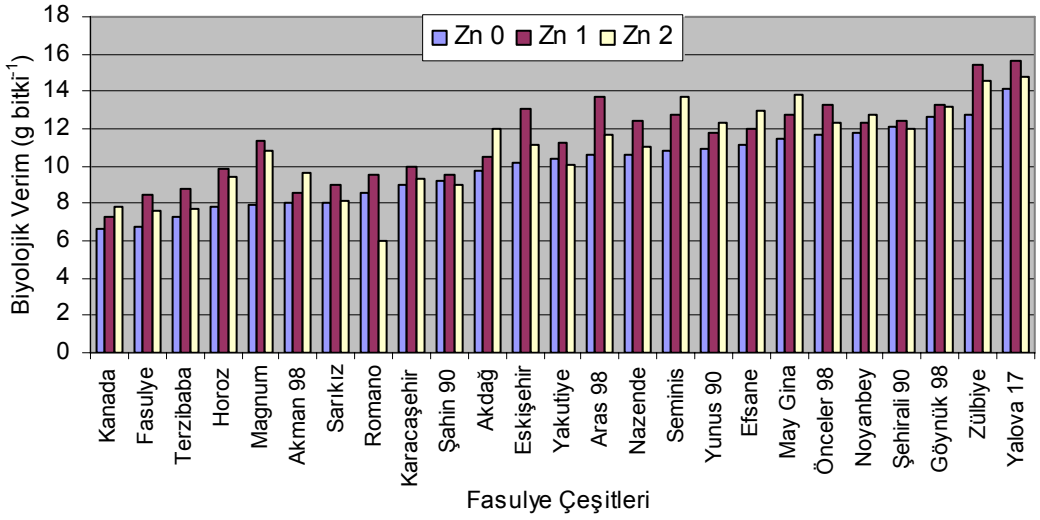


Şekil 4.2. Çinko uygulanmayan muamelelerde bor dozlarının bodur fasulye genotiplerinin gelişimi üzerine etikisine ait resimler

Biyolojik verim bakımından, genotip x çinko interaksiyonu istatistiki olarak %1 ihtimal seviyesinde önemli bulunmuştur. Bu durum çinko uygulamasının

biyolojik verim üzerine etkisinin genotiplere bağlı olarak değiştiğini diğer bir deyimle genotiplerin çinkoya tepkilerinin birbirinden farklı olduğunu göstermektedir. Nitekim bor uygulanmayan (B_0) muameleler incelendiğinde kontrole göre en fazla artışla en yüksek biyolojik verim Yunus -90, Akman – 98, Akdağ, Noyanbey, Seminis Gina, May Gina, Efsane ve Kanada genotiplerinde Zn_2 dozunda (10 mg Zn kg^{-1}) ve diğer 17 genotipte Zn_1 dozunda (5 mg Zn kg^{-1}) elde edilirken, Şehirali-90, Yakutiye, Şahin – 90 ve Romano genotiplerinde Zn_2 dozunda çinko uygulamasıyla biyolojik verim kontrole göre azalmıştır (Çizelge 4.2, Şekil 4.3). Bor dozlarının ortalaması olarak en yüksek biyolojik verim 14.2 g ile Zülbiye genotipinde Zn_1 dozundan elde edilmiştir. En düşük biyolojik verim ise 5.5 g ile Kanada genotipinden elde edilmiştir (Çizelge 4.2). Deneme sonucunda genotipler ayrıntılı olarak değerlendirildiğinde Yunus -90, Akman – 98, Akdağ, Seminis Gina, May Gina, Noyanbey, Kanada ve Efsane genotiplerinde artan çinko dozlarıyla birlikte biyolojik verim değerleri artarken, Eskişehir – 855, Önceler – 98, Göynük – 98, Karacaşehir – 90, Zülbiye, Aras – 98, Terzibaba, Şahin – 90, Fasulye Sıra, Yalova – 17, Nazende, Romano, Sarıkız, Magnum, Horoz Fasulye, Yakutiye ve Şehirali 90 genotiplerinde 5 mg kg^{-1} çinko (Zn_1) uygulamasına kadar biyolojik verim değerlerinde artmış, bu dozun üzerindeki çinko uygulamasında (10 mg kg^{-1} Zn) biyolojik verim değerlerinde azalmalar olmuştur. Sadece Kanada'da kontrole göre artan çinko dozlarıyla birlikte biyolojik verim değerlerinde azalma olmuştur (Çizelge 4.2, Şekil 4.3). Mikrobesin elementlerinin hem noksanlıkları hem de yüksek oranda bulunmaları bitkisel üretimi önemli ölçüde sınırlandırmaktadır Aynı türün düşük veya yüksek besin elementi konsantrasyonlarında gelişme geriliği ve verim düşüşü gösteren veya hiç yetişmeyen varyetelerine hassas, eksik veya yüksek doza dayanıklı olanlara ise etkin veya toleranslı varyeteler denilmektedir. Fasulye bitkisi üzerine mikro element etkisini araştıran araştırıcılarda (Welch, 2002; Welch ve Graham, 2002) fasulye çeşitlerinin çinkoya tepkileri yönünden geniş bir genetik varyasyon gösterdiğini bildirmişlerdir. Yine Hacısalihoğlu ve ark. (2004), 35 çeşit fasulye bitkisinin çinko uygulamalarına tepkilerini belirlemek için yaptıkları sera çalışmasında, fasulye bitkisinin çinkoya tepkisinin çeşitlere göre önemli varyasyonlar gösterdiğini belirleyerek sonuçlarımızla benzerlik gösteren bulgular ortaya koymuşlardır. Daha önce yapılan çalışmalar (Thomson ve Weier 1962), çinkonun yaprak ayası alanı ve yaprak sayısı üzerindeki

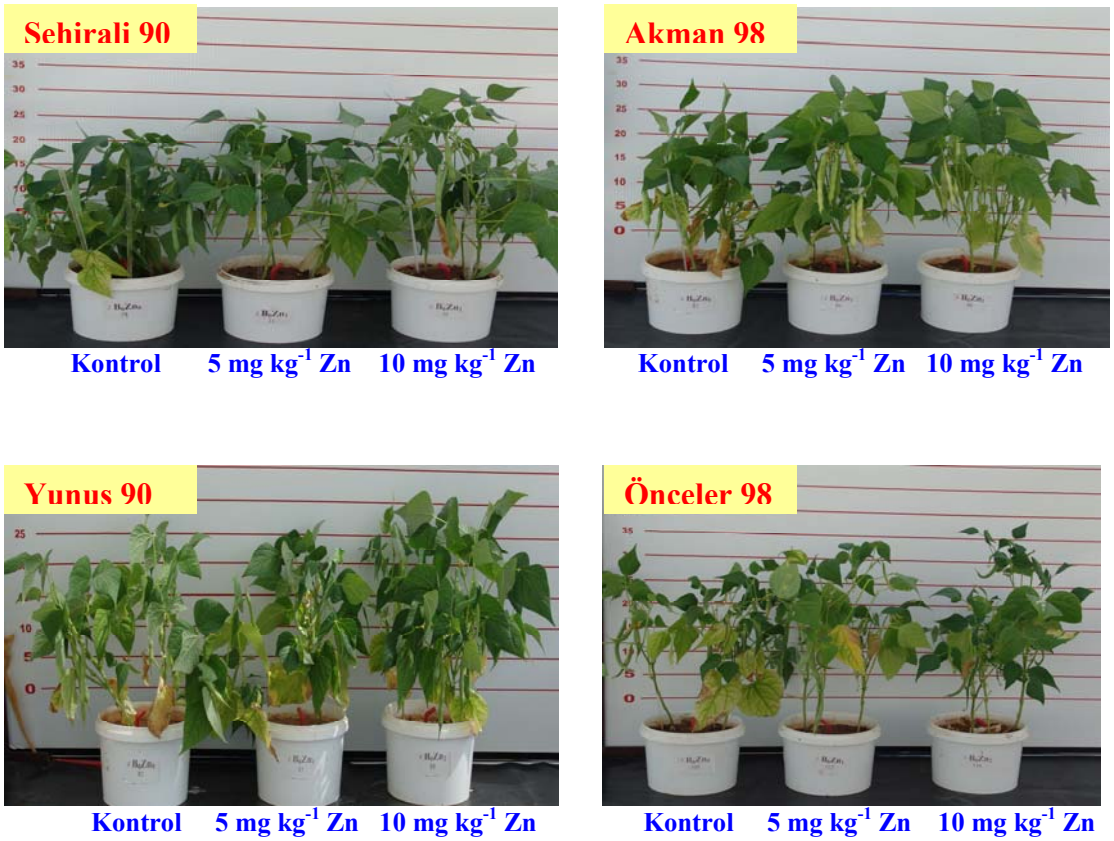
olumlu etkisinin RNA sentezini arttırmasındaki rolü ile ilişkili olabileceğini göstermiştir. Ayrıca, çinko uygulanmayan kontrol parsellerinde yetişen bitkilerin çinko uygulanan bitkilerin yapraklarına oranla daha küçük ve nekrotik lekeli oluşları sağlıklı yapraklara kıyasla fotosentez hızını düşürmesi yanında, fotosentez süresini de kısaltarak bitkilerin verim kapasitesini bununla birlikte biyolojik verim değerlerinin azalmasına sebep olduğunu bildirmektedirler (Brennan 1992, Çakmak ve ark. 1996). Benzer çalışmada Toğay ve ark. (2004) yaptıkları tarla denemesinde kuru fasulye bitkisine altı çinko dozu uygulamışlar (0, 15, 20, 25, 30 ve 35 kg ha^{-1}), 15 kg ha^{-1} çinko uygulamasının kontrole göre biyolojik verim değerinde %30 oranında artış sağladığı ve en yüksek biyolojik verim değerinin 25 kg ha^{-1} çinko uygulamasıyla en yüksek biyolojik verim değerine ulaşıldığı, bu dozun üzerindeki çinko uygulamalarında ise biyolojik verim değerlerinin azaldığını belirlemişlerdir. Karaman ve ark. (1998) fasulyede yaptıkları çalışma yeterli seviyede çinko uygulamasının bitkilerin biyolojik verim değerlerini arttırdığı yeterli seviyenin üzerinde ise biyolojik verim değerlerinde bir artış olmadığını belirlemişlerdir.



Şekil 4.3. Bor uygulanmayan muamelelerde çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin biyolojik verim (g $bitki^{-1}$) değerlerine etkisi

Biyolojik verim değerleri üzerine B x Zn interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuş (Çizelge 4.1) olup bu durum B ve Zn uygulamalarının etkisinin birbirine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Bor x çinko interaksiyonunda en yüksek biyolojik verim 11.4 g ile B_0 x Zn_1

uygulamasından elde edilirken en düşük biyolojik verim ise 6.6 g ile B_2 x Zn_0 uygulamasından elde edilmiştir. Bor x çinko interaksiyonu sonucunda en yüksek biyolojik verim değerinin elde edildiği B_0 x Zn_1 uygulamasında kontrole göre %13.8 oranında bir artış elde edilirken, en düşük biyolojik verim değerinin elde edildiği B_2 x Zn_0 uygulaması sonucunda %33.8 oranında bir azalış belirlenmiştir. Bu azalma B ve Zn'nin en yüksek uygulandığı dozlarda %29.1 oranında olmuştur (Çizelge 4.2, Şekil 4.5). Buradan da görülmektedir ki bor uygulamasındaki artışa bağlı olarak fasulye genotiplerinin biyolojik verim değerlerinde belirgin bir azalış görülürken bu azalma çinko uygulamasıyla azda olsa geriletilebilmektedir. Yapılan LSD testine göre B_0 x Zn_1 uygulaması birinci grupta yer alırken, B_0 x Zn_2 uygulaması ikinci grupta, B_2 x Zn_2 uygulaması ise son grupta yer almıştır (Çizelge 4.2).

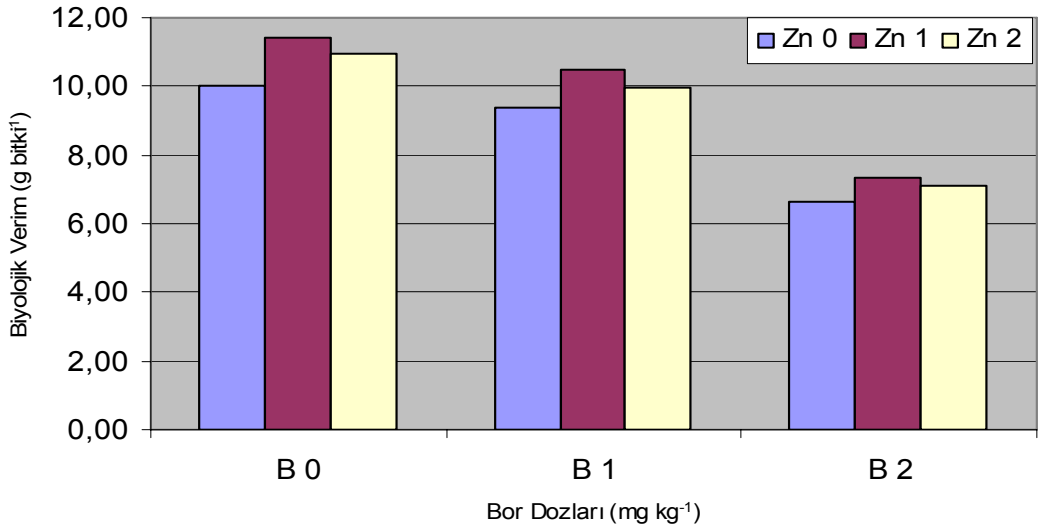


Şekil 4.4. Bor uygulanmayan muamelelerde çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin gelişimi üzerine etkisine ait resimler.

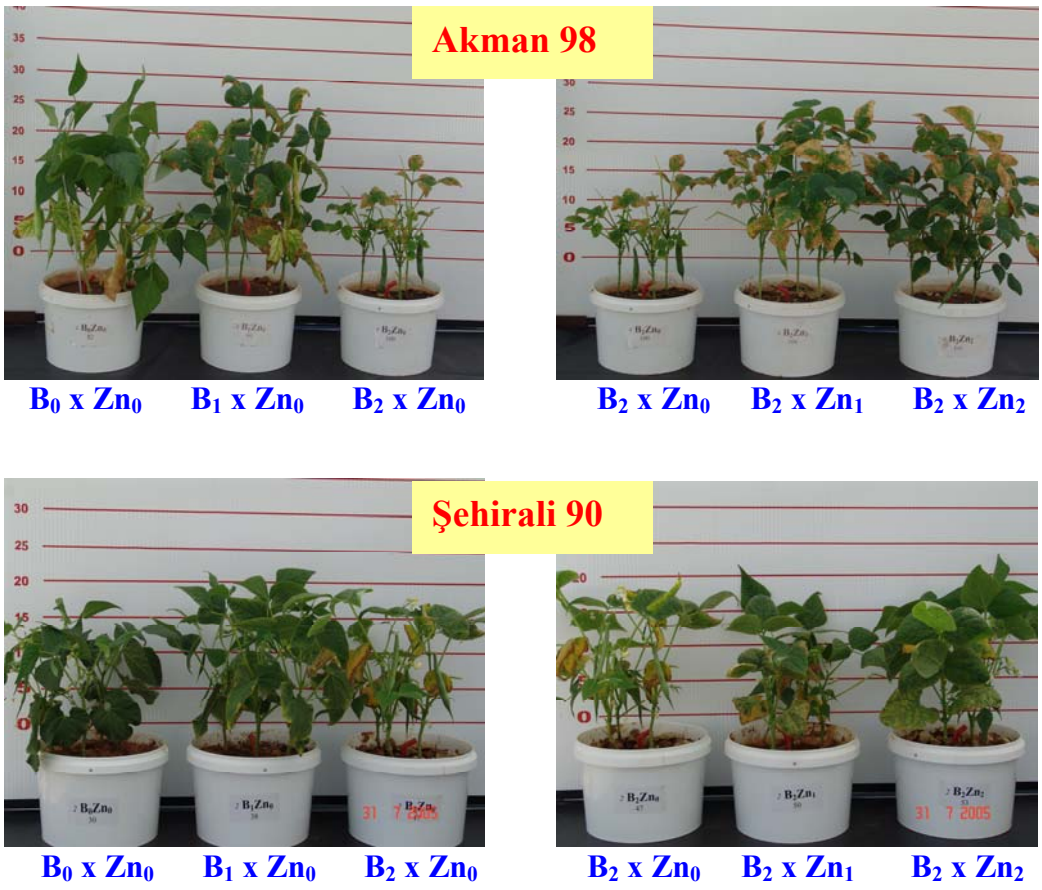
Bor x çinko x genotip interaksiyonunun etkisi de biyolojik verim değerleri üzerine istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur (Çizelge 4.1). Bor x çinko x

genotip interaksiyonunda biyolojik verim 17.7 g (Zülbiye genotipinde B_1 x Zn_1 uygulamasında) ile 3.4 g (Terzibaba genotipinde B_2 x Zn_2 uygulamasında) arasında değişmiştir (Çizelge 4.2).

Önemli B x Zn ve genotip x B x Zn interaksiyonlarında görüldüğü gibi bor ve çinko dozlarının biyolojik verim değerleri üzerine optimum etkisi genotip B ve Zn uygulamalarına göre değişiklik göstermektedir. Biyolojik verim yönüyle değerlendirildiğinde bor ve çinkonun yeterli seviyesi olarak kabul edilen B_1 ve Zn_1 uygulamaları sonucunda en yüksek biyolojik verim değerleri elde edilmiştir. En yüksek biyolojik verim değerine sahip olan Zülbiye genotipinde de B_1 ve Zn_1 dozu uygulamalarında optimum verim değerine ulaşılmıştır. Fasulye dışında diğer tarla bitkileri kullanılarak yapılan denemelerde araştırıcılar (Mursanov 1975, Stratieva ve ark. 1990, Sakal ve Singh1995, Gezgin ve ark. 2006) bitkilere B ve Zn uygulamasıyla verim değerlerinde önemli düzeylerde artışlar elde ederek bulgularımızla uyum içinde olmasına rağmen diğer bazı tarla bitkileri ile çalışma yapan araştırmacılar tarafından da (Graham ve ark., 1987; Singh ve ark., 1990; Yılmaz ve ark. 1998) Zn noksanlığı olan topraklarda B uygulamasıyla tahılların verimlerinde önemli düzeylerde azalma olduğunu belirlemişlerdir. Güneş ve ark., (2000), benzer çalışmada, domates bitkisine uygulanan 4 bor (0; 5; 10 ve 20 mg B kg^{-1}) ve 3 çinko (0; 10 ve 20 mg Zn kg^{-1}) uygulamasının etkisini araştırdıkları sera denemesinde, bor uygulamasının 10 ve 20 mg B kg^{-1} düzeylerinde B toksisitesi semptomlarının ortaya çıktığı uygulanan Zn dozlarının görülen bu semptomları kısmen azaltsa da uygulanan B'un, bitkinin yaş ve kuru ağırlığını belirgin şekilde azalttığını, bu azalmanın 20 mg B kg^{-1} uygulanan saksılarda %62 oranında olduğunu, saksılara 10 ve 20 mg Zn kg^{-1} çinko ilavesiyle sırasıyla %56 ve %20 seviyelerine gerilediğini bulmuşlardır. Bu durum bor ve çinkonun bitki türlerine göre etkinliğinin önemli ölçüde değiştiğinin bir göstergesidir. Mineral beslenmeyle ilgili olarak belirtilen durumların bitkide görülme şiddeti bitki türlerine göre farklılıklar göstermektedir. Nitekim yoncanın bitki kritik B toksisite düzeyi 200 mg B kg^{-1} (Meyer ve Martin, 1976) iken mısırda bu değer >98 mg B kg^{-1} (Gupta, 1983), arpada >20 mg B kg^{-1}, buğdayda >16 ve >34 mg B kg^{-1} ve yulafta >35 mg B kg^{-1}' dır (Gupta, 1971). Benzer sonuçlar Graham ve ark., (1992) ve Singh ve ark., (1990) tarafından da belirtilmiştir.



Şekil 4.5. Farklı bor ve çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin biyolojik verim (g bitki^{-1}) değerlerine etkisi



Şekil 4.6. Farklı bor ve çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin gelişimi üzerine etkisine ait resimler

4.2. Kuru Ağırlık

Farklı bor ve çinko dozlarının fasulye genotiplerinin kuru ağırlık değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.3'de, denemelerden elde edilen ortalama kuru ağırlık değerleri Çizelge 4.4'te, bu değerlere ait grafikler Şekil 4.7, Şekil 4.8. ve Şekil 4.9'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Kuru Ağırlık Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Uygulamalar	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genotip (A)	24	75.74	3.16	28980.32**
Bor (B)	2	31.67	15.83	145410.07**
A x B İnt.	48	10.53	0.22	2014.87**
Çinko (C)	2	3.90	1.95	17922.22**
A x C İnt.	48	0.45	0.01	86.58**
B x C İnt.	4	0.23	0.06	522.95**
A x B x C İnt.	96	0.88	0.01	83.94**
Hata	450	0.05	0,0001	
Toplam	674			
C.V. (%)	**3,36**			

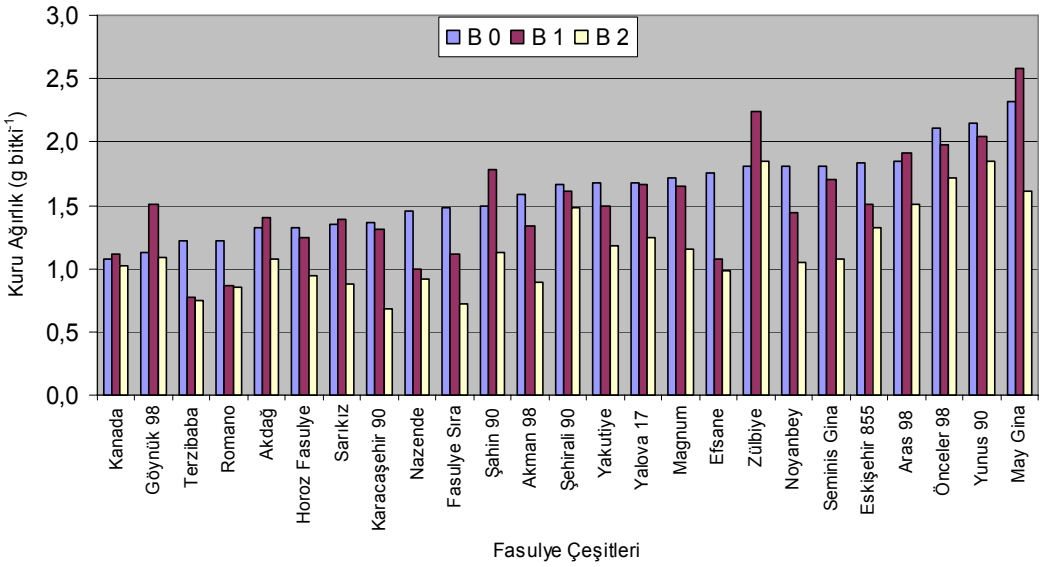
**İşareti, işlemler arasındaki farkın %1, * işareti ise işlemler arasındaki farkın %5 seviyesinde önemli olduğunu göstermektedir

Kuru ağırlık bakımından genotipler arasındaki fark %1 seviyesinde istatistiki olarak önemli olup, bu amaçla hesaplanan F değeri ise 28980.32'dır (Çizelge 4.3). Bor ve çinko dozlarının ortalaması olarak en yüksek kuru ağırlık 2.29 g ile May Gina genotipinden elde edilmiştir. Bunu azalan sıra ile Yunus - 90 (2.10 g), Önceler – 98 (2.04 g), Zülbiye (2.03 g), Aras - 98 (1.80 g) genotipleri takip ederken, en düşük kuru madde miktarları ise Nazende (1.19 g), Fasulye sıra (1.18 g), Kanada (1.16 g), Romano (1.08 g) ve Terzibaba (0.99 g) genotiplerinden elde edilmiştir. Diğer genotipler ise bu değerler arasında değişen kuru madde miktarlarına sahip olmuşlardır. Yapılan LSD testine göre May Gina genotipi birinci grupta yer alırken, Yunus – 90, Önceler – 98 ve Zülbiye genotipleri ikinci grupta, Aras - 98 ve Şehirali – 90 genotipleri üçüncü grupta, Terzibaba genotipi ise son grupta yer almıştır (Çizelge 4.4).

Bor dozlarının kuru ağırlık değerleri üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.3). Genotiplerin ve çinko dozlarının ortalaması olarak en yüksek kuru ağırlık 1.73 g ile B_0 (Kontrol) uygulamasından elde edilmiş, bunu azalan sıra ile B_1 (1.62 g) ve B_2 (1.23 g) uygulamaları takip etmiştir (Çizelge 4.4). B_2

dozu fasulye genotiplerinde biyolojik verim değerlerinde olduğu gibi kuru ağırlık değerlerinde de azalmalara sebep olmuştur. Uygulanan bor dozlarının ortalamaları dikkate alındığında B_1 dozunda kontrole göre %6.6 oranında bir azalma olurken bu azalma B_2 dozunda %29.2 oranında olmuştur. Yapılan LSD testine göre B_0 uygulaması birinci grupta, B_1 uygulaması ikinci grupta ve B_2 uygulaması son grupta yer almıştır (Çizelge 4.4).

B x genotip interaksiyonu istatistiki bakımdan %1 ihtimal sınırında önemli olup, bu amaçla hesaplanan F değeri 2014.87'dir (Çizelge 4.3). B x genotip interaksiyonunda en yüksek kuru ağırlık 2.66 g ile B_1 dozu uygulamasındaki May Gina genotipinden elde edilirken en düşük kuru ağırlık değeri 0.68 g ile B_2 dozu uygulamasındaki Karacaşehir 90 genotipinden elde edilmiştir (Çizelge 4.4, Şekil 4.7). Bor x genotip interaksiyonunun önemli çıkması genotip ve borun etkisinin birbirine bağlı olarak B'un etkisinin genotiplere göre değiştiğini göstermektedir. Bor uygulaması genelde genotiplerin kuru ağırlık değerlerinde düşmelere neden olmuştur. Yapılan çalışmalarda bitki türleri arasında olduğu gibi aynı türün çeşitleri arasında da B toksisitesine duyarlılıkta büyük farklılıklar olduğunu bulmuşlardır (Paul ve ark., 1988; Huang ve Graham, 1990; Nable, 1991). Ceyhan ve ark. (2006), fasulye bitkisi üzerine yaptıkları araştırmada fasulye çeşitlerinin bora tepkileri yönünden geniş bir genetik varyasyon gösterdiklerini bildirmişlerdir. Çünkü bitkiler bor toksisitesine fizyolojik veya morfolojik olarak farklı tepki göstermektedir. Bitkilerde bor beslenmesiyle ilgili fasulye dışında tahıllarda yapılan tarla çalışmalarında, (Soylu ve ark., 2004; Taban ve ark., 2000; Alkan 1998) çeşitlerin bora verdikleri tepkiler bakımından büyük farklılıklar gösterdiklerini belirlemişlerdir. Paull ve ark. (1988) tarafından yapılan başka bir çalışmada, bor toksisitesine tolerans gösteren buğday çeşitlerinin, 15 mg B kg^{-1} uygulanan bir toprakta yetiştirildiklerinde üründe önemli bir azalma göstermeksizin gelişebilirken, duyarlı çeşitlerin 2.5 mg B kg^{-1} uygulamasında dahi kuru madde veriminde önemli oranda bir azalma gösterdiğini saptamışlardır. Diğer yandan arpa, buğday, yonca ve bezelye üzerinde çalışan araştırıcılar topraktaki veya besin çözeltilerindeki yüksek bor konsantrasyonlarını tolere etme kapasitelerinin genotipik varyasyondan kaynaklandığını gösterir sonuçlar belirlemişlerdir (Nable ve Paull, 1991; Paull ve ark., 1992; Paul ve ark., 1998; Ayvaz, 2002)



Şekil 4.7. Çinko uygulanmayan muamelelerde bor dozlarının bodur fasulye genotiplerinin kuru ağırlık (g bitki^{-1}) değerlerine etkisi

Bor dozuna göre genotipler değerlendirildiğinde Göynük - 98, Akdağ, Sarıkız, Zülbiye, Aras - 98, Şahin - 90, May Gina ve Kanada genotipleri en yüksek kuru ağırlık değerlerini B_1 dozu uygulamasında verirken diğer bütün genotipler en yüksek kuru ağırlık değerlerini B_0 (kontrol) uygulamasında vermişlerdir (Çizelge 4.4, Şekil 4.7). Bor dozlarına göre çeşitler değerlendirildiğinde kontrol uygulamasına göre B_2 (10 mg kg^{-1}) dozunda en yüksek azalma %41 ile Seminis Gina genotipinde görülmüştür. En fazla tepkiyi veren Seminis Gina genotipinin B_0 ile B_2 dozu arasındaki fark 0.79 g' dır. Bu farklılık kontrole göre B_1 dozu uygulamasında %5.9 oranında bir azalışla kendini gösterirken B_2 dozu uygulamasında %41 oranında bir azalış göstermiştir. Bor uygulamasına en az tepki veren Zülbiye genotipinde kontrole göre B_1 dozu uygulamasında %17.26 oranında bir artış olur iken B_2 dozu uygulamasında %3.50 oranında bir azalış olmuştur (Çizelge 4.4). Bu sonuçlara göre Eskişehir – 855, Akman – 98, Karacaşehir – 90, Noyanbey, Terzibaba, Fasulye sıra, Yalova – 17, Nazende, Horoz Fasulye, Şehirali 90, Yakutiye Romano, Magnum, Seminis Gina ve Efsane bor uygulaması yapılmadan yetiştirilebilecek genotiplerdir. Farklı B dozları altında fasulye genotiplerinin kuru madde verimleri beklenildiği gibi birbirlerinden farklı olmuştur.

Çizelge 4.4. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetişitirlen Bodur Fasulye Genotiplerinin Kuru Ağırlık Değerlerine (g bitki^{-1}) Etkileri

Genotipler	Bor mg kg^{-1}	Uygulamalar							
		Zn mg kg^{-1}						Ortalama	
		0		5		10			
		g bitki^{-1}	%	g bitki^{-1}	%	g bitki^{-1}	%	g bitki^{-1}	%
Eskişehir 855	0	1,84 ± 0,01		2,18 ± *0,01*	*18,7*	2,22 ± *0,02*	*20,7*	2,08 ± *0,18*	
	5	1,51 ± *0,01*	*-17,6*	1,54 ± *0,01*	*-16,0*	1,61 ± *0,01*	*-12,4*	1,56 ± *0,04*	*-25,1*
	10	1,32 ± *0,03*	*-28,1*	1,45 ± *0,01*	*-20,9*	1,49 ± *0,02*	*-19,1*	1,42 ± *0,08*	*-31,7*
	Ort.	1,56		1,73	*10,9*	1,77	*13,7*	1,68	
Şehirali 90	0	1,67 ± 0,02		1,88 ± *0,01*	*12,6*	2,16 ±	*29,6*	1,90 ±	
	5	1,62 ± *0,01*	*-3,0*	1,91 ± *0,02*	*14,8*	1,94 ±	*16,4*	1,82 ±	*-4,1*
	10	1,48 ± *0,01*	*-11,0*	1,58 ± *0,01*	*-5,0*	1,63 ±	*-2,0*	1,57 ±	*-17,6*
	Ort.	1,59		1,79	*12,7*	1,91	*20,3*	1,76	
Yunus 90	0	2,15 ± 0,01		2,30 ± *0,01*	*6,8*	2,45 ± *0,01*	*13,9*	2,30 ± *0,13*	
	5	2,04 ± *0,01*	*-5,2*	2,10 ± *0,02*	*-2,5*	2,16 ± *0,01*	*0,2*	2,10 ± *0,05*	*-8,8*
	10	1,84 ± *0,02*	*-14,4*	1,89 ± *0,01*	*-12,2*	1,94 ± *0,01*	*-10,0*	1,89 ± *0,04*	*-17,9*
	Ort.	2,01		2,10	*4,2*	2,18	*8,4*	2,10	
Akman 98	0	1,58 ± 0,02		1,62 ± *0,01*	*2,3*	1,66 ± *0,01*	*4,9*	1,62 ± *0,03*	
	5	1,33 ± *0,01*	*-15,8*	1,38 ± *0,01*	*-12,7*	1,41 ± *0,02*	*-10,6*	1,38 ± *0,04*	*-15,0*
	10	0,89 ± *0,01*	*-43,5*	1,01 ± *0,02*	*-35,9*	1,05 ± *0,02*	*-33,7*	0,98 ± *0,07*	*-39,2*
	Ort.	1,27		1,34	*5,4*	1,37	*8,1*	1,33	
Önceler 98	0	2,11 ± 0,01		2,25 ± *0,01*	*6,9*	2,41 ± *0,02*	*14,2*	2,26 ± *0,13*	
	5	1,98 ± *0,01*	*-6,0*	2,05 ± *0,01*	*-2,6*	2,12 ± *0,01*	*0,8*	2,05 ± *0,07*	*-9,0*
	10	1,71 ± *0,02*	*-18,8*	1,81 ± *0,01*	*-14,0*	1,90 ± *0,02*	*-9,8*	1,81 ± *0,08*	*-19,9*
	Ort.	1,93		2,04	*5,6*	2,14	*10,9*	2,04	
Göynük 98	0	1,13 ± 0,01		1,38 ± *0,01*	*21,9*	1,54 ± *0,01*	*36,5*	1,35 ± *0,18*	
	5	1,50 ± *0,01*	*33,0*	1,66 ± *0,01*	*46,6*	1,70 ± *0,01*	*50,2*	1,62 ± *0,09*	*19,9*
	10	1,08 ± *0,01*	*-4,2*	1,14 ± *0,01*	*0,9*	1,19 ± *0,02*	*5,0*	1,14 ± *0,04*	*-15,8*
	Ort.	1,24		1,39	*12,3*	1,48	*19,1*	1,37	
Karacaşehir 90	0	1,36 ± 0,01		1,41 ± *0,02*	*3,4*	1,43 ± *0,01*	*5,1*	1,40 ± *0,03*	
	5	1,31 ± *0,02*	*-4,1*	1,43 ± *0,04*	*4,9*	1,51 ± *0,01*	*10,6*	1,41 ± *0,09*	*0,9*
	10	0,68 ± *0,01*	*-50,3*	0,87 ± *0,01*	*-36,0*	0,94 ± *0,01*	*-31,0*	0,83 ± *0,12*	*-40,8*
	Ort.	1,12		1,24	*10,9*	1,29	*15,9*	1,22	
Zülbiye	0	1,81 ± 0,01		1,97 ± *0,01*	*8,8*	2,04 ± *0,01*	*12,9*	1,94 ± *0,10*	
	5	2,24 ± *0,01*	*23,8*	2,28 ± *0,01*	*25,8*	2,31 ± *0,01*	*27,6*	2,28 ± *0,03*	*17,3*
	10	1,85 ± *0,01*	*2,0*	1,88 ± *0,02*	*4,0*	1,89 ± *0,02*	*4,4*	1,87 ± *0,02*	*-3,5*
	Ort.	1,97		2,04	*3,9*	2,08	*5,8*	2,03	
Akdağ	0	1,32 ± 0,01		1,51 ± *0,01*	*14,9*	1,84 ± *0,01*	*39,7*	1,56 ± *0,23*	
	5	1,40 ± *0,01*	*6,5*	1,55 ± *0,01*	*17,5*	1,56 ± *0,01*	*18,7*	1,50 ± *0,07*	*-3,4*
	10	1,08 ± *0,02*	*-18,0*	1,18 ± *0,01*	*-10,2*	1,21 ± *0,01*	*-8,1*	1,16 ± *0,06*	*-25,6*
	Ort.	1,27		1,41	*11,6*	1,54	*21,4*	1,41	
Noyanbey	0	1,81 ± 0,02		1,95 ± *0,01*	*7,7*	2,02 ± *0,02*	*11,6*	1,93 ± *0,09*	
	5	1,45 ± *0,01*	*-20,1*	1,68 ± *0,01*	*-7,2*	1,78 ± *0,01*	*-1,7*	1,64 ± *0,15*	*-15,1*
	10	1,05 ± *0,01*	*-42,2*	1,18 ± *0,02*	*-34,8*	1,26 ± *0,01*	*-30,4*	1,16 ± *0,09*	*-39,7*
	Ort.	1,43		1,60	*11,8*	1,69	*17,6*	1,57	
Aras 98	0	1,85 ± 0,02		1,91 ± *0,02*	*3,1*	1,94 ± *0,01*	*4,9*	1,90 ± *0,43*	
	5	1,91 ± *0,02*	*3,2*	1,93 ± *0,01*	*4,5*	1,97 ± *0,01*	*6,5*	1,94 ± *0,03*	*2,1*
	10	1,51 ± *0,01*	*-18,5*	1,57 ± *0,01*	*-15,1*	1,58 ± *0,01*	*-14,6*	1,55 ± *0,04*	*-18,3*
	Ort.	1,76		1,80	*2,7*	1,83	*4,2*	1,80	
Terzibaba	0	1,21 ± 0,02		1,31 ± *0,01*	*8,0*	1,34 ± *0,01*	*10,7*	1,29 ± *0,06*	
	5	0,78 ± *0,01*	*-35,9*	0,91 ± *0,02*	*-25,0*	1,02 ± *0,02*	*-16,2*	0,90 ± *0,10*	*-30,1*
	10	0,75 ± *0,01*	*-38,2*	0,78 ± *0,01*	*-35,4*	0,81 ± *0,15*	*-33,0*	0,78 ± *0,03*	*-39,3*
	Ort.	0,91		1,00	*9,6*	1,06	*15,9*	0,99	
Yakutiye	0	1,68 ± 0,01		1,71 ± *0,02*	*2,0*	1,78 ± *0,01*	*6,1*	1,72 ± *0,05*	
	5	1,49 ± *0,01*	*-11,3*	1,81 ± *0,01*	*7,8*	1,85 ± *0,01*	*10,3*	1,71 ± *0,17*	*-0,5*
	10	1,18 ± *0,02*	*-29,6*	1,21 ± *0,01*	*-28,0*	1,24 ± *0,01*	*-26,2*	1,21 ± *0,03*	*-29,8*
	Ort.	1,45		1,57	*8,7*	1,62	*12,0*	1,55	

Çizelge 4.4. (Devam)

Genotipler	Bor mg kg^{-1}	Uygulamalar						Ortalama	
		Zn mg kg^{-1}							
		0		5		10			
		g bitki^{-1}	%	g bitki^{-1}	%	g bitki^{-1}	%	g bitki^{-1}	%
Şahin 90	0	1,49 ± 0,01		1,78 ± *0,01*	*19,5*	1,84 ± *0,01*	*23,7*	1,70 ± *0,16*	
	5	1,78 ± *0,01*	*19,3*	1,91 ± *0,01*	*28,0*	1,98 ± *0,02*	*32,7*	1,89 ± *0,09*	*10,7*
	10	1,12 ± *0,01*	*-24,6*	1,16 ± *0,01*	*-21,9*	1,22 ± *0,02*	*-18,3*	1,17 ± *0,04*	*-31,5*
	Ort.	1,46		1,62	*10,5*	1,68	*14,8*	1,59	
Fasulye Sıra	0	1,48 ± 0,01		1,55 ± *0,01*	*4,9*	1,61 ± *0,01*	*8,8*	1,54 ± *0,06*	
	5	1,12 ± *0,01*	*-24,4*	1,17 ± *0,01*	*-20,6*	1,24 ± *0,01*	*-15,8*	1,18 ± *0,06*	*-23,7*
	10	0,72 ± *0,01*	*-51,5*	0,81 ± *0,01*	*-45,4*	0,92 ± *0,01*	*-37,9*	0,81 ± *0,09*	*-47,3*
	Ort.	1,10		1,18	*6,7*	1,26	*13,9*	1,18	
Horoz Fasulye	0	1,32 ± 0,01		1,34 ± *0,01*	*2,0*	1,38 ± *0,01*	*4,8*	1,35 ± *0,03*	
	5	1,24 ± *0,01*	*-5,6*	1,31 ± *0,01*	*-0,3*	1,35 ± *0,01*	*2,5*	1,30 ± *0,05*	*-3,3*
	10	0,94 ± *0,01*	*-28,4*	1,01 ± *0,01*	*-23,1*	1,05 ± *0,01*	*-20,5*	1,00 ± *0,05*	*-25,7*
	Ort.	1,17		1,22	*4,7*	1,26	*7,8*	1,22	
Yalova 17	0	1,68 ± 0,01		1,94 ± *0,01*	*15,9*	1,98 ± *0,01*	*18,2*	1,87 ± *0,14*	
	5	1,67 ± *0,01*	*-0,4*	1,89 ± *0,01*	*12,7*	1,91 ± *0,01*	*13,7*	1,82 ± *0,12*	*-2,5*
	10	1,24 ± *0,01*	*-25,9*	1,26 ± *0,01*	*-24,7*	1,21 ± *0,01*	*-28,0*	1,24 ± *0,02*	*-33,7*
	Ort.	1,53		1,70	*11,0*	1,70	*11,0*	1,64	
Nazende	0	1,45 ± 0,01		1,55 ± *0,01*	*6,9*	1,58 ± *0,01*	*8,7*	1,53 ± *0,06*	
	5	0,99 ± *0,01*	*-31,9*	1,07 ± *0,01*	*-26,2*	1,22 ± *0,01*	*-16,0*	1,09 ± *0,10*	*-28,4*
	10	0,91 ± *0,01*	*-37,2*	0,95 ± *0,01*	*-34,4*	0,97 ± *0,01*	*-33,0*	0,95 ± *0,03*	*-38,1*
	Ort.	1,12		1,19	*6,6*	1,26	*12,4*	1,19	
Romano	0	1,21 ± 0,01		1,38 ± *0,01*	*13,5*	1,42 ± *0,01*	*16,8*	1,34 ± *0,10*	
	5	0,87 ± *0,01*	*-28,3*	1,06 ± *0,01*	*-12,9*	1,10 ± *0,01*	*-9,1*	1,01 ± *0,11*	*-24,4*
	10	0,85 ± *0,01*	*-29,7*	0,91 ± *0,01*	*-24,7*	0,95 ± *0,02*	*-21,7*	0,91 ± *0,05*	*-32,2*
	Ort.	0,98		1,12	*14,0*	1,16	*18,2*	1,08	
Sarıkız	0	1,35 ± 0,01		1,55 ± *0,01*	*14,8*	1,61 ± *0,01*	*19,7*	1,50 ± *0,12*	
	5	1,39 ± *0,01*	*3,0*	1,48 ± *0,01*	*10,1*	1,55 ± *0,01*	*15,1*	1,47 ± *0,07*	*-1,9*
	10	0,88 ± *0,01*	*-34,4*	0,91 ± *0,02*	*-32,2*	0,99 ± *0,01*	*-26,7*	0,93 ± *0,05*	*-38,2*
	Ort.	1,21		1,31	*9,0*	1,38	*14,7*	1,30	
Magnum	0	1,71± 0,01		1,82 ± *0,01*	*6,3*	1,87 ± *0,01*	*9,4*	1,80 ± *0,07*	
	5	1,65 ± *0,01*	*-3,3*	1,84 ± *0,01*	*7,8*	1,95 ± *0,01*	*14,2*	1,82 ± *0,13*	*1,0*
	10	1,15 ± *0,01*	*-32,9*	1,21 ± *0,02*	*-29,2*	1,30 ± *0,01*	*-23,8*	1,22 ± *0,07*	*-32,2*
	Ort.	1,50		1,62	*8,0*	1,71	*13,7*	1,61	
Seminis Gina	0	1,81 ± 0,01		1,91 ± *0,01*	*5,4*	2,06 ± *0,01*	*13,5*	1,93 ± *0,10*	
	5	1,70 ± *0,01*	*-6,1*	1,82 ± *0,01*	*0,4*	1,92 ± *0,01*	*5,7*	1,81 ± *0,09*	*-5,9*
	10	1,08 ± *0,01*	*-40,6*	1,14 ± *0,01*	*-37,0*	1,19 ± *0,01*	*-34,4*	1,14 ± *0,05*	*-41,0*
	Ort.	1,53		1,62	*6,1*	1,72	*12,4*	1,63	
May Gina	0	2,32 ± 0,01		2,51 ± *0,01*	*8,2*	2,65 ± *0,01*	*14,1*	2,49 ± *0,14*	
	5	2,58 ± *0,01*	*11,3*	2,69 ± *0,01*	*15,8*	2,72 ± *0,01*	*17,2*	2,66 ± *0,06*	*6,9*
	10	1,61 ± *0,01*	*-30,6*	1,74 ± *0,01*	*-25,0*	1,79 ± *0,01*	*-23,0*	1,71 ± *0,08*	*-31,3*
	Ort.	2,17		2,31	*6,5*	2,38	*9,8*	2,29	
Efsane	0	1,75 ± 0,01		1,78 ± *0,02*	*1,5*	1,94 ± *0,01*	*10,9*	1,82 ± *0,09*	
	5	1,08 ± *0,01*	*-38,3*	1,24 ± *0,01*	*-29,1*	1,32 ± *0,02*	*-24,6*	1,21 ± *0,11*	*-33,4*
	10	0,98 ± *0,01*	*-44,2*	1,10 ± *0,01*	*-37,3*	1,31 ± *0,01*	*-25,1*	1,13 ± *0,14*	*-38,1*
	Ort.	1,27		1,37	*8,0*	1,52	*20,0*	1,39	
Kanada	0	1,08 ± 0,01		1,22 ± *0,01*	*13,0*	1,25 ± *0,01*	*15,8*	1,18 ± *0,08*	
	5	1,12 ± *0,01*	*4,0*	1,28 ± *0,01*	*19,1*	1,31 ± *0,02*	*21,9*	1,24 ± *0,09*	*5,0*
	10	1,02 ± *0,02*	*-5,6*	1,11 ± *0,01*	*2,8*	1,10 ± *0,02*	*1,9*	1,07 ± *0,10*	*-9,1*
	Ort.	1,07		1,20	*12,2*	1,22	*13,8*	1,16	
Genel Ort.	0	1,61		1,75	*8,8*	1,84	*14,6*	1,73	
	5	1,51	*-6,0*	1,64	*2,1*	1,70	*5,9*	1,62	*-6,6*
	10	1,16	*-28,0*	1,24	*-23,0*	1,28	*-20,0*	1,23	*-29,2*
	Ort.	1,42		1,54	*8,2*	1,61	*12,9*	1,53	

LSD (%1) değerleri; G: 0.07040; B: 0.02439; G x B: 0.1219; Zn: 0.02439; G x Zn: 0.1219; B x Zn: 0.04224; B x Zn x G: 0.2112

Bitkilerin ihtiyaç duydukları B miktarı oldukça azdır. Rerkasem ve ark. (1991), genellikle tek çenekli (monokotiledon) bitkilerin B gereksinmesi, çift çenekli (dikotiledon) bitkilerin B gereksiniminden daha az olduğunu belirtmiş olmalarına rağmen dikotiledon bir bitki olan fasulye bitkisinde de gerek duyulan borun çok azda olsa fazlası, B noksanlığında olduğu gibi bitkilerin gelişimi üzerine olumsuz etki yaptığı gözlemlenmiştir. Bitkisel üretiminde önemli bir kriter olan B toksisitesinden kaynaklanan kuru madde azalmasıyla ilgili olarak farklı bitki türleri kullanılarak yapılan araştırmalarda Hamurcu ve ark. (2006b) sera çalışmasında bezelye çeşitlerine farklı B dozları uygulamışlar (0, 1 ve 20 mg kg^{-1}) ve uygulama sonucunda B dozlarının ortalaması dikkate alındığında B uygulanmayan saksılara göre, en yüksek kuru ağırlık değerine ulaşılan 1mg kg^{-1} B uygulamasında %5.86'lık oranda artış olurken, bu dozun üzerinde uygulanan B'un ise bitkilerin kuru madde veriminde %9.22 oranında bir azalmaya sebep olduğunu belirlemişlerdir. Makarnalık buğday bitkisinde yapılan sera çalışmasında bor toksisitesinden kaynaklanan kuru madde azalmasının uygulanan B dozlarıyla birlikte B uygulanmayan saksılara göre %24.6 oranında azaldığı, en yüksek kuru madde miktarına ulaşılan 1 mg kg^{-1} B uygulamasında ise %2.8 oranında arttığını belirlemişlerdir (Hamurcu ve ark., 2006a). Alkan (1998), sera çalışmasında, B toksisitesi göstermeyen bir toprağa 0.5, 15 ve 45 mg kg^{-1} B uygulamaları yapmış ve farklı tahıl türlerinin kuru madde verimlerinde meydana gelen verim azalmasının kontrol (0 mg kg^{-1} B) uygulamasına göre, sırasıyla %6, %16, ve %51 oranlarında olduğunu bulmuştur. Ayvaz (2002) arpada yaptığı saksı denemesinde 0, 1, 10 ve 20 mg kg^{-1} B uygulamasıyla bitkide 0 ve 1 mg kg^{-1} B uygulanan bitkilerde kuru ağırlık bakımından önemli bir fark görülmezken 10 ve 20 mg kg^{-1} B uygulanan bitkilerde artan B dozları ile bitkinin kuru ağırlık değerlerinin giderek azaldığı, borsuz ve 1mg kg^{-1} B uygulamasında yetiştirilen bitkilere göre yaklaşık %30 oranında bir azalma olduğunu belirlemiştir. Torun ve ark (2006) 70 makarnalık buğday (*Triticum durum*) genotipi ile yaptıkları sera denemesinde bitkiler, ekstrakte edilebilir B'un 12 mg kg^{-1} olduğu bir toprakta iki ayrı bor uygulamasına tabi tutmuşlar (+B: 25 mg kg^{-1} toprak;-B: 0 mg kg^{-1}) otuz günlük büyüme evresinden sonra hasat edilmiş ve genotipleri kuru madde ağırlığı bakımından değerlendirmişlerdi. Genotipler arasında topraktaki B toksisitesine karşı, toksisite belirtilerinin şiddeti ve büyümedeki azalma bakımından büyük bir

genotipsel varyasyonun olduğunu, test edilen genotiplerden Sabil-l, Stn "S", Aconhi-89 ve Wadelmez-2, B uygulamasından etkilenmeyen ve hatta bu genotiplerde B'dan dolayı büyümede bir artma eğiliminin ortaya çıktığını, buna karşılık, diğer genotiplerin tümünde B uygulaması sonucu kuru madde ağırlığında azalmaların olduğu, bu azalmaların özellikle Lagost_3, Dicle-74. Brachoua/134xS-61 ve Gerbrach genotiplerinde olduğunu, genotiplerden Braehoua/l34xS-61 ve Gerbrach'da B'dan dolayı kuru madde oluşumundaki azalmanın 2 kattan daha fazla olduğunu ifade etmişlerdir. Gerek fasulyede gerekse diğer bitki türlerinde yapılan çalışma sonuçlarında tespit edilen sonuçlar araştırma sonuçlarımızı teyit etmektedir.

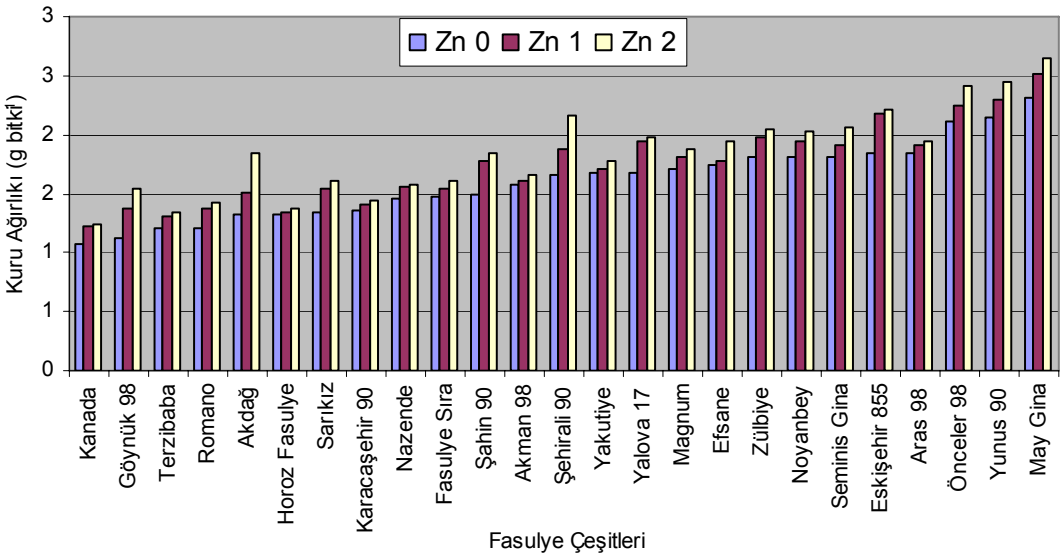
Çinko dozlarının kuru ağırlık değerlerine etkisi istatistiki olarak ($p<0.01$) önemli olup, bu amaçla hesaplanan F değeri 17922.22'dir (Çizelge 4.3). Genotiplerin ve bor dozlarının ortalaması olarak en yüksek kuru ağırlık 1.61 g ile Zn_2 dozu uygulanan bitkilerden elde edilirken, bunu azalan sıra ile Zn_1 dozu (1.54 g) ve Zn_0 dozu (1.42 g) takip etmiştir. Kullanılan fasulye genotiplerinin uygulanan çinko dozlarına tepkilerinin ortalamaları dikkate alındığında kontrole göre Zn_1 dozu uygulamasıyla kuru ağırlık değerinde %8.22 oranında bir artış elde edilirken, Zn_2 uygulamasında bu artış %12.92 oranında olmuştur.. Yapılan LSD testine göre, Zn_2 uygulaması birinci grupta, Zn_1 uygulaması ikinci grupta ve Zn_0 uygulaması son grupta yer almıştır (Çizelge 4.4).

Kuru ağırlık bakımından genotip x çinko interaksiyonu istatistiki olarak %1 ihtimal sınırında önemli bulunmuştur (Çizelge 4.3). Bor dozlarının ortalaması olarak en yüksek kuru ağırlık 2.38 g ile May Gina genotipinde Zn_2 dozundan elde edilmiştir. En düşük kuru ağırlık ise 0.91 g ile Terzibaba genotipinden elde edilmiştir. Deneme sonucunda kullanılan bütün fasulye genotiplerinde artan çinko dozlarıyla birlikte kuru ağırlık değerlerinde de artışlar meydana gelmiştir (Çizelge 4.4, Şekil 4.8). Bitkilerde çinko beslenmesiyle ilgili gerek fasulye gerekse tahıl türlerinde yapılan çalışmalarda çok geniş bir genetik varyasyon bulunduğu tespit edilmiştir (Çakmak ve ark., 1996; İşler, 1997; Moraghan ve Grafton, 1999; Torun ve ark., 2000; Kınacı, 2000; Işık ve ark. 2000; Welch, 2002; Singh ve Westermann, 2002; Welch ve Graham, 2002; Hacısalihoğlu ve ark., 2004). Türkiye' de tarımı yapılan fasulye genotiplerinin önemli bir kısmının yer aldığı çalışmamızda da benzer bulgulara ulaşılmıştır. Gupta ve Potlia (1998) fasulye ile yaptıkları saksı

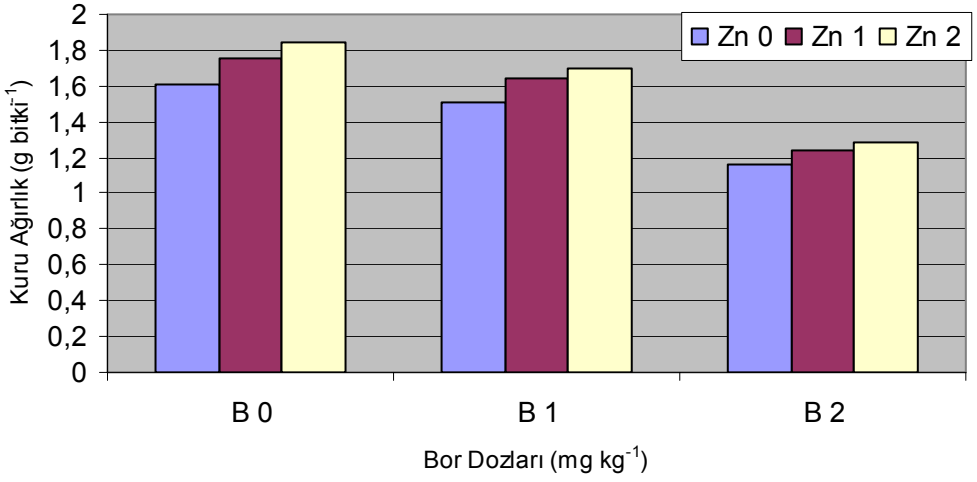
denemelerinde çinkonun farklı formlarda 5 -10 mg kg^{-1}'lık uygulamaları kuru madde verimini ortalama 2.93'ten 11.10 g $saks\imath^{-1}$'ya yükselttiğini belirlemişlerdir. Hacısalihoğlu ve ark. (2004), 35 çeşit fasulye üzerinde yaptıkları saksı denemesinde artan çinko dozlarıyla birlikte bitkilerin kuru madde verimi ve çinko etkinlik değerlerinde artışlar tespit etmişlerdir. İşler (1997) fasulye çeşitleriyle yaptığı sera denemesinde çinko eksikliğinden dolayı bitkilerin kuru madde verimlerinde önemli düşüşler olduğunu, en düşük kuru madde veriminin Karacaşehir – 90 çeşidinde olduğunu, bitkilere çinko uygulamasıyla kuru madde verimlerinin belirgin bir şekilde arttığını, en yüksek artışın da Şehirali – 90 çeşidinde gerçekleştiğini belirlemişlerdir. Toğay ve ark., (2004), fasulyede çinko beslenmesiyle ilgili yaptıkları tarla denemsinde elde etmiş oldukları sonuçlar çalışmamızda elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Bitkilerde çinko beslenmesiyle ilgili tahıllarda yapılan çalışmalarda da artan çinko dozlarıyla birlikte bitkilerin kuru madde verimlerinin arttığı tespit edilmiştir (Çakmak ve ark., 1996b; Kınacı, 2000; Mungan ve ark., 2003). Aydın ve ark., (2005) mısır bitkisi üzerine yapmış oldukları sera denemesinde 5 çinko dozu (0, 0.1, 0.4, 2 ve 10 mg Zn kg^{-1}) kulanmışlar ve Zn uygulaması sonucunda kuru madde üretiminin arttığını bu artışın 2 mg kg^{-1} Zn uygulamasından sonra istatistiki olarak önemsiz olduğunu bulmuşlardır. Özgüven ve Katkat (2001)'da yaptıkları benzer araştırmalarda artan miktarlarda uygulanan çinkonun sera koşullarında yetiştirilen mısırın kuru madde miktarını istatistiki düzeyde arttırdığını bildirmişlerdir.

Bor x çinko interaksiyonunun kuru ağırlık değerlerine etkisi istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) olup bu amaçla hesaplanan F değeri 522.95' dir (Çizelge 4.3). B x Zn interaksiyonunda en yüksek kuru ağırlık 1.84 g ile B_0 x Zn_2 uygulamasından elde edilirken en düşük kuru ağırlık ise 1.16 g ile B_2 x Zn_0 muamelelerinden elde edilmiştir. B x Zn interaksiyonu sonucunda en yüksek kuru ağırlık değerinin elde edildiği B_0 x Zn_2 uygulamasında kontrole göre %14.6 oranında bir artış elde edilirken, en düşük kuru ağırlık değerinin elde edildiği B_2 x Zn_0 uygulaması sonucunda %28.0 oranında bir azalış belirlenmiştir. Bu azalma B ve Zn'nin birlikte en yüksek uygulandığı (B_2 x Zn_2) dozlarda %20.0 oranında olmuştur (Çizelge 4.4, Şekil 4.9). Bor uygulamasındaki artışa bağlı olarak fasulye genotiplerinin kuru ağırlık değerlerinde belirgin bir azalış görülürken bu azalma çinko uygulamasıyla

azda olsa geriletebilmektedir. Yapılan LSD testine göre B_0 x Zn_2 uygulaması birinci grupta, B_0 x Zn_1 uygulaması ikinci grupta ve B_2 x Zn_0 uygulaması son grupta yer almıştır.



Şekil 4.8. Bor uygulanmayan muamelelerde çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin kuru ağırlık (g bitki^{-1}) değerlerine etkisi



Şekil 4.9. Bor ve çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin kuru ağırlık (g bitki^{-1}) değerlerine etkisi

Genotip x bor x çinko interaksiyonunun etkisi de kuru ağırlık değerlerinde istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur (Çizelge 4.3). Genotip x bor x çinko interaksiyonunda kuru ağırlık değerleri 2.72 g (May Gina genotipinde B_1 x Zn_2 dozunda) ile 0.68 g (Karacaşehir - 90 genotipinde B_2 x Zn_0 dozunda) arasında değişmiştir (Çizelge 4.4).

Bor x çinko interaksiyonunda ve üçlü interaksiyonda görüldüğü gibi bor ve çinkonun kuru ağırlık değerleri genotip bor ve çinko dozlarına göre değişiklik göstermektedir. Daha öncede belirtildiği üzere, bitkiler bor uygulamasından ve çinko uygulamasından aynı derecede fizyolojik ve morfolojik olarak etkilenme göstermedikleri için bitki türleri arasında olduğu gibi aynı türün çeşitleri arasında da bor ve çinko uygulamalarına duyarlılıkta büyük farklılıkların olduğu bulunmuştur (Paull ve ark.,1988; Huang ve Graham 1990; Nable, 1991; Çakmak ve ark., 1996; İşler, 1997; Moraghan ve Grafton, 1999; Torun ve ark., 2000; Kınacı, 2000; Işık ve ark. 2000; Welch, 2002; Singh ve Westermann, 2002; Welch ve Graham, 2002; Hacısalihoğlu ve ark., 2004). Son yıllarda çinko noksanlığı altındaki topraklarda yetişen bitkilerde bor toksisitesi şiddetinin arttığı buna karşılık çinko uygulaması yapıldığında ise bor toksisitesinin hafiflediğine ilişkin literatürlerde bilgilere yer verilmiştir (Alkan, 1998; Yazıcı, 2001). Toprağa çinko ilavesiyle bor toksisitesinin hafifletilmesi son yıllarda özellikle hem çinko noksanlığının hemde bor toksisitesine sahip Orta Anadolu bölgesi için önemli sayılabilir. Araştırmamız sonucunda da farklı çinko uygulamalarının denemede kullanılan fasulye genotiplerinin bor toksisitesi simptomlarının şiddeti üzerinde çok fazla etkili olamamıştır. Ancak çinko uygulamalarının kuru madde oluşumunu olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir. Artan oranlarda uygulanan borun denemede kullanılan genotiplerin B toksisitesi simptomlarını arttırmasına karşılık kuru madde veriminde doğal olarak azalmaya neden olmuştur. Bor uygulamasından kaynaklanan kuru madde azalmasının genotipten genotipe değiştiği görülmüştür. Bor ve çinkonun birlikte uygulandığı muamelelerde artan bor dozlarının bitki kuru madde veriminde azalmalara yol açmasına karşılık çinko dozlarının uygulanmasıyla bitkilerde kuru madde veriminde yine azalmalar olduğu ancak bu azalmaların bor tek başına uygulandığı muamelelere göre daha az olduğu belirlenmiştir. Alkan (1998) yaptığı sera çalışmasında farklı arpa ve buğday çeşitlerine bor ve çinko uygulamaları sonucunda bitiklerin kuru

madde veriminde elde edilen sonuçların çalışmamızla benzerlik gösterdiği, burada artan bor dozlarıyla birlikte bitkilerde meydana gelen kuru madde azalmalarının uygulanan çinko dozlarıyla birlikte bitiklerin kuru madde verimi değerlerini arttırmasa bile bitkilerde bor uygulaması sonucu oluşan kuru madde azalmasının azda olsa azalmasını sağlamışlardır. Yapılan bir diğer çalışmada buğday bitkisinin kuru madde verimini azaltacak kadar yüksek bor uygulamaları altında ortama çinko ilavesi buğdayın verimini önemli ölçüde arttırdığı, ayrıca çinkolu koşullara göre çinkosuz koşullarda yapılan bor uygulaması, bitkilerin daha fazla bor alımına dolayısıyla bor konsantrasyonlarının artmasına neden olduğunu belirlemişlerdir (Singh ve ark., 1990). Güneş ve ark., (2000), domates bitkisine uygulanan dört bor (0, 5, 10 ve 20 mg B kg^{-1}) ve üç çinko (0, 10 ve 20 mg Zn kg^{-1}) uygulamasının etkisini araştırdıkları sera denemesinde, 10 ve 20 mg B kg^{-1} uygulamalarında B toksisitesi semptomlarının ortaya çıktığı uygulanan Zn dozlarının görülen bu semptomları kısmen azaltsa da uygulanan B, bitkinin yaş ve kuru ağırlığını belirgin şekilde azalttığını ifade etmişlerdir. Benzer sonuçlar Singh ve ark., (1990) ve Graham ve ark., (1992) tarafından da belirtilmiştir.

4.3. Tane Verimi

Farklı bor ve çinko dozlarının fasulye genotiplerinin tane verimi değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5'te, denemelerden elde edilen ortalama bitki tane verimleri Çizelge 4.6'da, bu değerlere ait grafikler Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Tane Verimlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Uygulamalar	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genotip (A)	24	35,644	1,485	233,31**
Bor (B)	2	1,347	0,674	105,82**
A x B İnt.	48	19,333	0,403	63,27**
Çinko (C)	2	1,919	0,96	150,76**
A x C İnt.	48	6,075	0,127	19,88**
B x C İnt.	4	0,705	0,176	27,71**
A x B x C İnt.	96	19,776	0,206	32,36**
Hata	450	2,864	0,06	
Toplam	674			
C.V. (%)	**5,36**			

**İşareti, işlemler arasındaki farkın %1, * işareti ise işlemler arasındaki farkın %5 seviyesinde önemli olduğunu göstermektedir

Bitki tane verimi bakımından genotipler arasındaki fark %1 seviyesinde istatistiki olarak önemli olup, bu amaçla hesaplanan F değeri ise 233.31'dir (Çizelge 4.5). Bor ve çinko dozlarının ortalaması olarak en yüksek bitki tane verimi 1,85 g ile Eskişehir - 855 genotipinden elde edilmiştir. Bunu azalan sıra ile Kanada (1.82 g), Yunus - 90 (1.80 g), Romano (1.77 g) ve Magnum (1.77 g), genotipleri takip etmiştir. En düşük bitki tane verimi Önceler - 98 (1.25 g) genotipinden elde edilirken bunu azalan sıra ile Şahin - 90 (1.22 g), Seminis Gina (1.20 g), Yalova – 17 (1.18 g) ve Horoz fasulye (0.96 g) genotipleri takip etmiştir. Diğer genotipler ise bu değerler arasında değişen bitki tane verimlerine sahip olmuşlardır (Çizelge 4.6). Bor ve çinko dozlarının ortalaması olarak en yüksek bitki tane veriminin alındığı Eskişehir – 855 (1.85 g) genotipi ile en düşük tane veriminin alındığı Horoz fasulye (0.96 g) genotipi arasında %92.71 oranında bir fark (0.89 g) olduğu belirlenmiştir. Yapılan LSD testine göre Eskişehir - 855 Kanada ve Yunus - 90 genotipleri birinci grupta, Romano ve Magnum genotipleri ikinci grupta, Göynük-98 genotipi üçüncü grupta yer alırken, Horoz fasulye genotipi ise son grupta yer almıştır (Çizelge 4.6). Tane verimi bakımından genotipler arasındaki bu farklılıklar genotiplerin genetik yapılarından kaynaklanmaktadır. Benzer çalışmada Ceyhan ve ark. (2006) altı çeşit kuru fasulye bitkisi üzerinde yaptıkları tarla denemesinde çeşitlerin verim değerleri arasında istatistiki bakımdan önemli farklılıklar bulmuşlar ve bu farklılıkları çeşitler arasındaki genetik varyasyona bağlamışlardır. Benzer araştırmalarda Akçin, (1974), Ersoy ve Önder (1999), Ceyhan (2004) farklı fasulye çeşitleri kullanarak yaptıkları çalışmalarda araştırma sonuçlarımızla benzerlik gösteren sonuçlar bulmuşlardır.

Bor dozlarının tane verimi üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.5). Genotiplerin ve çinko dozlarının ortalaması olarak en yüksek tane verimi 1.55 g ile B_1 dozu uygulamasından elde edilmiş, bunu benzer tane verimine sebep olan B_2 (1.46 g) ve B_0 (1.45 g) uygulamaları takip etmiştir (Çizelge 4.6). B_1 dozu uygulaması fasulye genotiplerinin bitki tane verimlerini kontrole göre %6.8 oranında artırırken B_2 dozu uygulaması fasulye genotiplerinin bitki tane verimlerinde %0.6 oranında bir artışa sebep olmuştur. Yapılan LSD testine göre B_1 dozu birinci grupta, B_2 ve B_0 dozları diğer grupta yer almıştır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Tane Verimleri (g bitki^{-1}) Üzerine Etkileri

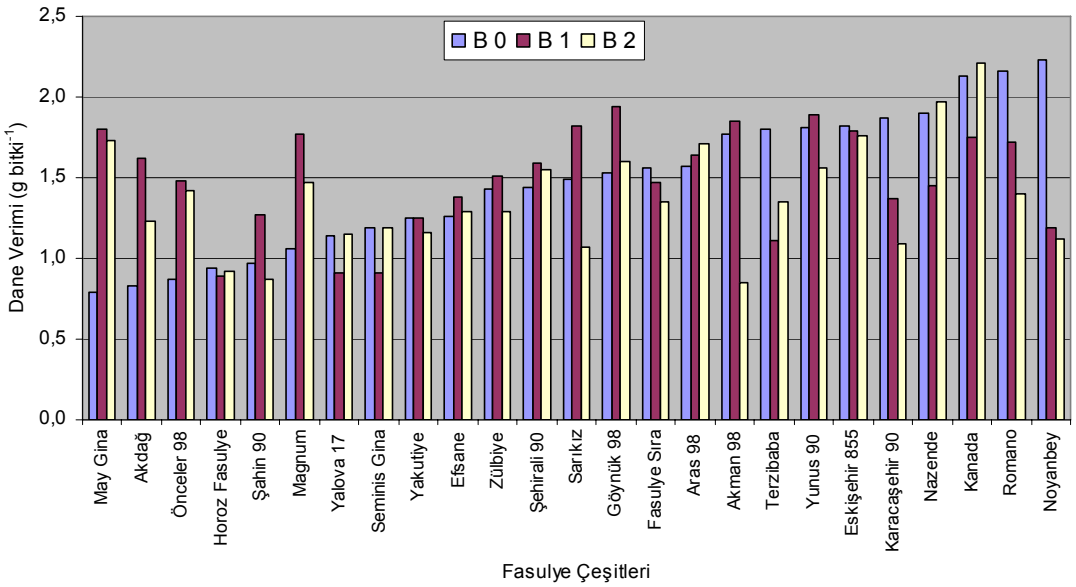
Genotipler	Bor mg kg^{-1}	Uygulamalar						Ortalama	
		Zn mg kg^{-1}							
		0		5		10			
		g bitki^{-1}	%	g bitki^{-1}	%	g bitki^{-1}	%	g bitki^{-1}	%
Eskişehir 855	0	1,82 ± 0,11		2,51 ± 0,07	38,3	1,21 ± 0,11	-33,6	1,85 ± 0,57	
	5	1,79 ± 0,05	-1,32	1,85 ± 0,12	1,7	2,13 ± 0,09	17,1	1,92 ± 0,17	4,1
	10	1,76 ± 0,06	-3,30	1,80 ± 0,05	-0,9	1,79 ± 0,13	-1,3	1,78 ± 0,08	-3,4
	Ort.	1,79		2,05	14,8	1,71	-4,5	1,85	
Şehirali 90	0	1,44 ± 0,06		1,69 ± 0,04	17,1	1,11 ± 0,06	-23,3	1,41 ± 0,26	
	5	1,59 ± 0,04	10,19	1,89 ± 0,07	30,8	1,80 ± 0,13	24,5	1,76 ± 0,15	24,4
	10	1,55 ± 0,05	7,21	1,80 ± 0,09	24,9	1,88 ± 0,11	30,3	1,74 ± 0,16	23,4
	Ort.	1,53		1,79	17,4	1,59	4,4	1,64	
Yunus 90	0	1,81 ± 0,04		1,91 ± 0,02	5,7	1,69 ± 0,03	-6,6	1,80 ± 0,10	
	5	1,89 ± 0,06	4,42	1,84 ± 0,05	1,8	1,93 ± 0,04	6,6	1,89 ± 0,06	4,7
	10	1,56 ± 0,04	-13,81	1,79 ± 0,02	-1,1	1,76 ± 0,05	-2,8	1,70 ± 0,12	-5,6
	Ort.	1,75		1,85	5,5	1,79	2,3	1,80	
Akman 98	0	1,77 ± 0,08		1,53 ± 0,03	-13,4	1,55 ± 0,09	-12,3	1,62 ± 0,13	
	5	1,85 ± 0,12	4,87	1,60 ± 0,05	-9,6	1,29 ± 0,01	-26,8	1,58 ± 0,25	-2,2
	10	0,85 ± 0,13	-51,90	1,61 ± 0,04	-8,9	1,48 ± 0,08	-16,1	1,31 ± 0,36	-18,7
	Ort.	1,49		1,58	6,0	1,44	-3,2	1,50	
Önceler 98	0	0,87 ± 0,07		1,12 ± 0,12	28,7	0,87 ± 0,11	0,3	0,95 ± 0,15	
	5	1,48 ± 0,10	70,11	1,43 ± 0,09	64,7	1,30 ± 0,03	49,8	1,41 ± 0,10	47,4
	10	1,42 ± 0,05	63,22	1,62 ± 0,04	86,6	1,12 ± 0,07	29,1	1,39 ± 0,22	45,6
	Ort.	1,26		1,39	10,7	1,10	-12,5	1,25	
Göynük 98	0	1,53 ± 0,15		1,55 ± 0,02	1,5	1,49 ± 0,05	-2,4	1,52 ± 0,09	
	5	1,94 ± 0,07	27,24	1,76 ± 0,07	15,5	2,54 ± 0,09	66,1	2,08 ± 0,36	36,7
	10	1,60 ± 0,02	4,58	1,85 ± 0,10	21,3	1,21 ± 0,15	-20,6	1,55 ± 0,29	2,1
	Ort.	1,69		1,72	2,0	1,75	3,4	1,72	
Karacaşehir 90	0	1,87 ± 0,07		1,46 ± 0,01	-21,9	1,41 ± 0,07	-24,6	1,58 ± 0,22	
	5	1,37 ± 0,03	-27,02	1,57 ± 0,07	-16,2	1,54 ± 0,05	-17,9	1,49 ± 0,10	-5,8
	10	1,09 ± 0,07	-41,80	1,55 ± 0,08	-17,2	1,67 ± 0,01	-10,8	1,44 ± 0,27	-9,2
	Ort.	1,44		1,53	5,9	1,54	6,7	1,50	
Zülbiye	0	1,43 ± 0,08		1,49 ± 0,03	4,6	1,48 ± 0,13	3,7	1,47 ± 0,09	
	5	1,51 ± 0,09	5,82	1,70 ± 0,02	18,9	1,39 ± 0,02	-2,6	1,53 ± 0,14	4,4
	10	1,29 ± 0,03	-9,39	1,16 ± 0,10	-18,5	1,05 ± 0,03	-26,2	1,17 ± 0,12	-20,2
	Ort.	1,41		1,45	2,9	1,31	-7,2	1,39	
Akdağ	0	0,83 ± 0,07		1,13 ± 0,09	36,5	1,58 ± 0,09	90,4	1,18 ± 0,33	
	5	1,62 ± 0,02	95,54	1,44 ± 0,16	73,1	1,29 ± 0,06	55,4	1,45 ± 0,17	22,8
	10	1,23 ± 0,09	47,83	1,44 ± 0,08	73,1	1,51 ± 0,09	81,9	1,39 ± 0,15	17,8
	Ort.	1,23		1,34	8,9	1,46	19,0	1,34	
Noyanbey	0	2,23 ± 0,07		1,56 ± 0,15	-30,0	1,28 ± 0,03	-42,4	1,69 ± 0,43	
	5	1,19 ± 0,12	-46,70	1,74 ± 0,07	-22,0	0,91 ± 0,04	-59,3	1,28 ± 0,37	-24,4
	10	1,12 ± 0,13	-49,71	0,96 ± 0,01	-56,9	1,56 ± 0,13	-29,8	1,21 ± 0,29	-28,2
	Ort.	1,51		1,42	-6,1	1,25	-17,2	1,39	
Aras 98	0	1,57 ± 0,13		1,58 ± 0,09	0,4	1,10 ± 0,08	-29,9	1,42 ± 0,25	
	5	1,64 ± 0,01	4,46	1,76 ± 0,03	12,3	1,82 ± 0,09	15,7	1,74 ± 0,09	22,9
	10	1,71 ± 0,03	8,92	1,86 ± 0,09	18,5	1,40 ± 0,04	-10,8	1,66 ± 0,20	17,0
	Ort.	1,64		1,73	5,7	1,44	-12,3	1,60	
Terzibaba	0	1,80 ± 0,11		1,47 ± 0,06	-18,2	1,69 ± 0,03	-6,1	1,65 ± 0,16	
	5	1,11 ± 0,02	-38,33	1,43 ± 0,03	-20,4	1,17 ± 0,07	-35,0	1,24 ± 0,15	-25,2
	10	1,35 ± 0,03	-24,83	1,15 ± 0,12	-36,3	1,15 ± 0,06	-36,3	1,22 ± 0,12	-26,5
	Ort.	1,42		1,35	-4,9	1,34	-6,0	1,37	
Yakutiye	0	1,25 ± 0,06		1,38 ± 0,08	10,7	1,03 ± 0,03	-17,2	1,22 ± 0,16	
	5	1,25 ± 0,07	0,00	1,82 ± 0,07	45,7	1,84 ± 0,13	47,3	1,63 ± 0,30	33,9
	10	1,16 ± 0,11	-6,98	1,35 ± 0,02	8,3	0,98 ± 0,02	-21,4	1,16 ± 0,17	-4,7
	Ort.	1,22		1,52	24,5	1,28	5,3	1,34	

Çizelge 4.6. (Devam)

Genotipler	Bor mg kg^{-1}	Uygulamalar: Zn mg kg^{-1} 0		5		10		Ortalama	
		g bitki^{-1}	%	g bitki^{-1}	%	g bitki^{-1}	%	g bitki^{-1}	%
Şahin 90	0	0,97 ± 0,01		0,85 ± *0,12*	*-12,3*	1,09 ± *0,05*	*12,0*	0,97 ± *0,12*	
	5	1,27 ± *0,03*	*30,52*	1,82 ± *0,13*	*87,1*	1,22 ± *0,09*	*25,1*	1,44 ± *0,29*	*47,7*
	10	0,87 ± *0,17*	*-10,28*	1,49 ± *0,03*	*53,4*	1,42 ± *0,07*	*46,2*	1,26 ± *0,31*	*29,9*
	Ort.	1,04		1,39	*33,7*	1,24	*19,6*	1,22	
Fasulye Sıra	0	1,56 ± 0,13		1,58 ± *0,05*	*1,5*	1,52 ± *0,13*	*-2,6*	1,55 ± *0,09*	
	5	1,47 ± *0,10*	*-5,58*	1,87 ± *0,04*	*19,9*	2,02 ± *0,01*	*29,7*	1,79 ± *0,25*	*15,1*
	10	1,35 ± *0,01*	*-13,46*	1,63 ± *0,01*	*4,3*	1,27 ± *0,05*	*-18,4*	1,42 ± *0,16*	*-8,8*
	Ort.	1,46		1,69	*15,9*	1,61	*9,9*	1,59	
Horoz Fasulye	0	0,94 ± 0,05		0,83 ± *0,08*	*-11,4*	0,73 ± *0,04*	*-22,3*	0,83 ± *0,10*	
	5	0,89 ± *0,09*	*-5,32*	1,10 ± *0,04*	*17,0*	1,11 ± *0,14*	*18,1*	1,03 ± *0,14*	*23,9*
	10	0,92 ± *0,08*	*-2,45*	1,17 ± *0,05*	*24,1*	0,95 ± *0,01*	*1,4*	1,01 ± *0,12*	*21,3*
	Ort.	0,92		1,03	*12,8*	0,93	*1,6*	0,96	
Yalova 17	0	1,14 ± 0,11		0,84 ± *0,14*	*-26,5*	1,24 ± *0,07*	*8,7*	1,08 ± *0,21*	
	5	0,91 ± *0,11*	*-20,38*	1,12 ± *0,08*	*-2,0*	1,18 ± *0,04*	*3,0*	1,07 ± *0,14*	*-0,7*
	10	1,15 ± *0,24*	*0,87*	1,46 ± *0,02*	*27,7*	1,61 ± *0,03*	*40,6*	1,41 ± *0,23*	*30,8*
	Ort.	1,07		1,14	*6,6*	1,34	*25,5*	1,18	
Nazende	0	1,90 ± 0,07		1,51 ± *0,07*	*-20,4*	1,51 ± *0,15*	*-20,4*	1,64 ± *0,21*	
	5	1,45 ± *0,15*	*-23,56*	1,77 ± *0,09*	*-6,5*	1,49 ± *0,11*	*-21,6*	1,57 ± *0,18*	*-4,2*
	10	1,97 ± *0,02*	*3,85*	1,86 ± *0,17*	*-2,1*	1,92 ± *0,07*	*1,2*	1,92 ± *0,10*	*16,9*
	Ort.	1,77		1,71	*-3,3*	1,64	*-7,5*	1,71	
Romano	0	2,16 ± 0,15		2,58 ± *0,01*	*19,4*	1,70 ± *0,03*	*-21,3*	2,15 ± *0,39*	
	5	1,72 ± *0,05*	*-20,23*	1,75 ± *0,04*	*-19,1*	1,75 ± *0,05*	*-18,8*	1,74 ± *0,04*	*-18,9*
	10	1,40 ± *0,05*	*-35,19*	1,38 ± *0,04*	*-36,3*	1,52 ± *0,04*	*-29,8*	1,43 ± *0,08*	*-33,3*
	Ort.	1,76		1,90	*8,0*	1,66	*-5,9*	1,77	
Sarıkız	0	1,49 ± 0,11		1,50 ± *0,05*	*0,5*	1,57 ± *0,01*	*5,2*	1,52 ± *0,07*	
	5	1,82 ± *0,08*	*22,10*	2,07 ± *0,08*	*38,6*	0,90 ± *0,03*	*-39,7*	1,63 ± *0,49*	*7,0*
	10	1,07 ± *0,06*	*-28,13*	1,29 ± *0,03*	*-13,6*	1,38 ± *0,04*	*-7,8*	1,25 ± *0,14*	*-18,0*
	Ort.	1,46		1,62	*10,7*	1,31	*-10,3*	1,47	
Magnum	0	1,06 ± 0,01		1,64 ± *0,03*	*54,0*	1,78 ± *0,08*	*67,5*	1,49 ± *0,33*	
	5	1,77 ± *0,06*	*66,23*	2,24 ± *0,09*	*110,4*	2,10 ± *0,02*	*97,3*	2,03 ± *0,21*	*36,2*
	10	1,47 ± *0,10*	*38,29*	2,15 ± *0,05*	*102,0*	1,76 ± *0,04*	*65,6*	1,79 ± *0,29*	*20,0*
	Ort.	1,43		2,01	*40,1*	1,88	*31,1*	1,77	
Seminis Gina	0	1,19 ± 0,10		1,29 ± *0,02*	*8,9*	1,52 ± *0,15*	*28,1*	1,33 ± *0,17*	
	5	0,91 ± *0,08*	*-23,59*	1,17 ± *0,10*	*-1,7*	0,95 ± *0,02*	*-19,7*	1,01 ± *0,13*	*-24,3*
	10	1,19 ± *0,09*	*0,51*	1,23 ± *0,01*	*3,9*	1,35 ± *0,01*	*13,5*	1,26 ± *0,09*	*-5,6*
	Ort.	1,10		1,23	*12,3*	1,27	*16,1*	1,20	
May Gina	0	0,79 ± 0,08		1,09 ± *0,03*	*38,0*	1,68 ± *0,01*	*112,7*	1,19 ± *0,39*	
	5	1,80 ± *0,07*	*127,47*	1,27 ± *0,05*	*60,8*	1,41 ± *0,49*	*78,9*	1,49 ± *0,24*	*25,8*
	10	1,73 ± *0,05*	*118,99*	1,60 ± *0,02*	*102,5*	1,28 ± *0,02*	*61,6*	1,54 ± *0,20*	*29,4*
	Ort.	1,44		1,32	*-8,3*	1,46	*1,3*	1,41	
Efsane	0	1,26 ± 0,04		1,07 ± *0,04*	*-15,0*	1,02 ± *0,02*	*-19,2*	1,12 ± *0,11*	
	5	1,38 ± *0,02*	*9,26*	1,45 ± *0,07*	*15,0*	1,48 ± *0,09*	*17,2*	1,44 ± *0,08*	*28,5*
	10	1,29 ± *0,02*	*1,90*	1,89 ± *0,05*	*49,9*	1,81 ± *0,05*	*43,3*	1,66 ± *0,28*	*48,6*
	Ort.	1,31		1,47	*12,4*	1,44	*9,7*	1,41	
Kanada	0	2,13 ± 0,08		2,28 ± *0,02*	*7,0*	1,78 ± *0,07*	*-16,6*	2,06 ± *0,23*	
	5	1,75 ± *0,08*	*-17,70*	1,44 ± *0,50*	*-32,3*	1,43 ± *0,09*	*-32,7*	1,54 ± *0,17*	*-25,2*
	10	2,21 ± *0,07*	*3,90*	1,81 ± *0,05*	*-15,2*	1,54 ± *0,08*	*-27,6*	1,85 ± *0,29*	*-10,1*
	Ort.	2,03		1,84	*-9,3*	1,58	*-22,0*	1,82	
Genel Ort.	0	1,47		1,50	*1,8*	1,39	*-5,9*	1,45	
	5	1,50	*1,56*	1,64	*11,1*	1,52	*3,5*	1,55	*6,8*
	10	1,37	*-6,73*	1,56	*5,7*	1,46	*-1,2*	1,46	*0,6*
	Ort.	1,45		1,56	*8,0*	1,45	*0,5*	1,49	

LSD (%1) değerleri; G: 0.05453; B: 0.01889; G x B: 0.09446; Zn: 0.01889; G x Zn: 0.09446; B x Zn: 0.03272; B x Zn x G: 0.1636

Bor x genotip interaksiyonu istatistiki bakımdan %1 ihtimal sınırında önemli olup, bu amaçla hesaplanan F değeri 63.27'dir (Çizelge 4.5). B x genotip interaksiyonunda en yüksek bitki tane verimi 2.15 g ile B_0 (kontrol) dozu uygulamasındaki Romano genotipinden elde edilirken en düşük bitki tane verim değeri 0.83 g ile yine B_0 (kontrol) uygulamasındaki Horoz Fasulye genotipinden elde edilmiştir (Çizelge 4.6). B x genotip interaksiyonunun önemli çıkması, bor uygulamasının tane verimi üzerine etkisinin bodur fasulye genotiplerine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Nitekim çinko uygulanmayan (Zn_0) muameleler incelendiğinde Şehirali – 90, Yunus – 90, Akman – 98, Önceler – 98, Göynük – 98, Zülbiye, Akdağ, Şahin – 90, Sarıkız, Magnum, May Gina, Efsane genotipleri en yüksek tane verimlerini B_1 dozu uygulamasında verirken, Eskişehir – 855, Yakutiye, Fasulye Sıra, Horoz fasulye, Karacaşehir – 90, Noyanbey – 98, Terzibaba, Romano, Seminis Gina, Yalova – 17, Nazende ve Kanada genotipleri B_0 (kontrol) uygulamasında ve sadece Aras – 98 genotipi en yüksek tane verimini B_2 uygulamasında vermiştir (Çizelge 4.6, Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Çinko uygulanmayan muamelelerde bor dozlarının bodur fasulye genotiplerinin tane verimine (g bitki^{-1}) etkisi

Elde edilen bu veriler bodur fasulye genotiplerinin tane verimi bakımından da B uygulamasına tepkilerinin birbirinden çok farklı olduğunu göstermekte olup bu nedenle toprağın elverişli bor miktarına göre yetiştirilecek bodur fasulye genotipinin seçimi çok önemlidir. Daha önceki yapılan çalışmalarda B eksikliğine veya B uygulamasına fasulye genotiplerinin farklı tepkiler gösterdiği Sing ve Sing (1990), Duczmal, (1994), Li ve ark (1996), Kotur (1998), Coetzer ve ark.,(2000) tarafından belirtilmektedir. Fasulyenin yanı sıra buğday, arpa, bezelye ve mısır gibi farklı bitki türlerinin B uygulamasına tepkisi açısından önemli genetik varyasyonların bulunduğu çok sayıda araştırıcı tarafından tespit edilmiştir (Paul ve ark., 1988; Huang ve Graham, 1990; Nable, 1991, Soylu ve ark., 2004). Çünkü bitkiler B uygulamasından aynı derecede fizyolojik veya morfolojik olarak etkilenme göstermemektedirler. Örneğin Paull ve ark. (1988) tarafından yapılan bir çalışmada, B toksisitesine direnç gösteren buğday çeşitlerinin, 15 mg B kg^{-1} uygulanan bir toprakta yetiştirildiklerinde üründe önemli bir azalma göstermeksizin gelişebilirken, duyarlı çeşitlerin 2.5 mg B kg^{-1} uygulamasında dahi tane veriminde önemli oranda bir azalma gösterdiğini saptamışlardır. Güneş ve ark. (2003) B noksanlığı olan bir toprakta yetiştirilen ekmeklik *(Triticum aestivum* L, cv. Bezostaja) ve makarnalık *(Triticum durum* L. cv. Kızıltan) buğdayın verim ve bazı verim komponentlerine borlu gübrelemenin etkisini belirlemek için bir sera ve bir yıllık tarla denemelerinde, B sera denemesinde 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 ve 2.5 mg B $kg\cdot^{-1}$ dozlarında, tarla denemesinde ise 0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 ve 5.0 kg B ha^{-1} dozlarında uygulamışlardır. Tarla denemesinde, 4.0 kg ha^{-1} B uygulamasıyla tane verimi Bezostaja da 3668 den 5475 kg ha^{-1}' a, Kızıltan da ise 4668 den 5360 kg $ha^{-1'}$ a yükseldiğini, B'un bu düzeyinden sonra buğday çeşitlerinin tane veriminin azaldığını belirlemişlerdir. Fasulye üzerinde mikro element etkisini araştıran Ceyhan ve ark. (2006) fasulye çeşitlerinin bora tepkileri yönünden geniş bir genetik varyasyon gösterdiklerini bildirmişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre 3 kg ha^{-1} B uygulamasıyla kontrole göre bitkide daha yüksek tane verimi almışlardır. Bu araştırma sonuçları bize bitkiler için yeterli düzeyde B içermeyen topraklarda B uygulamasıyla bitki tane veriminin artabileceğini göstermiştir (Schon ve Blevins 1987; Reinbott ve Blevins 1995; Sing ve Sing 1990; Coetzer ve ark., 2000,). Kotur (1998) B eksikliği bulunan topraklarda yüksek tane verimi için optimum dozun 0.1 kg da^{-1} olduğunu belirtmiştir. Takar ve

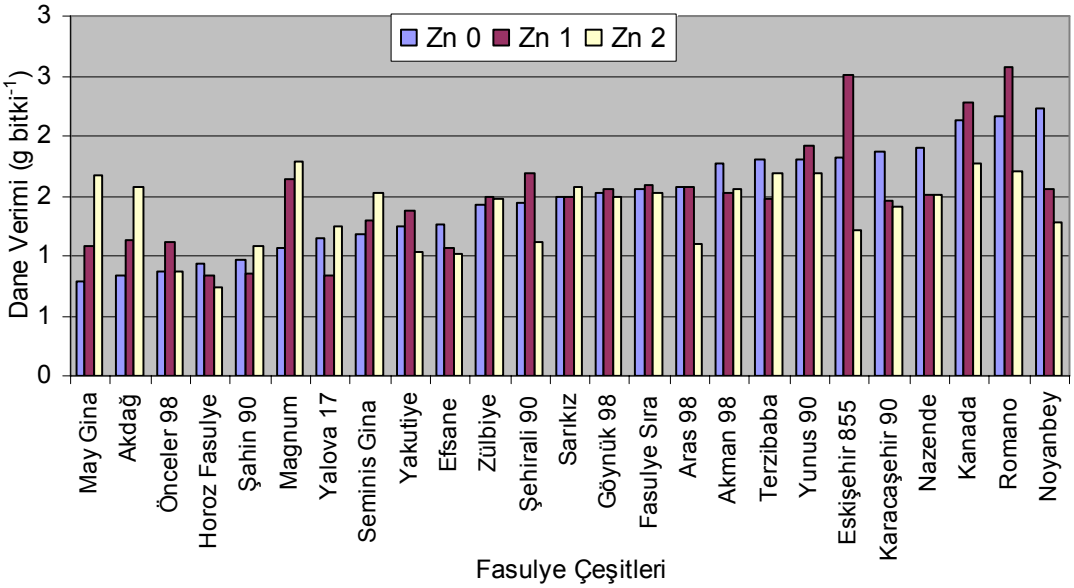
ark. (1997), yine B uygulamasının bitkilerin tane verimini olumlu yönde etkilediğini belirtmişlerdir. Gerek bizim araştırmamızda, gerekse daha önce yapılmış araştırmalar (Litnsyki ve Kaczkowska, 1960; France ve Tay, 1986; Francois, 1989; Kotur, 1998; Ceyhan ve ark., 2006, Ross ve ark., 2006)'da bor yönünden yetersiz topraklarda bitkilere belirli seviyede bor uygulamasının bitki tane verimini artıracağı fakat bor dozunun aşırı yükseltilmesinin ise olumsuz sonuçlar doğurabileceğini göstermektedir. Bu sonuçlarda bizim araştırma sonuçlarımızı desteklemektedir.

Çinko dozlarının bitki tane verimi üzerine etkisi istatistiki olarak ($p<0.01$) önemli bulunmuştur (Çizelge 4.5). Genotiplerin ve B dozlarının ortalaması olarak en yüksek bitki tane verimi 1.56 g ile Zn_1 dozu uygulanan bitkilerden elde edilirken, bunu Zn_0 ve Zn_2 dozları (1.45 g) takip etmiştir. Yapılan LSD testine göre, Zn_1 dozu birinci grupta, Zn_0 ve Zn_2 dozları diğer grupta yer almıştır (Çizelge 4.6).

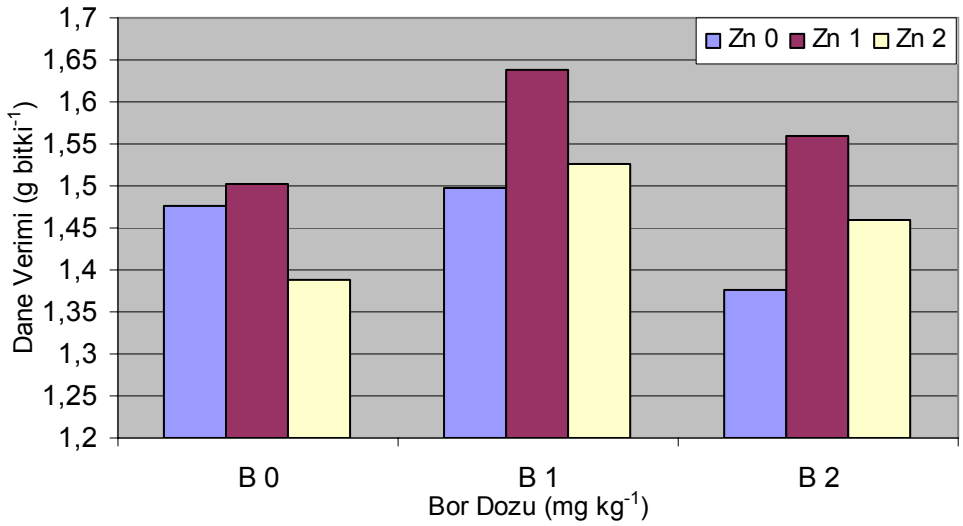
Bu konu ile ilgili olarak Deka ve Shadeque (1991) yaptıkları denemede taze fasulyelere Zn'nin %0.05 ve %0.1'lik kombinasyonlarının etkisini inceledikleri çalışmada kontrol parsellerinde 3.95 t ha^{-1} olan taze bakla verimi %0.1 ve %0.2'lik çinko uygulamalarında sırasıyla 6.05 t ha^{-1} ve 6.10 t ha^{-1} olarak tespit etmişlerdir. Ersoy (1997) ve Toğay ve ark. (2004) çinko uygulamasıyla fasulyede tane veriminin arttığını belirtmişlerdir. Singh ve ark. (1990) ise çinko uygulamasının fasulyede tane verimini arttırmadığını belirtmişlerdir. Mckenzie ve ark. (2001) eğer toprakta yeterli seviyede çinko var ise çinko gübrelemesinin fasulyede tane verimi üzerine her hangi bir etkisinin olmadığını belirlemişlerdir. Fasulye dışında diğer bitki türleri ile yapılan çinko çalışmalarında ise, Aydın (2005), 20 mısır çeşidi üzerine yapmış oldukları tarla denemesinde 0 ve 10 kg $ZnSO_4$ 7 H_2O da^{-1} uygulamışlar ve uygulama sonucunda tüm çeşitlerin ortalaması olarak verim değerlerinin %10.8 oranında arttığını bulmuşlardır. Farklı toprak ve iklim şartlarında yapılan benzer çalışmalarda çinko uygulamasıyla elde ettiğimiz sonuçlara benzer bir şekilde Lachoswki (1960), podzol topraklarda 0.5 kg da^{-1}, siyah organik topraklarda 1 kg da^{-1} $ZnSO_4$, Zarvel (1978 ve 1979) 1 kg da^{-1} Turhan (1991) 1.5 kg da^{-1}, Bayraklı ve ark. (1995) 3.3 kg da^{-1} çinko uygulamasıyla en yüksek düzeyde verim elde etmelerine rağmen uygulanan çinko miktarının artmasıyla verimde önemli düzeylerde azalmalar olduğunu belirlemişlerdir. Gerek fasulye gerekse diğer bitki türlerinde yapılan çalışma sonuçlarında tespit edilen sonuçlar bizim araştırma sonuçlarımızı teyit etmektedir.

Araştırmamızda tane verimi bakımından, Zn x genotip interaksiyonu istatistiki olarak %1 ihtimal sınırında önemli olup, bu amaçla hesaplanan F değeri 19.88' dir (Çizelge 4.5). Zn x genotip interaksiyonunda en yüksek bitki tane verimi 2.15 g ile B_0 (kontrol) dozu uygulamasındaki Romano genotipinden elde edilirken en düşük bitki tane verimi değeri 0.83 g ile yine B_0 (kontrol) uygulamasındaki Horoz Fasulye genotipinden elde edilmiştir (Çizelge 4.6). Bor uygulanmayan (B_0) muameleler incelendiğinde çinko uygulamasına tane verimi bakımında da genotiplerin tepkileri arasında çok büyük farklılıklar olup en yüksek tane verimi Akman – 98, Karacaşehir – 90, Noyanbey, Terzibaba, Horoz fasulye, Nazende ve Efsane genotiplerinde Zn_0 (kontrol) uygulamasıyla, Eskişehir – 855, Şehirali – 90, Yunus – 90, Önceler–98, Göynük–98, Zülbiye, Aras – 98, Yakutiye, Fasulye Sıra, Romano ve Kanada genotiplerinde Zn_1 dozu (5 mg Zn kg^{-1}) uygulamasıyla, Akdağ, Şahin–90, Yalova – 17, Sarıkız, Magnum, Seminis Gina ve May Gina genotiplerinde Zn_2 dozu (10 mg Zn kg^{-1}) uygulamasıyla elde edilmiştir. Ayrıca Zn_2 dozu (10 mg Zn kg^{-1}) uygulamasıyla Eskişehir – 855, Şehirali – 90, Yunus – 90, Göynük–98, Aras–98, Yakutiye, Fasulye Sıra, Romano ve Kanada genotiplerinde tane verimi kontrol (Zn_0, 0 mg Zn kg^{-1}) uygulamasına göre belli oranlarda azalmıştır (Çizelge 4.6, Şekil 4.11). Elde edilen bu sonuçlara göre de yetiştirilecek bodur fasulye genotipinin seçiminde toprağın bitkiye elverişli çinko miktarı da önemlidir. Zn_0 (kontrol) uygulamasıyla en yüksek verimi veren genotiplerin çinko noksanlığına dayanıklı ve çinko noksan topraklarda çinko uygulaması yapılmadan yetiştirilebilecek genotipler olarak ifade edebiliriz.

Bor x çinko interaksiyonunun etkisi tane verimi üzerine istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur (Çizelge 4.5). B x Zn interaksiyonunda en yüksek bitki tane verimi 1.64 g ile B_1 x Zn_1 uygulamasından elde edilirken en düşük tane verimi ise 1.37 g ile B_2 x Zn_0 uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.6, Şekil 4.12). Yapılan LSD testine göre B_0 x Zn_1 uygulaması birinci grupta, B_0 x Zn_2 uygulaması ikinci grupta yer alırken, B_2 x Zn_2 uygulaması son grupta yer almıştır (Çizelge 4.6).



Şekil 4.11. Bor uygulanmayan muamelelerde çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin tane verimine (g bitki^{-1}) etkisi



Şekil 4.12. Bor ve çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin tane verimine (g bitki^{-1}) etkisi

Bor x çinko x genotip interaksiyonunun etkisi de tane verimi üzerine istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur (Çizelge 4.5). Nitekim aralarındaki farkların istatistiki bakımdan önemli olması koşuluyla en yüksek tane verimleri Karacaşehir-

90, Noyanbey, Terzibaba, Nazende genotiplerinde B_0 x Zn_0 (0 mg kg^{-1} B ve Zn) uygulamasıyla, Eskişehir-855, Yunus-90, Romano, Kanada genotiplerinde B_0 x Zn_1 (0 mg kg^{-1} B ve 5 mg kg^{-1} Zn) uygulamasıyla, Seminis Gina genotipinde B_0 x Zn_2 (0 mg kg^{-1} B ve 10 mg kg^{-1} Zn) uygulamasıyla, Akman-98, Akdağ, May Gina genotiplerinde B_1 x Zn_0 (5 mg kg^{-1} B ve 0 mg kg^{-1} Zn) uygulamasıyla, Şehirali-90, Zülbiye, Yakutiye, Şahin-90, Sarıkız, Magnum genotiplerinde B_1 x Zn_1 (5 mg kg^{-1} B ve 5 mg kg^{-1} Zn) uygulamasıyla, Göynük-98, Fasulye sıra genotiplerinde B_1 x Zn_2 (5 mg kg^{-1} B ve 10 mg kg^{-1} Zn) uygulamasıyla, Önceler-98, Aras-98, Horoz fasulye, Efsane genotiplerinde B_2xZn_1 (10 mg kg^{-1} bor ve 5 mg kg^{-1} çinko) uygulamasıyla ve Yalova-17 genotipinde B_2 x Zn_2 (10 mg kg^{-1} B ve 10 mg kg^{-1} Zn) uygulamasıyla elde edilmiştir (Çizelge 4.6). Daha öncede belirtildiği üzere, bitkiler bor dozlarından ve çinko dozlarından aynı derecede fizyolojik ve morfolojik olarak etkilenme göstermedikleri için bitki türleri arasında olduğu gibi aynı türün çeşitleri arasında da bor ve çinko uygulamalarına duyarlılıkta büyük farklılıkların olduğu bulunmuştur (Paull ve ark.,1988; Huang ve Graham 1990; Nable, 1991; Çakmak ve ark., 1996; İşler, 1997; Moraghan ve Grafton, 1999; Torun ve ark., 2000; Kınacı, 2000; Işık ve ark. 2000; Welch, 2002; Singh ve Westermann, 2002; Welch ve Graham, 2002; Hacısalihoğlu ve ark., 2004). B ve Zn'nin birlikte uygulandığı muamelelerde artan B dozlarının bitki tane veriminde azalmalara yol açmasına karşılık bitkilere artan seviyelerde çinko uygulanmasıyla tane veriminde yine azalmalar olduğu ancak bu azalmaların borun tek başına ve çinko uygulanmayan muamelelere göre daha az olduğu belirlenmiştir. Fasulye bitkisi ile ilgili gerek bor x çinko gerekse bor x çinko x genotip interaksiyonuyla ilgili çalışmalara pek rastlanılmazken, diğer tarla bitkilerinde çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Buğdayda yapılan çalışmada, bitkinin kuru madde miktarını ve verim değerlerini azaltacak kadar yüksek B uygulamaları altında ortama çinko ilavesi buğdayın verimini önemli ölçüde arttırdığı, ayrıca çinkolu koşullara göre çinkosuz koşullarda yapılan B uygulaması, bitkilerin daha fazla B alımına dolayısıyla B konsantrasyonlarının artmasına neden olduğunu belirlemişlerdir (Singh ve ark., 1990). Hamurcu ve ark. (2000), şeker pancarında B ve Zn uygulamalarının etkisini araştırdıkları tarla denemsinde uygulanan B dozlarına bağlı olmakla birlikte kök veriminde dekara 1 ve 2 kg Zn uygulamasıyla önemli düzeylerde artışlar elde ederken, dekara uygulanan Zn'nin 4 kg'a çıkarılmasıyla

önemli düzeyde azalma olduğunu belirlemişlerdir. Benzer çalışmalarda (Mursanow 1975; Shukla 1983; Stratieva ve ark. 1990; Sakal ve Singh 1995, Gezgin ve ark., 2006) farklı bitkilere B ve Zn uygulamasıyla verim değerlerinde olumlu yönde önemli artışlar ifade ederek bulgularımızla uyum sağlamakla birlikte diğer bazı araştırıcılar (Graham ve ark., 1987; Sing ve ark., 1990; Yılmaz ve ark., 1998) Zn noksanlığı olan topraklara artan seviyelerde B uygulamasıyla tahılların verimlerinde önemli düzeylerde azalma olduğunu belirlemişlerdir.

4.4. Bitki Bor Konsantrasyonu

4.4.1. Çiçeklenme dönemi bitki bor konsantrasyonu

Farklı bor ve çinko dozlarının fasulye genotiplerinin çiçeklenme dönemi B konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.7'de elde edilen ortalama bor konsantrasyonu değerleri Çizelge 4.8'de, bu değerlere ait grafikler Şekil 4.13, Şekil 4.14, Şekil 4.15'te verilmiştir.

Çizelge 4.7. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Çiçeklenme Dönemi Bor Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Sonuçları

Uygulamalar	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genotip (A)	24	90473.00	3769.71	2081.73**
Bor (B)	2	4011893.00	2005946.50	1107736.31**
A x B İnt.	48	247405.32	5154.28	2846.33**
Çinko (C)	2	12952.44	6476.22	3576.34**
A x C İnt.	48	34255.32	713.65	394.10**
B x C İnt.	4	15708.69	3927.17	2168.69**
A x B x C İnt.	96	57971.08	603.87	333.47**
Hata	450	814.88	1.81	
Toplam	674	4471473.73		
C.V. (%)	**1.27**			

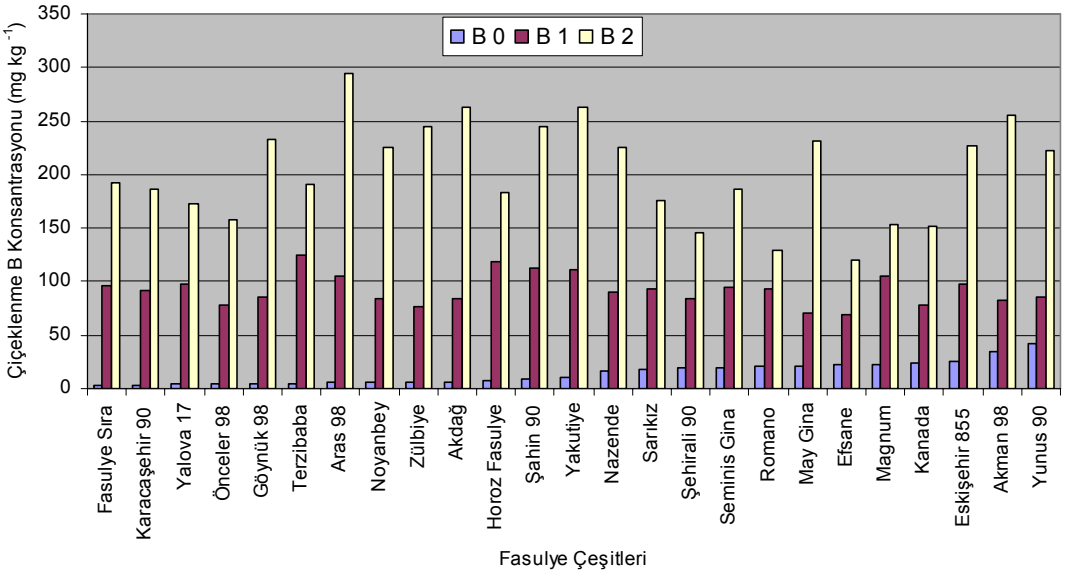
**İşareti, işlemler arasındaki farkın %1, * işareti ise işlemler arasındaki farkın %5 seviyesinde önemli olduğunu göstermektedir.

Bor konsantrasyonu bakımından genotipler arasındaki fark %1 seviyesinde istatistiki olarak önemli olup, bu amaçla hesaplanan F değeri ise 2081.73'dır (Çizelge 4.7). Bor ve çinko dozlarının ortalaması olarak en yüksek B konsantrasyonu 124.6 mg kg^{-1} ile Akman - 98 genotipinden elde edilmiştir. Bunu azalan sıra ile Aras – 98 (122.3 mg kg^{-1}), Göynük - 98 (120.5 mg kg^{-1}), Şahin - 90 (120.0 mg kg^{-1}), Yakutiye (119.4 mg kg^{-1}), genotipleri takip ederken, genotipler içerisinde en düşük B konsantrasyonu Kanada (91.1 mg kg^{-1}), Romano (90.8 mg kg^{-1}), Önceler - 98 (89.4

mg kg^{-1}), Şehirali - 90 (88.2 mg kg^{-1}) ve Efsane (84.3 mg kg^{-1}) genotiplerinde belirlenmiştir (Çizelge 4.8). Diğer genotipler ise bu değerler arasında değişen B konsantrasyonlarına sahip olmuşlardır. Bor ve çinko dozlarının ortalaması olarak en yüksek B konsantrasyonunun alındığı Akman – 98 genotipi (124.6 mg kg^{-1}) ile en düşük B konsantrasyonunun alındığı Efsane genotipi (84.3 mg kg^{-1}) arasında bünyelerindeki B konsantrasyonu bakımından %47.9 oranında bir fark (40.4 mg kg^{-1}) olduğu belirlenmiştir. Yapılan LSD testine göre Akman - 98 genotipi birinci grupta, Aras - 98 genotipi ikinci grupta, Göynük – 98 ve Şahin - 90 genotipleri üçüncü grupta, Yakutiye genotipi dördüncü grupta yer alırken, Efsane genotipi son grupta yer almıştır (Çizelge 4.8). Bu durumda kullanılan fasulye genotipleri arasında bünyelerine aldıkları B miktarı bakımından da büyük farklılıklar olduğunu göstermektedir. Bu durum genotipler arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Nitekim Ceyhan ve ark., 2006 altı kuru fasulye çeşidi kullanarak yaptıkları tarla denemesinde kullanılan çeşitlerin B konsantrasyonu değerlerinin birbirlerinden farklı olduğunu ve bu farklılığın genotipler arasındaki farklılıktan kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Benzer sonuçlar France ve Tay (1986) ve Thung (1993) tarafından da bildirilmiştir. Fasulye bitkisinin yanı sıra diğer tarla bitkileri üzerinde yapılan çalışmalarda da , Alkan (1998) ve Soylu ve ark., (2004) benzer toprak şartlarında tahıllar üzerine yaptıkları tarla denemesinde bitkilerin bor konsantrasyonu değerlerine göre bitki türleri arasında olduğu gibi aynı türün çeşitleri arasında büyük farklılıklar olduğunu belirtmişlerdir. Benzer sonuçlar Paul ve ark., (1988); Huang ve Graham, (1990); Nable, (1991) tarafından da ifade edilmiştir. Alkan (1998), farklı B uygulamaları altında ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitleriyle yaptıkları sera çalışması sonucunda toksisite simptomlarının gelişiminin, konsantrasyonlarının ve B içeriklerinin çeşitten çeşide farklılık gösterdiğini belirlemişlerdir.

Uygulanan B dozlarının fasulye genotiplerinin B konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.7). Genotiplerin ve çinko dozlarının ortalaması olarak en yüksek B konsantrasyonu 203.8 mg kg^{-1} ile B_2 dozu uygulamasından elde edilmiş, bunu azalan sıra ile B_1 (99.4mg kg^{-1}) ve B_0 (15.4mg kg^{-1}) uygulamaları takip etmiştir (Çizelge 4.8). Yapılan LSD testine göre B_2 dozu birinci grupta, B_1 dozu ikinci grupta ve B_0 dozu son grupta yer almıştır (Çizelge 4.8).

Bor x genotip interaksiyonu istatistiki bakımdan %1 ihtimal sınırında önemlidir. Bu durum uygulanan B dozlarının B konsantrasyonu üzerine etkisinin bodur fasulye genotiplerine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Nitekim çinko uygulanmayan (Zn_0) muamelelerinin incelenmesiyle görülebileceği gibi bitkilerin B konsantrasyonlarının B_0 dozunda ortalama 14.5 mg kg^{-1} olup, 3.1 mg kg^{-1} (Fasulye Sıra) ile 41.8 mg kg^{-1} (Yunus-90), B_1 dozunda ortalama 92.4 mg kg^{-1} olup, 69.1 mg kg^{-1} (Efsane) ile 125.1 mg kg^{-1} (Terzibaba) ve B_2 dozunda ortalama 202.9 mg kg^{-1} olup, 120.6 mg kg^{-1} (Efsane) ile 293.9 mg kg^{-1} (Aras-98) arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu durum uygulanan B dozundaki artışa bağlı olarak bitkilerin bor konsantrasyonlarının da ritmik bir şekilde arttığını göstermektedir (Çizelge 4.8, Şekil 4.13). Çinko dozlarının ortalaması olarak verilen değerler dikkate alındığında kullanılan genotipler içerisinde B uygulaması sonucunda B dozundaki artışa bağlı olarak Yunus–90 genotipinde kontrolle (B_0) B_2 dozu arasında bitki B konsantrasyonunda %456.37 oranında bir artış (5.56 kat) oluşurken, Karacaşehir – 90 genotipinde %5792.02 oranında bir artış (58.89 kat) elde edilmiştir. En yüksek B konsantrasyonunun elde edildiği Göynük – 98 genotipinde kontrolle (B_0) B_2 dozu arasında %4771.11 oranında (48.68 kat), en düşük B konsantrasyonunun elde edildiği Fasulye sıra genotipinde %5203.60 oranında (53.09 kat) bir artış elde edilmiştir (Çizelge 4.8). Elde edilen bu sonuçlar fasulye genotiplerinin biyolojik verim değerlerinin, kuru madde miktarlarının ve tane verimlerinin birbirinden farklı olmasındaki en önemli sebeplerden biri olarak düşünülmektedir. Nitekim fasulye genotiplerinin çiçeklenme dönemi bor konsantrasyonu değerleri ile biyolojik verim (-0.512**), kuru ağırlık (-0.439**) ve tane verimi (-0.004) değerleri ile ilişkilendirilmeleri sonucunda negatif önemli ilişkiler bulunması elde ettiğimiz sonuçları desteklemektedir. Benzer çalışmalarda Ceyhan ve ark. (2006) fasulyede bor uygulamasının tane verimi ile yaprak B konsantrasyonları arasında negatif ilişkiler belirlemişlerdir. Farklı bitki türleri kullanılarak yapılan çalışmalarda da Torun ve ark. (2005) buğdayda biyoljik verim ve kuru madde miktarları ile B konsantrasyonları arasında negatif önemli ilişkilerin bulunduğunu ortaya koymuşlardır.



Şekil 4.13. Çinko uygulanmayan muamelelerde bor dozlarının bodur fasulye genotiplerinin çiçeklenme dönemi bor konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) etkisi

Genotiplerde bordan dolayı görülen ilk reaksiyon aralarındaki bor dağılımının farklılığıdır. Çiçeklenme döneminde fasulye yapraklarında bulunan 20-75 mg B kg^{-1} (Jones ve ark, 1991) ve 25-80 mg B kg^{-1} (Bergmann, 1992) borun bitkinin beslenmesi için yeterli olmakta ve 75 veya 80 mg B kg^{-1}'dan daha fazla bulunan borun bitki çeşidine bağlı olarak bitkide bor toksisitesi belirtilerine neden olabilmektedir. Literatürde fasulye için verilen bu sınır değerlerine göre çinko uygulanmayan (Zn_0) muamelelerinde B_0 dozunda B uygulamasıyla Önceler-98, Göynük-98, Karcaşehir-90, Zülbiye, Akdağ, Noyanbey, Aras-98, Terzibaba, Yakutiye, Şahin-90, Fasulye Sıra, Horoz Fasulye, Yalova 17, Nazende ve Sarıkız genotiplerinde B noksanlığı, B_1 dozunda Önceler-98, Zülbiye, May Gina, Efsane ve Kanada genotipleri hariç diğer bütün genotiplerde bor toksitesi ve B_2 dozunda ise bütün genotiplerde B toksitesine neden olabilecek düzeyde B bulunmuştur. Nitekim denemede analiz sonuçlarımızı teyit eder nitelikte toksite belirtileri görülmüştür (Şekil 4.2). Bitkide belirlenen toksik düzeydeki B konsantrasyonları tane veriminde de önemli düzeyde azalmalara neden olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.6). Ceyhan ve ark. (2006), benzer toprak şartları nda bodur kuru fasulyede yaptıkları tarla denemesinde bitkilere 0 ve 3 kg ha^{-1} B dozlarını topraktan, 0 ve 0.3 kg ha^{-1} dozlarını

yapraktan uygulamışlar, uygulama sonucunda bitkilerin bor konsantrasyonlarının her iki uygulama koşulunda da bor dozlarının artışına bağlı olarak arttığını ve bu artışın yapraktan uygulamada kontrole göre %37 oranında, topraktan uygulamada ise kontrole göre %12 oranında olduğunu belirlemişlerdir. Fasulye haricinde farklı bitki türleri kullanılarak yapılan benzer çalışmada, Soylu ve ark. (2004), 6 buğday çeşidine 4 B dozu (B_0 Kontrol; B_1, 1kg ha^{-1}; B_3, 3 kg ha^{-1}; B_9 9 kg ha^{-1}) uygulamışlar ve uygulama sonucunda bitkilerin bor konsantrasyonlarının uygulanan bor dozuna bağlı olarak arttığını, bu artışın Kızıltan – 91 çeşidinde kontrole göre %127.6 oranında olduğunu ifade etmişlerdir. Farklı B dozlarının bitki bünyesindeki B konsantrasyonu üzerine etkisi incelendiğinde artan B dozuna bağlı olarak bitki B konsantrasyonunun ritmik bir artış gösterdiği görülmektedir. Hamurcu ve ark. (2006a) benzer toprak özelliklerine sahip sera denemesinde buğday bitkisine 7 bor dozu uygulamışlar (Kontrol; 0.5; 1; 2; 4; 8 ve 16 mg kg^{-1}) ve en yüksek bor konsantrasyonunu en yüksek doz olan 16 mg kg^{-1}' lik B dozunda (1399.8 mg kg^{-1}) elde ederlerken, en düşük B konsantrasyonunu ise (27.6 mg kg^{-1}) B uygulanmayan muamelelerden elde etmişlerdir.

Çinko dozlarının B konsantrasyonu ve B içeriği üzerine etkisi istatistiki olarak ($p<0.01$) önemli olup, bu amaçla hesaplanan F değeri çizelge 4.7' de verilmiştir. Genotiplerin ve B dozlarının ortalaması olarak en yüksek B konsantrasyonu 112.4 mg kg^{-1} ile Zn_1 dozu uygulanan bitkilerden elde edilirken, bunu azalan sıra ile Zn_0 dozu (103.2 mg kg^{-1}) ve Zn_2 dozu (103.0 mg kg^{-1}) takip etmiştir. Kullanılan fasulye genotiplerinde çinko dozları ortalamaları dikkate alındığında kontrole göre Zn_1 dozu uygulamasıyla B konsantrasyonu değerinde %8.9 oranında bir artış elde edilirken, Zn_2 uygulamasında bitki B konsantrasyonu değerinde % 0.3 oranında bir azalış olmuştur. Yapılan LSD testine göre, Zn_1 uygulaması birinci grupta, Zn_0 (kontrol) ve Zn_2 uygulamaları ikinci grupta yer almıştır (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Çiçeklenme Dönemi Bor Konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) Etkileri

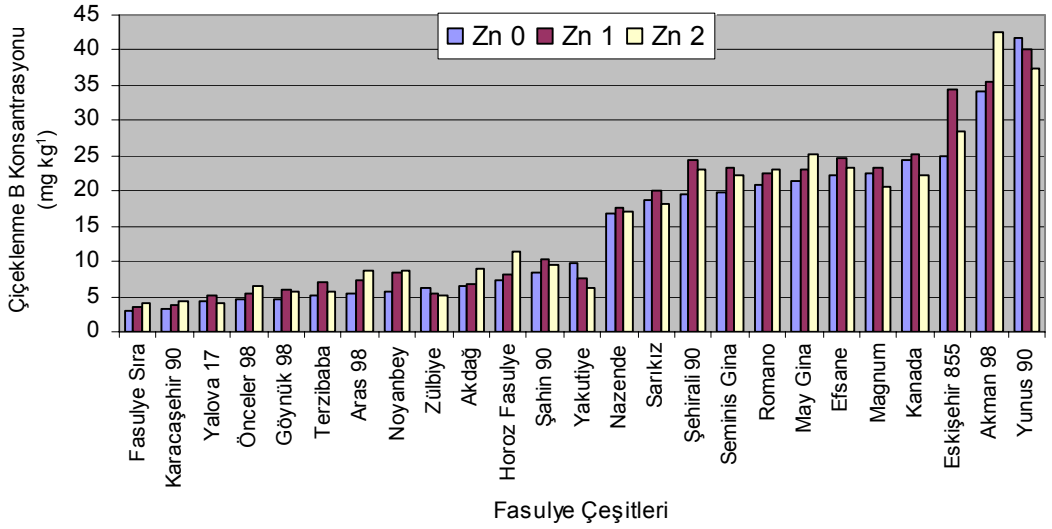
Genotipler	Uygulamalar								
	Bor mg kg^{-1}	Zn mg kg^{-1}						Ortalama	
		0		5		10			
		mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%
Eskişehir 855	0	25,0 ± 0,8		34,5 ± 1,9	*38,2*	28,4 ± 1,4	*13,9*	29,3 ± *4,4*	
	5	97,8 ± 3,8	*291,8*	120,8 ± 1,1	*383,9*	112,2 ± 3,5	*349,5*	110,3 ± *10,4*	*276,4*
	10	226,5 ± 3,6	*807,2*	162,5 ± 3,4	*550,8*	132,7 ± 2,0	*431,7*	173,9 ± *41,6*	*493,5*
	Ort.	116,4		105,9	*-9,0*	91,1	*-21,7*	104,5	
Şehirali 90	0	19,5 ± 1,3		24,4 ± 0,4	*25,7*	23,2 ± 1,3	*19,0*	22,4 ± *2,4*	
	5	83,8 ± 5,5	*331,0*	98,2 ± 0,2	*404,9*	78,0 ± 3,2	*300,8*	86,7 ± *9,6*	*287,8*
	10	145,8 ± 2,9	*649,5*	195,3 ± 3,2	*903,7*	125,5 ± 4,7	*545,1*	155,5 ± *31,2*	*595,7*
	Ort.	83,0		106,0	*27,6*	75,5	*-9,0*	88,2	
Yunus 90	0	41,8 ± 1,6		40,2 ± 0,5	*-4,0*	37,3 ± 1,5	*-10,8*	39,8 ± *2,3*	
	5	85,3 ± 1,9	*104,0*	102,1 ± 1,1	*144,3*	95,8 ± 2,5	*129,2*	94,4 ± *7,6*	*137,5*
	10	221,8 ± 1,9	*430,6*	243,7 ± 1,6	*483,0*	198,0 ± 2,3	*373,5*	221,2 ± *19,9*	*456,4*
	Ort.	116,3		128,7	*10,6*	110,4	*-5,1*	118,4	
Akman 98	0	34,2 ± 0,7		35,5 ± 0,3	*3,8*	42,7 ± 1,9	*24,7*	37,5 ± *4,1*	
	5	82,9± 1,7	*142,1*	91,9 ± 1,1	*168,5*	87,9 ± 0,4	*157,0*	87,6 ± *4,1*	*133,6*
	10	255,9 ± 2,7	*647,8*	265,4 ± 1,4	*675,4*	225,3 ± 3,4	*558,4*	248,9 ± *18,3*	*563,9*
	Ort.	124,3		130,9	*5,3*	118,7	*-4,6*	124,6	
Önceler 98	0	4,6 ± 1,1		5,4 ± 0,5	*17,6*	6,5 ± 0,6	*42,5*	5,5 ± *1,1*	
	5	78,5 ± 1,0	*1610,1*	84,7 ± 1,0	*1743,1*	90,8 ± 1,6	*1876,1*	84,7 ± *5,4*	*1435,8*
	10	157,6 ± 4,7	*3331,3*	201,9 ± 1,8	*4294,9*	174,2 ± 2,1	*3693,3*	177,9 ± *19,6*	*3127,4*
	Ort.	80,2		97,3	*21,3*	90,5	*-62,0*	89,4	
Göynük 98	0	4,6 ± 0,5		6,0 ± 0,6	*29,8*	5,8 ± 0,2	*25,1*	5,5 ± *0,8*	
	5	85,4 ± 0,7	*1741,6*	93,2 ± 2,6	*1910,7*	87,4 ± 1,5	*1784,9*	88,7 ± *3,8*	*1516,5*
	10	233,1 ± 2,8	*4926,6*	269,6 ± 1,2	*5713,3*	299,0 ± 2,6	*6349,0*	267,2 ± *28,7*	*4771,1*
	Ort.	107,7		122,9	*14,1*	130,7	*21,4*	120,5	
Karacaşehir 90	0	3,2 ± 0,1		3,7 ± 0,2	*16,0*	4,2 ± 0,1	*32,7*	3,7 ± *0,5*	
	5	91,5 ± 0,7	*2769,8*	96,2 ± 1,2	*2914,3*	81,2 ± 2,9	*2446,7*	89,6 ± *6,8*	*2317,7*
	10	185,7 ± 1,0	*5720,2*	224,6 ± 4,8	*6941,0*	245,2 ± 4,7	*7585,2*	218,5 ± *26,4*	*5792,0*
	Ort.	93,5		108,2	*15,7*	110,2	*17,9*	103,9	
Zülbiye	0	6,3 ± 0,7		5,3 ± 0,1	*-15,5*	5,1 ± 1,1	*-19,2*	5,6 ± *0,9*	
	5	76,5 ± 1,5	*1117,2*	88,4 ± 1,6	*1305,3*	91,5 ± 0,3	*1354,9*	85,4 ± *6,9*	*1437,1*
	10	245,0 ± 1,7	*3797,0*	255,3 ± 0,6	*3961,2*	232,0 ± 1,4	*3590,4*	244,1 ± *10,2*	*4291,4*
	Ort.	109,3		116,3	*6,5*	109,5	*0,2*	111,7	
Akdağ	0	6,4 ± 0,1		6,7 ± 0,2	*3,6*	9,0 ± 0,6	*39,6*	7,4 ± *1,3*	
	5	83,8 ± 0,5	*1203,5*	90,6 ± 1,0	*1309,1*	88,1 ± 0,2	*1270,9*	87,5 ± *3,0*	*1089,7*
	10	263,2 ± 2,6	*3995,1*	226,8 ± 4,2	*3429,6*	216,0 ± 2,2	*3261,2*	235,4 ± *21,6*	*3100,8*
	Ort.	117,8		108,0	*-8,3*	104,4	*-11,4*	110,1	
Noyanbey	0	5,6 ± 0,7		8,5 ± 1,3	*50,9*	8,6 ± 0,8	*52,8*	7,5 ± *1,7*	
	5	83,5 ± 0,4	*1389,2*	92,7 ± 0,6	*1552,6*	127,6 ± 0,7	*2175,7*	101,3 ± *20,2*	*1241,8*
	10	225,4 ± 0,6	*3920,5*	236,0 ± 0,4	*4109,9*	194,5 ± 1,6	*3368,2*	218,6 ± *18,7*	*2797,5*
	Ort.	104,8		112,4	*7,2*	110,2	*5,1*	109,1	
Aras 98	0	5,3 ± 0,0		7,2 ± 0,0	*36,0*	8,6 ± 0,1	*61,4*	7,1 ± *1,4*	
	5	105,4 ± 0,4	*1878,8*	107,7 ± 0,2	*1922,3*	101,3 ± 0,6	*1802,4*	104,8 ± *2,8*	*1385,5*
	10	293,9 ± 0,6	*5417,1*	258,3 ± 0,1	*4749,6*	212,4 ± 0,6	*3886,5*	254,9 ± *35,4*	*3511,5*
	Ort.	134,9		124,4	*-7,7*	107,4	*-20,3*	122,3	
Terzibaba	0	5,3 ± 0,2		7,2 ± 0,2	*36,0*	5,8 ± 0,3	*9,8*	6,1 ± *0,9*	
	5	125,1 ± 0,8	*2280,4*	127,4 ± 0,3	*2323,0*	121,9 ± 0,9	*2218,1*	124,8 ± *2,5*	*1959,6*
	10	190,9 ± 0,5	*3531,3*	201,6 ± 0,1	*3735,7*	134,7 ± 0,8	*2462,4*	175,7 ± *31,1*	*2800,6*
	Ort.	107,1		112,1	*4,6*	87,4	*-18,3*	102,2	
Yakutiye	0	9,8 ± 0,5		7,6 ± 0,1	*-22,4*	6,1 ± 0,1	*-37,4*	7,9 ± *1,6*	
	5	110,7 ± 0,9	*1027,5*	133,4 ± 0,2	*1258,7*	104,1 ± 0,7	*960,5*	116,1 ± *13,3*	*1376,6*
	10	262,4 ± 0,5	*2573,4*	245,1 ± 0,4	*2396,4*	195,1 ± 0,6	*1886,9*	234,2 ± *30,3*	*2879,5*
	Ort.	127,6		128,7	*0,8*	101,8	*-20,3*	119,4	

Çizelge 4.8. (Devam)

Genotipler	Bor mg kg^{-1}	Uygulamalar: Zn mg kg^{-1} 0		Zn mg kg^{-1} 5		Zn mg kg^{-1} 10		Ortalama	
		mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%
Şahin 90	0	8,5 ± 0,4		10,4 ± 0,5	*22,1*	9,4 ± 0,5	*10,9*	9,4 ± *0,9*	
	5	112,9 ± 0,3	*1230,9*	114,4 ± 0,2	*1249,3*	126,4 ± 0,1	*1391,0*	117,9 ± *6,4*	*1152,5*
	10	245,3 ± 0,3	*2792,1*	232,0 ± 0,2	*2635,6*	220,6 ± 0,4	*2501,3*	232,6 ± *10,7*	*2370,9*
	Ort.	122,2		118,	*-2,7*	118,	*-2,8*	120,0	
Fasulye Sıra	0	3,1 ± 0,0		3,6 ± 0,1	*17,5*	4,0 ± 0,0	*30,5*	3,6 ± *0,4*	
	5	96,1 ± 0,3	*3011,3*	106,1 ± 0,4	*3335,0*	94,5 ± 0,5	*2956,7*	98,9 ± *5,5*	*2659,8*
	10	191,9 ± 0,9	*6109,1*	213,5 ± 0,4	*6810,8*	164,8 ± 0,3	*5234,6*	190,1 ± *21,1*	*5203,6*
	Ort.	97,0		107,8	*11,1*	87,8	*-9,5*	97,5	
Horoz Fasulye	0	7,4 ± 0,5		8,1 ± 0,2	*9,8*	11,4 ± 0,3	*54,4*	8,9 ± *1,9*	
	5	119,0 ± 0,4	*1515,6*	105,1 ± 0,4	*1327,2*	100,2 ± 0,7	*1261,3*	108,1± *8,4*	*1109,1*
	10	182,8 ± 0,8	*2382,2*	204,5 ± 0,5	*2676,9*	188,5 ± 0,3	*2460,1*	191,9 ± *9,8*	*2046,6*
	Ort.	103,0		105,9	*2,8*	100,0	*-2,9*	103,0	
Yalova 17	0	4,2 ± 0,1		5,1 ± 0,1	*21,6*	4,2 ± 0,1	*-1,5*	4,5 ± *0,5*	
	5	97,2 ± 0,3	*2195,2*	108,0 ± 0,9	*2451,8*	101,1 ± 0,7	*2289,3*	102,1 ± *4,8*	*2160,4*
	10	172,4 ± 0,7	*3972,3*	194,8 ± 0,9	*4501,2*	183,0 ± 0,8	*4223,3*	183,4 ± *9,7*	*3959,9*
	Ort.	91,3		102,6	*12,5*	96,1	*5,3*	96,7	
Nazende	0	16,9 ± 0,1		17,6 ± 0,3	*4,5*	17,1 ± 0,0	*1,4*	17,2 ± *0,4*	
	5	90,2 ± 0,9	*435,0*	104,3 ± 0,2	*518,9*	86,4 ± 0,7	*412,4*	93,6 ± *8,2*	*444,7*
	10	225,3 ± 0,2	*1237,1*	230,4 ± 0,4	*1267,3*	190,6 ± 0,2	*1031,2*	215,5 ± *18,8*	*1153,7*
	Ort.	110,8		117,5	*6,0*	98,0	*-11,5*	108,8	
Romano	0	20,9 ± 0,8		22,4 ± 0,2	*7,4*	22,9 ± 0,9	*9,9*	22,1 ± *1,1*	
	5	93,7 ± 0,6	*348,5*	109,9 ± 0,7	*426,1*	116,2 ± 0,5	*456,5*	106,6 ± *10,1*	*382,7*
	10	129,0 ± 0,7	*517,8*	154,9 ± 0,8	*641,9*	147,6 ± 0,2	*606,8*	143,8 ± *11,6*	*551,4*
	Ort.	81,		95,7	*17,9*	95,6	*17,7*	90,8	
Sarıkız	0	18,7 ± 0,2		20,2 ± 0,2	*7,8*	18,0 ± 0,7	*-3,6*	19,0 ± *1,0*	
	5	93,1 ± 0,8	*397,6*	132,8 ± 0,8	*609,5*	108,0 ± 0,7	*476,9*	111,3 ± *17,4*	*486,4*
	10	175,2 ± 0,2	*835,9*	241,4 ± 0,1	*1190,0*	197,1 ± 0,3	*953,1*	204,6 ± *29,2*	*977,8*
	Ort.	95,7		131,5	*37,4*	107,7	*12,6*	111,6	
Magnum	0	22,5 ± 0,4		23,4 ± 0,2	*4,0*	20,7 ± 1,0	*-7,7*	22,2 ± *1,3*	
	5	104,8 ± 0,6	*366,7*	136,6 ± 0,2	*508,1*	120,3 ± 0,1	*435,6*	120,6 ± *13,8*	*443,4*
	10	152,7 ± 0,7	*579,9*	166,5 ± ,5	*641,1*	146,6 ± 0,5	*552,6*	155,3 ± *8,8*	*599,8*
	Ort.	93,3		108,8	*16,6*	95,9	*2,7*	99,3	
Seminis Gina	0	19,8 ± 0,1		23,4 ± 0,2	*18,2*	22,2 ± 0,2	*12,4*	21,8 ± *1,6*	
	5	95,0 ± 0,1	*380,5*	100,9 ± 0,9	*410,5*	119,0 ± 0,3	*502,1*	104,9 ± *10,9*	*381,9*
	10	186,1 ± 0,5	*841,8*	208,0 ± 1,0	*952,4*	213,2 ± 0,5	*978,8*	202,4 ± *12,5*	*829,5*
	Ort.	100,3		110,7	*10,4*	118,1	*17,8*	109,7	
May Gina	0	21,5 ± 0,4		23,2 ± 0,2	*7,9*	25,2 ± 0,9	*17,3*	23,3 ± *1,7*	
	5	69,9 ± 0,5	*225,5*	96,0 ± 0,6	*346,9*	117,3 ± 0,5	*446,3*	94,4 ± *20,6*	*305,5*
	10	231,2 ± 0,9	*976,5*	249,0 ± 0,6	*1059,2*	226,2 ± 0,7	*953,3*	235,5 ± *10,4*	*911,5*
	Ort.	107,5		122,7	*14,1*	122,9	*14,3*	117,7	
Efsane	0	22,1 ± 0,7		24,8 ± 0,6	*12,1*	23,3 ± 0,1	*5,2*	23,4 ± *1,2*	
	5	69,1 ± 0,8	*212,3*	84,9 ± 0,8	*283,7*	95,2 ± 0,4	*330,2*	83,0 ± *11,4*	*255,0*
	10	120,6 ± 0,4	*445,3*	145,6 ± 0,5	*558,2*	173,0 ± 0,5	*681,9*	146,4 ± *22,7*	*525,8*
	Ort.	70,6		85,1	*20,5*	97,1	*37,6*	84,3	
Kanada	0	24,4 ± 0,6		25,2 ± 0,7	*3,4*	22,2 ± 0,2	*-8,9*	23,9 ± *1,4*	
	5	78,0 ± 0,4	*219,6*	88,5 ± 0,4	*262,9*	75,2 ± 0,9	*208,0*	80,6 ± *6,1*	*236,5*
	10	152,2 ± 0,9	*523,6*	187,8 ± 0,6	*669,9*	166,1 ± 0,7	*580,8*	168,7 ± *15,6*	*604,5*
	Ort.	84,8		100,5	*18,5*	87,8	*3,5*	91,1	
Genel Ort.	0	14,5		16,0	*10,5*	15,7	*8,5*	15,4	
	5	92,4	*538,9*	104,6	*623,4*	101,1	*599,3*	99,4	*546,3*
	10	202,9	*1303,3*	216,6	*1398,1*	192,1	*1228,6*	203,8	*1226,1*
	Ort.	103,2		112,4	*8,9*	103,0	*-0,3*	106,2	

LSD (%1) değerleri; G: 0.9474; B: 0.3282; G x B: 1.641; Zn: 0.3282; G x Zn: 1.641; B x Zn: 0.5685; B x Zn x G: 2.842

Bor konsantrasyonu değerleri itibariyle, çinko x genotip interaksiyonu istatistiki olarak %1 ihtimal sınırında önemli olup, bu amaçla hesaplanan F değerleri 394.1'dir (Çizelge 4.7). Çinko x genotip interaksiyonunda en yüksek B konsantrasyonu 134.9 mg kg^{-1} ile Aras – 98 genotipinde çinko uygulanmayan (Zn_0) dozlardan elde edilmiştir (Çizelge 4.8). En düşük bor konsantrasyonu ise Şehirali – 90 genotipinde Zn_2 uygulamasında görülmüştür (Çizelge 4.8). Bor uygulanmayan (B_0) muameleler incelendiğinde çinko uygulamasına bor konsantrasyonu bakımından genotiplerin tepkileri arasında çok büyük farklılıklar olmuştur. Genotipler içerisinde en yüksek bor konsantrasyonuna Yalova 17, Göynük 98, Terzibaba, Şahin 90, Nazende, Sarıkız, Şehirali 90, Seminis Gina, Efsane, Magnum Kanada ve Eskişehir 855 genotiplerinde Zn_1 (5 mg Zn kg^{-1}) dozunda ulaşılırken, Fasulye Sıra, Karacaşehir 90, Öncler 98, Aras 98, Noyanbey, Akdağ, Horoz Fasulye, Romano, May Gina ve Akman 98 genotiplerinde artan Zn dozlarıyla birlikte bitki B konsantrasyonları artarken, Zülbiye, Yakutiye ve Yunus 90 genotiplerinde ise Zn uygulamasıyla bitkilerin B konsantrasyonlarında azalmalar meydana gelmiştir (Çizelge 4.8, Şekil 4.14).



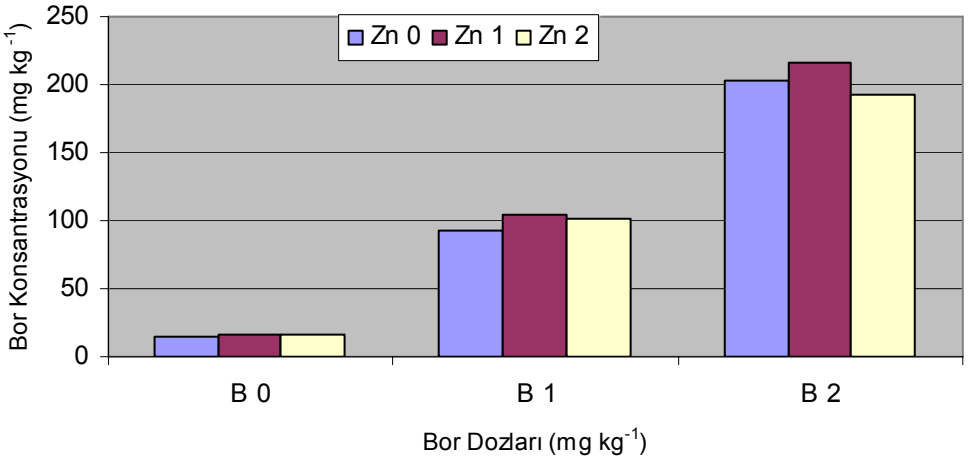
Şekil 4.14. Bor uygulanmayan muamelelerde çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin çiçeklenme dönemi bor konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) etkisi

Bor x çinko interaksiyonunun B konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) olmuştur (Çizelge 4.7). En yüksek B konsantrasyonu 216.6 mg kg^{-1} ile B_2 x Zn_1 uygulamasından elde edilirken en düşük bor konsantrasyonu 14.5 mg kg^{-1} ile bor ve çinko uygulanmayan (kontrol, B_0 x Zn_0) muamelelerden elde edilmiştir. Bor x çinko interaksiyonu sonucunda en yüksek bor konsantrasyonunun elde edildiği B_2 x Zn_1 uygulamasında kontrole göre %1398.1 oranında (15 katlık) bir artış görülürken B_2 x Zn_0 uygulamasında %1303.3 oranında (14 kat) ve B_2 x Zn_2 uygulamasında ise %1228.6 oranında (13 kat) bir artış belirlenmiştir (Çizelge 4.8, Şekil 4.15). Buradan da görülmektedir ki fasulye genotiplerinin B konsantrasyonu değerlerinde B dozlarındaki artışa bağlı olarak belirgin bir artış görülürken uygulanan çinko dozlarındaki artışla birlikte bitki bor konsantrasyonunda azda olsa bir azalmaya sebep olduğu belirlenmiştir. Yapılan LSD testine göre B_2 x Zn_1 uygulaması birinci grupta, B_2 x Zn_0 uygulaması ikinci grupta, B_2 x Zn_2 uygulaması üçüncü grupta yer alırken, B_0 x Zn_0 uygulaması son grupta yer almıştır (Çizelge 4.8).

Bor konsantrasyonu bakımından bor x çinko x genotip interaksiyonu da istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) olup, bu amaçla hesaplanan F değeri 333.47' dir (Çizelge 4.7). Bor x çinko x genotip interaksiyonunda B konsantrasyonu 299.0 mg kg^{-1} (Göynük - 98 genotipinde B_2 x Zn_2 uygulamasında) ile 3.1 mg kg^{-1} (Fasulye sıra genotipinde B_0 x Zn_0 uygulamasında) arasında değişmiştir (Çizelge 4.8).

Çiçeklenme dönemi bitki B konsantrasyonu genellikle yeterli seviyede çinko (Zn_1) içeren koşullarda Zn_0 ve Zn_2 dozunda çinko içeren koşullara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum bitkilere fazla miktarda çinko uygulamasının bitkide B konsantrasyonunu azalttığını göstermektedir. Nitekim araştırmamızda elde ettiğimiz sonuçlar ve bununla ilgili görüşlerimiz birçok araştırıcı tarafından desteklenmektedir. Alkan (1998) tahıllarda yaptıkları benzer çalışmada yetersiz seviyede bor ve çinko içeren toprağa uyguladıkları B ve Zn dozlarının ortalaması olarak bitkide B konsantrasyonu değerlerinde Zn'siz koşullara göre Zn'li koşullarda kontrol uygulamasına göre %3 oranında bir azalma olduğunu belirlemişlerdir. Bu sonuçlar B uygulamasından kaynaklanan verim azalmaları üzerine Zn uygulamasının fazla bir etkisinin olamadığını fakat bitkinin daha iyi büyümesini ve dolayısıyla daha fazla kuru madde oluşturmasını sağlayarak bitki dokularındaki toksik bor

konsantrasyonunu bir miktar düşürdüğünü yani seyrelttiğini göstermektedir. Daha önce de ifade edildiği gibi tüm Zn dozlarında ortalama kuru madde verimi Zn'siz koşullara göre daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.4). Singh ve ark. (1990), yaptıkları çalışmada buğday bitkisinin kuru madde verimini azaltacak kadar yüksek B uygulamaları altında ortama Zn ilavesinin buğday kuru madde veriminin artmasına, ayrıca Zn'li koşullara göre Zn'siz koşullarda yapılan B uygulaması, bitkilerin daha fazla B alımına dolayısıyla B konsantrasyonlarının artışına neden olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca Graham ve ark. (1987)'ı arpa, Swietlik (1995) ise portakalda Zn noksanlığı altında aşırı miktarlarda B'un biriktiğini ve B toksisitesinin (simptomlarının) görüldüğünü bildirmiştir. Güneş ve ark., (2000), domatese uygulanan dört bor (0; 5; 10 ve 20 mg B kg^{-1}) ve 3 Zn (0; 10 ve 20 mg Zn kg^{-1}) uygulamalarının etkisini araştırdıkları sera denemesinde, B uygulamasının 10 ve 20 mg B kg^{-1} düzeylerinde B toksisitesi semptomlarının ortaya çıktığını, artan B dozlarıyla birlikte bitkide B konsantrasyonunun arttığını ve bu artışın Zn uygulaması yapılmayan uygulamalarda daha fazla olduğunu, Zn uygulamasıyla birlikte (10 ve 20 mg Zn kg^{-1}) bitkide toksik B seviyesinde bir azalmaya yol açtığı ancak bu azalmanın bitkideki B seviyesini toksik seviyenin altına çekmekte yeterli olmadığını bulmuşlardır. Benzer sonuçlar Welch ve ark., (1982); Singh ve ark., (1990) ve Swietlik, (1995) tarafından da belirtilmiştir.



Şekil 4.15. Bor ve çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin çiçeklenme dönemi B konsantrasyonlarına (mg kg^{-1}) etkisi

4.4.2. Hasat dönemi bitki bor konsantrasyonu

Farklı B ve Zn dozlarının fasulye genotiplerinin hasat dönemi B konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.9'da elde edilen ortalama B konsantrasyonu değerleri Çizelge 4.10'da, bu değerlere ait grafikler Şekil 4.16, Şekil 4.17 ve Şekil 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4.9. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Hasat Dönemi Bor Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Sonuçları.

Uygulamalar	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması.	F Değeri
Genotip (A)	24	1068401.55	44516.73	391.33**
Bor (B)	2	11802145.24	5901072.62	51874.23**
A x B İnt.	48	1073508.71	22364.76	196.60**
Çinko (C)	2	3866.17	1933.09	16.99**
A x C İnt.	48	199815.44	4162.82	36.59**
B x C İnt.	4	13387.06	3346.76	29.42**
A x B x C İnt.	96	403226.13	4200.27	36.92**
Hata	450	51190.78	113.76	
Toplam	674	14615541.085		
C.V. (%)	**5,95**			

**İşareti, işlemler arasındaki farkın %1, * işareti ise işlemler arasındaki farkın %5 seviyesinde önemli olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.9'un incelenmesinden de görüleceği gibi, bor konsantrasyonu bakımından genotipler arasındaki fark %1 seviyesinde istatistiki olarak önemli olup, bu amaçla hesaplanan F değeri ise 391.3'tür. Bor ve çinko dozlarının ortalaması olarak en yüksek bor konsantrasyonu 258.8 mg kg^{-1} ile Akman - 98 genotipinden elde edilmiştir. Bunu azalan sıra ile Zülbiye (250.4 mg kg^{-1}), Aras - 98 (226.3 mg kg^{-1}), Yakutiye (217.4 mg kg^{-1}), Önceler - 98 (212.2 mg kg^{-1}), Yalova - 17 (210.0 mg kg^{-1}), genotipleri takip ederken, en düşük bor konsantrasyonları ise Magnum (133.8 mg kg^{-1}), Seminis Gina (123.7 mg kg^{-1}), Kanada (120.9 mg kg^{-1}) May Gina (112.2 mg kg^{-1}) ve Efsane (103.5 mg kg^{-1}) genotiplerinden elde edilmiştir (Çizelge 4.10). Diğer genotipler ise bu değerler arasında değişen bor konsantrasyonu değerlerine sahip olmuşlardır. Bor ve çinko dozlarının ortalaması olarak en yüksek bor konsantrasyonunun alındığı Akman – 98 genotipi (258.8 mg kg^{-1}) ile en düşük bor konsantrasyonunun alındığı Efsane genotipi (103.5 mg kg^{-1}) arasında bünyelerine aldıkları bor değerleri bakımından %149.9 oranında bir fark (155.3 mg kg^{-1}) olduğu belirlenmiştir. Yapılan LSD testine göre Akman-98 genotipi birinci grupta, Aras-98

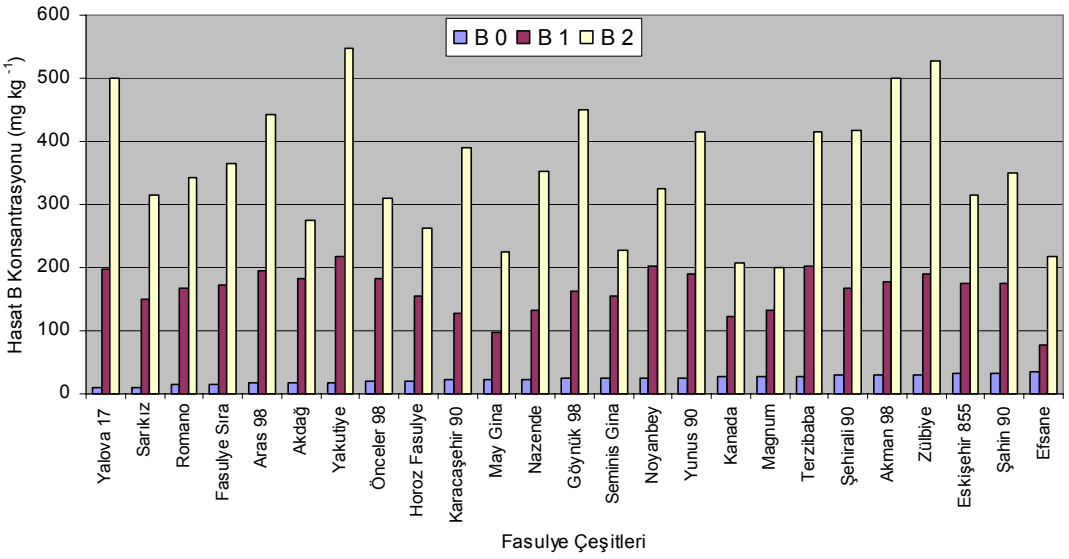
genotipi ikinci grupta, Göynük-98 genotipi üçüncü grupta yer alırken, Efsane genotipi son grupta yer almıştır (Çizelge 4.10).

Uygulanan bor dozlarının fasulye genotiplerinin bor konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.9). Genotiplerin ve çinko dozlarının ortalaması olarak en yüksek bor konsantrasyonu 346.9 mg kg^{-1} ile B_2 dozu uygulamasından elde edilmiş, bunu azalan sıra ile B_1 (167.1 mg kg^{-1}) ve B_0 (23.7 mg kg^{-1}) uygulamaları takip etmiştir (Çizelge 4.10). Yapılan LSD testine göre B_2 uygulaması birinci grupta, B_1 uygulaması ikinci grupta ve B_0 uygulaması son grupta yer almıştır (Çizelge 4.10).

Bor x genotip interaksiyonu istatistiki bakımdan %1 ihtimal sınırında önemli olmuş (Çizelge 4.9), bu durum olgunluk döneminde bitki bor konsantrasyonu üzerine bor uygulamasının etkisinin bodur fasulye genotiplerine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Nitekim çinko uygulanmayan (Zn_0) muamelelerinin incelenmesiyle görülebileceği gibi bitkilerin bor konsantrasyonlarının B_0 dozunda ortalama 23.3 mg kg^{-1} olup, 10.6 mg kg^{-1} (Yalova-17) ile 34.5 mg kg^{-1} (Efsane), B_1 dozunda ortalama 164.3 mg kg^{-1} olup, 77.9 mg kg^{-1} (Efsane) ile 218.7 mg kg^{-1} (Yakutiye) ve B_2 dozunda ortalama 355.9 mg kg^{-1} olup, 199.7 mg kg^{-1} (Magnum) ile 547.9 mg kg^{-1} (Yakutiye) arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu durum bitkilerin bor konsantrasyonlarının uygulanan bor dozunda ki artışa paralel olarak arttığını göstermektedir (Çizelge 4.10, Şekil 4.16). Fasulye genotipleri arasında hasat olgunluğuna ulaştıkları evreye kadarki süre içerisinde de bünyelerine aldıkları bor miktarı bakımından büyük farklılıklar görülmüştür. Ayrıca fasulye genotiplerinin bünyelerindeki bor konsantrasyonlarının hasat döneminde çiçeklenme dönemine göre daha fazla olmuştur (Çizelge 4.10 ve 4.8). Bu durum bitkilerde borun olgunlaşma döneminin sonuna doğru bitki bünyesinde biriktiğini göstermektedir (Hamurcu ve ark, 2006a; Hamurcu ve ark, 2006b, Ceyhan ve ark., 2006; Soylu ve ark., 2004, Torun ve ark., 1999; Alkan, 1998). Araştırmamızda kullanılan fasulye genotiplerinin uygulanan bor dozlarına karşı bünyelerinde biriktirmiş oldukları bor konsantrasyonları da farklı olmuştur. Bu durum daha öncede izah edildiği gibi fasulye genotiplerinin biyolojik verim değerlerinin kuru madde miktarlarının ve tane verimlerinin birbirinden farklı olmasındaki en önemli sebeplerden biri olarak düşünülmektedir. Nitekim fasulye genotiplerinin bor konsantrasyonu değerleri ile

biyolojik verim (-0.444**), kuru ağırlık (-0.394**) ve tane verimi (-0.046) değerleri ile ilişkilendirilmeleri sonucunda negatif önemli ilişkiler bulunması elde ettiğimiz sonuçları desteklemektedir. Benzer çalışmalarda Ceyhan ve ark. (2006) fasulyede bor uygulamasının tane verimi ile yaprak B konsantrasyonları arasında negatif ilişkiler belirlemişlerdir. Farklı bitki türleri kullanılarak yapılan çalışmalarda da Torun ve ark. (2005) buğdayda biyoljik verim ve kuru madde miktarları ile B konsantrasyonları arasında negatif önemli ilişkilerin bulunduğunu ortaya koymuşlardır. Bununla birlikte genotipler içerisinde May Gina en düşük bor konsantrasyonuna sahip iken en yüksek kuru madde verimine sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.10). Bu tür genotipler bor uygulamasına hassas genotipler olarak değerlendirilebilir. Bununla birlikte genotipler içerisinde yüksek düzeyde bor konsantrasyonuna sahip olup, kuru madde verimininde yüksek olduğu genotipler bulunmaktadır. Bunlar da bor uygulamasına toleranslı genotipler olarak değerlendirilebilir. Bor uygulamasına toleranslı genotipler olarak da Zülbiye, Önceler – 98, Yalova – 17 ve Yunus – 90 genotipleri gösterilebilir. Belirtilen genotipler yüksek düzeyde bor içermesine rağmen kuru madde verimleri aynı şartlardaki diğer genotiplere göre daha yüksek olmuştur (Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.10). Belirtilen genotiplerden May Gina genotipinde B_2 dozunda kontrole göre kuru madde verimindeki azalma %31.30 oranında olurken Zülbiye genotipinde %3.50 oranında olmuştur. Bu durum bazı genotiplerin bor toksisitesine karşı bor alımını sınırlayarak dayanıklılık geliştirirken, bazı genotiplerin ise bor toksisitesine dayanıklılığı bor alımını sınırlandırma şeklinde değil de bitki bünyesine alınmış B'un dokularda bir takım yollarla inaktif hale getirilmesi şeklinde ortaya çıktığını göstermektedir. Aşırı B'a karşı bazı genotiplerde B'u inaktif edebilen sorbitol gibi bileşiklerin bulunabileceği belirlenmiştir (Rozema ve ark.,1992). Bor'a toleransla ilgili olarak bir başka olasılık da biriktirilen B'un değişik yerlerde depo edilmesiyle ilgili olduğudur. Bor, hücre, doku veya organel seviyesinde biriktirilmiş olabilir. Bilindiği üzere B toksisitesi kendisini daha çok mevcut B'un önemli miktarda sitosilde birikmesiyle gösterdiği belirlenmiştir (Marschner, 1995). Eğer B birikimi daha çok hücre duvarlarında veya vakuollerde gerçekleşmişse o zaman B toksisitesi tahribatı daha az ortaya çıkabilmektedir (Marschner, 1995). Kullanılan fasulye genotipleri içerisinde de B'u kullanma şekilleri bakımından bu tür farklılıkların

olabileceği düşünülmektedir. Kullanılan genotipler içerisinde bor uygulaması sonucunda en düşük bor konsantrasyonunun elde edildiği Sarıkız genotipinde kontrolle (B_0) B_2 dozu arasında bitki bor konsantrasyonunda % 2558.8 oranında (26.6 kat) bir artış belirlenirken, Yalova - 17 genotipinde % 2537.5 oranında (26.4 kat) bir artış görülmüştür. En yüksek bor konsantrasyonunun elde edildiği Akman–98 genotipinde %2111.0 oranında (22.1 kat) bir artış elde edilmiştir (Çizelge 4.10). Çizelge 4.10'un incelenmesinden de görülebileceği gibi kullanılan fasulye genotiplerinin boru bitki bünyelerine çiçeklenme aşamasında daha hızlı bir şekilde aldığı ve daha hızlı bir şekilde kullandığı, hasat olgunluğu dönemine doğru ise hem borun bitki bünyesine alınması hem de bitki bünyesinde kullanımının çiçeklenme aşamasındakine oranla daha yavaş olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.16. Çinko uygulanmayan muamelelerde bor dozlarının bodur fasulye genotiplerinin hasat dönemi bor konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) etkisi

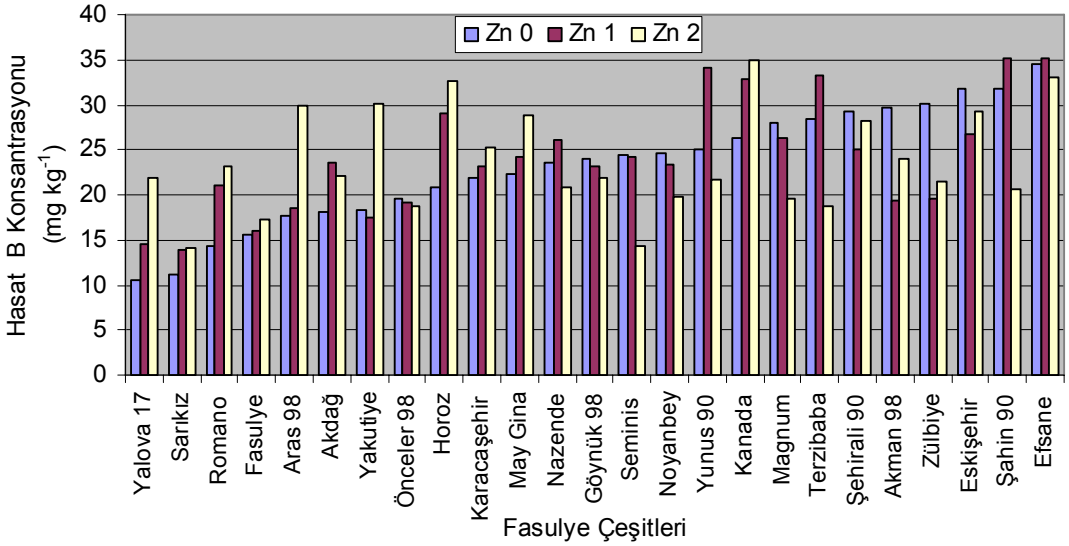
Çinko dozlarının bor konsantrasyonu ve bor içeriği değerleri üzerine etkisi istatistiki olarak ($p<0.01$) önemli olup, bu amaçla hesaplanan F değeri çizelge 4.9' da verilmiştir. Genotiplerin ve bor dozlarının ortalaması olarak en yüksek bor konsantrasyonu 181.1 mg kg^{-1} ile Zn_0 dozu uygulanan bitkilerden elde edilirken, bunu azalan sıra ile Zn_2 dozu (180.7 mg kg^{-1}) ve Zn_1 dozu (175.9 mg kg^{-1}) uygulamaları takip etmiştir (Çizelge 4.10). Kullanılan fasulye genotiplerinde çinko dozları ortalamaları dikkate alındığında kontrole göre Zn_2 dozu uygulamasıyla bor

konsantrasyonu değerinde %0.2 oranında bir azalış belirlenirken, Zn_1 uygulamasında bitki bor konsantrasyonu değerinde %2.9 oranında bir azalış olmuştur. Yapılan LSD testine göre, Zn_0 (kontrol) ve Zn_2 uygulaması birinci grupta yer alırken, Zn_1 uygulaması diğer grupta yer almıştır (Çizelge4.10).

Bor konsantrasyonu değerleri itibariyle, genotip x çinko interaksiyonu istatistiki olarak %1 ihtimal sınırında önemli olup, bu amaçla hesaplanan F değerleri Çizelge 9.'da verilmiştir. Bor dozlarının ortalaması olarak en yüksek bor konsantrasyonu 288.7 mg kg^{-1} ile Akman – 98 genotipinde Zn_2 uygulamasından elde edilmiştir. En düşük bor konsantrasyonu ise 93.2 mg kg^{-1} ile Efsane genotipinde Zn_2 uygulamasında görülmüştür (Çizelge 4.10).

Daha önce de ifade edildiği gibi çinko uygulaması sonucu bitkilerin bor konsantrasyonu değerlerinde meydana gelen değişmeler çinko uygulamasıyla bitkilerin kuru madde veriminde meydana gelen değişmelerle ilgili olduğudur. Bunun nedeni çinko ilave ederek bitki büyümesinin teşvik edilmesi dolayısıyla kuru madde veriminde meydana gelen artışlardır. Bitkiler tarafından topraktan alınan toplam bor miktarının arttırmasına karşılık bitkinin fazla büyümesi ile B'un dokularda seyrelmesini ve bunun sonucunda da bor konsantrasyonunun düşmesine yol açmasıyla ilgili olduğu düşünülmektedir. Benzer sonuçlar bitkiler hasat olgunluğuna ulaştığı durumlarda da ortaya çıkmıştır. Daha önce de belirtildiği üzere, bitkilerin bor ve çinko uygulamalarına karşı aynı derecede fizyolojik ve morfolojik etkilenme göstermedikleri için farklı toksisite şartları altında bitkilerin tepkilerinin de farklı olduğu belirtilmiştir (Paull ve ark., 1988; Huang ve Graham, 1990; Nable, 1991; Çakmak ve ark., 1996; İşler, 1997; Moraghan ve Grafton, 1999; Torun ve ark., 2000; Kınacı, 2000; Işık ve ark. 2000; Welch, 2002; Singh ve Westermann, 2002; Welch ve Graham, 2002 Hacısalihoğlu ve ark., 2004). Alkan (1998) benzer toprak şartları altında tahıllarda yaptıkları sera çalışmasında toksik seviyede bor içeren topraklara çinko uygulaması sonucunda bitkilerin topraktan kaldırdıkları bor miktarının bizim bulduğumuz sonuçların aksine azaldığını, bunun nedenin de bitkilerdeki kuru madde verimindeki artışla ilişkilendirmişlerdir. Günümüzedeğin bitkiler arasındaki bu genotipsel farklılıkların fizyolojik nedenleri tam olarak anlaşılmış değildir. Huang ve Graham (1990), bor toksisitesine karşı buğday çeşitleri arasındaki farklı tepkilerin hücre membranlarının geçirgenliği ile ilgili olabileceğini

belirtmişlerdir. Yine Welch ve ark. (1982); Çakmak ve Marschner, (1988), hücre membranlarının geçirgenliği üzerine çinkonun kontrol edici etkisinden dolayı topraklardaki çinko noksanlığı durumunda bitkilerde bor toksisitesini arttırabileceğini ifade etmişlerdir. Bizim çalışmamız sonucunda çinko uygulaması sonucunda bitkilerin biyolojik verim değerleri ile kuru madde verimlerinin hububatlardaki kadar fazla olmaması da sonuçlar arasında farklılıklar ortaya çıkmasına sebep olmuş olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.17. Bor uygulanmayan muamelelerde çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin hasat dönemi bor konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) etkisi

Bor x çinko interaksiyonunun bor konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur (Çizelge 4.9). Bor x çinko interaksiyonunda en yüksek bor konsantrasyonu 355.9 mg kg^{-1} ile B_2 x Zn_0 uygulamasından elde edilirken en düşük bor konsantrasyonu 23.3 mg kg^{-1} ile B_0 x Zn_0 uygulamasından elde edilmiştir. Bor x çinko interaksiyonu sonucunda en yüksek bor konsantrasyonunun elde edildiği B_2 x Zn_0 uygulamasında kontrole göre %1429.2 oranında (15 kat) bir artış görülürken B_2 x Zn_1 uygulamasında %1341.6 oranında (13.4 kat) ve B_2 x Zn_2 uygulamasında ise %1401.5 oranında (14.7 kat) bir artış belirlenmiştir (Çizelge 4.10, Şekil 4.18). Yapılan LSD testine göre bor konsantrasyonu değerleri sınıflandırıldığında B_2 x Zn_0 uygulaması birinci grupta (a), B_2 x Zn_2 uygulaması ikinci grupta (b), B_2 x Zn_1 uygulaması üçüncü grupta (c) yer alırken B_0 x Zn_2 uygulaması son grupta (f) yer almıştır (Çizelge 4.10, Şekil 4.18).

Çizelge 4.10. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Hasat Dönemi Bor Konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) Etkileri

Genotipler	Bor mg kg^{-1}	Uygulamalar						Ortalama	
		Zn mg kg^{-1}							
		0		5		10			
		g $bitki^{-1}$	%	g $bitki^{-1}$	%	g $bitki^{-1}$	%	g $bitki^{-1}$	%
Eskişehir 855	0	31,72 ± 0,68		26,79 ± 0,11	*-15,5*	29,18 ± 0,36	*-8,01*	29,23 ± *2,17*	
	5	174,09 ± 0,72	*448,88*	177,87 ± 0,50	*460,8*	140,93 ± 0,69	*344,33*	164,29 ± *17,61*	*462,1*
	10	314,52 ± 0,56	*891,65*	325,22 ± 0,20	*925,4*	342,13 ± 0,83	*978,70*	327,29 ± *12,07*	*1019,8*
	Ort.	173,44		176,63	*1,8*	170,74	*-1,56*	173,60	
Şehirali 90	0	29,16 ± 0,83		25,04 ± 0,61	*-14,1*	28,14 ± 0,49	*-3,52*	27,45 ± *1,94*	
	5	166,65 ± 0,27	*471,44*	180,03 ± 0,94	*517,3*	151,39 ± 0,31	*419,12*	166,02 ± *12,42*	*504,9*
	10	417,74 ± 0,49	*1332,44*	352,25 ± 0,46	*1107,9*	254,65 ± 0,29	*773,21*	341,55 ± *71,07*	*1144,4*
	Ort.	204,52		185,78	*-9,2*	144,73	*-29,24*	178,34	
Yunus 90	0	24,95 ± 0,98		34,06 ± 0,61	*36,5*	21,58 ± 0,23	*-13,51*	26,86 ± *5,62*	
	5	189,56 ± 0,49	*659,75*	180,32 ± 0,21	*622,7*	134,44 ± 0,39	*438,85*	168,11 ± *25,56*	*525,8*
	10	414,66 ± 0,83	*1561,96*	429,78 ± 0,11	*1622,6*	412,63 ± 0,37	*1553,82*	419,02 ± *8,13*	*1459,9*
	Ort.	209,72		214,72	*2,4*	189,55	*-9,62*	204,66	
Akman 98	0	29,60 ± 0,98		19,40 ± 0,03	*-34,5*	24,06 ± 0,49	*-18,72*	24,35 ± *4,46*	
	5	178,41 ± 0,50	*502,79*	240,19 ± 0,98	*711,5*	222,28 ± 0,74	*651,01*	213,62 ± *27,54*	*777,3*
	10	500,81 ± 0,71	*1592,11*	494,62 ± 0,45	*1571,2*	619,72 ± 0,44	*1993,87*	538,39 ± *61,06*	*2111,0*
	Ort.	236,27		251,40	*6,4*	288,69	*22,18*	258,79	
Önceler 98	0	19,51 ± 0,23		19,21 ± 0,48	*-1,5*	18,71 ± 0,42	*-4,09*	19,14 ± *0,48*	
	5	182,49 ± 0,42	*835,51*	158,54 ± 1,12	*712,7*	227,35 ± 0,58	*1065,48*	189,46 ± *30,26*	*889,8*
	10	308,99 ± 0,83	*1484,00*	448,04 ± 0,57	*2196,8*	526,84 ± 0,73	*2600,79*	427,96 ± *95,53*	*2135,8*
	Ort.	170,33		208,60	*22,5*	257,63	*51,26*	212,19	
Göynük 98	0	23,99 ± 0,88		23,08 ± 0,39	*-3,8*	21,84 ± 0,39	*-8,96*	22,97 ± *1,07*	
	5	163,65 ± 0,56	*582,24*	188,78 ± 2,08	*687,0*	195,96 ± 0,45	*716,96*	182,80 ± *14,73*	*695,9*
	10	450,46 ± 0,18	*1777,95*	349,21 ± 0,65	*1355,8*	365,37 ± 0,27	*1423,21*	388,35 ± *47,11*	*1590,7*
	Ort.	212,70		187,02	*-12,1*	194,39	*-8,61*	198,04	
Karacaşehir 90	0	21,81 ± 0,51		23,09 ± 0,76	*5,9*	25,26 ± 0,45	*15,82*	23,38 ± *1,6*	
	5	128,58 ± 0,25	*489,61*	204,57 ± 0,32	*838,1*	166,80 ± 0,51	*664,89*	166,65 ± *32,9*	*612,7*
	10	390,70 ± 0,23	*1691,63*	353,00 ± 0,68	*1518,8*	340,11 ± 0,29	*1459,65*	361,27 ± *22,8*	*1445,0*
	Ort.	180,36		193,55	*7,3*	177,39	*-1,65*	183,77	
Zülbiye	0	30,13 ± 0,83		19,57 ± 0,46	*-35,1*	21,57 ± 0,35	*-28,41*	23,76 ± *4,9*	
	5	190,74 ± 0,54	*532,99*	192,99 ± 0,68	*540,5*	227,85 ± 0,52	*656,16*	203,86 ± *18,0*	*758,0*
	10	528,58 ± 0,64	*1654,16*	501,11 ± 1,17	*1563,0*	540,94 ± 0,92	*1695,18*	523,55 ± *17,7*	*2103,6*
	Ort.	249,82		237,89	*-4,8*	263,46	*5,46*	250,39	
Akdağ	0	18,20 ± 0,47		23,62 ± 0,11	*29,8*	22,19 ± 0,75	*21,94*	21,34 ± *2,5*	
	5	182,06 ± 0,86	*900,31*	227,43 ± 0,67	*1149,6*	182,44 ± 0,41	*902,43*	197,31 ± *22,6*	*824,6*
	10	273,75 ± 0,64	*1404,14*	250,27 ± 0,23	*1275,1*	346,41 ± 0,51	*1803,35*	290,14 ± *43,4*	*1259,7*
	Ort.	158,00		167,11	*5,8*	183,68	*16,25*	169,60	
Noyanbey	0	24,64 ± 0,16		23,37 ± 0,13	*-5,1*	19,87 ± 1,12	*-19,35*	22,63 ± *2,2*	
	5	203,16 ± 0,28	*724,61*	177,83 ± 0,67	*621,8*	225,05 ± 0,76	*813,46*	202,01 ± *0,4*	*792,8*
	10	325,63 ± 0,42	*1221,72*	352,52 ± 1,02	*1330,8*	413,29 ± 0,86	*1577,53*	363,81 ± *38,9*	*1507,9*
	Ort.	184,48		184,57	*0,1*	219,40	*18,93*	196,15	
Aras 98	0	17,73 ± 0,43		18,54 ± 0,30	*4,6*	29,97 ± 0,45	*69,08*	22,08 ± *5,9*	
	5	193,78 ± 0,45	*993,12*	231,43 ± 0,85	*1205,5*	238,97 ± 0,30	*1248,04*	221,39 ± *21,0*	*902,7*
	10	441,68 ± 0,28	*2391,55*	360,45 ± 1,29	*1933,3*	503,68 ± 0,25	*2741,30*	435,27 ± *62,2*	*1871,4*
	Ort.	217,73		203,47	*-6,5*	257,54	*18,29*	226,25	
Terzibaba	0	28,50 ± 0,71		33,26 ± 0,34	*16,7*	18,82 ± 0,99	*-33,96*	26,86 ± *6,4*	
	5	201,59 ± 0,68	*607,42*	192,51 ± 0,49	*575,6*	228,12 ± 0,77	*700,49*	207,41 ± *16,0*	*672,2*
	10	414,44 ± 0,52	*1354,34*	383,10 ± 0,41	*1244,4*	244,52 ± 1,26	*758,04*	347,35 ± *78,3*	*1193,3*
	Ort.	214,84		202,96	*-5,5*	163,82	*-23,75*	193,87	
Yakutiye	0	18,32 ± 1,06		17,39 ± 1,38	*-5,1*	30,02 ± 0,60	*63,85*	21,91 ± *6,2*	
	5	218,70 ± 1,45	*1093,79*	191,98 ± 1,25	*947,9*	168,10 ± 0,39	*817,58*	192,93 ± *22,0*	*780,6*
	10	547,94 ± 1,46	*2890,92*	430,88 ± 0,67	*2252,0*	333,40 ± 1,27	*1719,87*	437,41 ± *93,0*	*1896,5*
	Ort.	261,65		213,42	*-18,4*	177,71	*-32,08*	217,59	

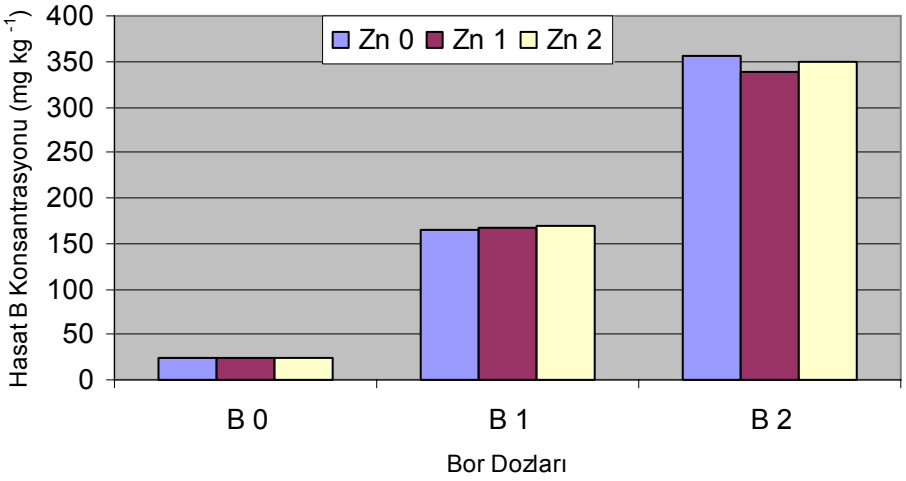
Çizelge 4.10. (Devam)

Genotipler	Bor mg kg^{-1}	Uygulamalar						Ortalama	
		Zn mg kg^{-1}							
		0		5		10			
		mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%
Şahin 90	0	31,88 ± 0,94		35,23 ± 0,69	*10,5*	20,63 ± 1,22	*-35,29*	29,25 ± *6,7*	
	5	175,46 ± 0,94	*450,38*	185,30 ± 1,29	*481,2*	204,32 ± 0,71	*540,90*	188,36 ± *12,7*	*544,0*
	10	351,01 ± 1,12	*1001,03*	398,17 ± 0,49	*1149,0*	381,01 ± 0,69	*1095,13*	376,73 ± *20,7*	*1188,0*
	Ort.	186,12		206,23	*10,8*	201,99	*8,53*	198,11	
Fasulye Sıra	0	15,60 ± 0,15		15,92 ± 0,27	*2,0*	17,22 ± 0,45	*10,37*	16,24 ± *0,8*	
	5	171,90 ± 0,63	*1001,94*	131,35 ± 0,69	*742,0*	162,49 ± 0,43	*941,60*	155,25 ± *18,4*	*855,7*
	10	364,74 ± 0,47	*2238,06*	300,85 ± 1,24	*1828,5*	341,66 ± 1,33	*2090,11*	335,75 ± *28,0*	*1966,9*
	Ort.	184,08		149,37	*-18,9*	173,79	*-5,59*	169,08	
Horoz Fasulye	0	20,81 ± 0,46		29,10 ± 0,83	*39,9*	32,60 ± 1,21	*56,69*	27,50 ± *5,3*	
	5	153,87 ± 0,58	*639,51*	170,97 ± 0,84	*721,7*	154,27 ± 0,97	*641,45*	159,70 ± *8,5*	*480,7*
	10	261,82 ± 0,40	*1158,31*	214,24 ± 0,81	*929,6*	270,45 ± 1,23	*1199,82*	248,84 ± *20,3*	*804,8*
	Ort.	145,50		138,10	*-5,1*	152,44	*4,77*	145,35	
Yalova 17	0	10,58 ± 0,12		14,42 ± 0,33	*36,3*	21,88 ± 0,99	*106,81*	15,63 ± *5,0*	
	5	198,66 ± 0,61	*1777,72*	182,34 ± 0,20	*1623,4*	225,21 ± 0,45	*2028,67*	202,07 ± *18,7*	*1193,0*
	10	500,25 ± 0,56	*4628,29*	481,41 ± 1,15	*4450,2*	254,89 ± 0,90	*2309,14*	412,18 ± *118,3*	*2537,5*
	Ort.	236,50		226,06	*-4,4*	167,33	*-29,25*	209,96	
Nazende	0	23,51 ± 0,73		26,07 ± 0,75	*10,9*	20,83 ± 0,70	*-11,41*	23,47 ± *2,4*	
	5	132,36 ± 0,63	*462,91*	126,26 ± 0,67	*437,0*	112,50 ± 0,96	*378,47*	123,71 ± *8,8*	*427,0*
	10	352,89 ± 0,71	*1400,82*	295,35 ± 0,27	*1156,1*	430,96 ± 0,62	*1732,87*	359,73 ± *59,0*	*1432,6*
	Ort.	169,59		149,23	*-12,0*	188,03	*10,88*	168,95	
Romano	0	14,40 ± 0,41		21,02 ± 1,52	*46,0*	23,13 ± 0,46	*60,60*	19,51 ± *4,0*	
	5	168,02 ± 0,70	*1066,78*	151,22 ± 0,60	*950,1*	183,01 ± 0,89	*1170,90*	167,42 ± *13,8*	*757,9*
	10	343,74 ± 0,47	*2287,10*	272,56 ± 1,33	*1792,8*	299,81 ± 0,66	*1981,99*	305,37 ± *31,1*	*1464,9*
	Ort.	175,39		148,27	*-15,5*	168,65	*-3,84*	164,10	
Sarıkız	0	11,13 ± 1,43		13,99 ± 0,48	*25,7*	14,19 ± 0,30	*27,53*	13,10 ± *1,7*	
	5	148,81 ± 1,02	*1237,35*	136,26 ± 0,93	*1124,6*	146,32 ± 1,01	*1214,97*	143,79 ± *5,8*	*997,5*
	10	314,56± 0,59	*2727,02*	325,70 ± 1,09	*2827,1*	404,80 ± 0,83	*3537,97*	348,35 ± *42,6*	*2558,8*
	Ort.	158,17		158,65	*0,3*	188,43	*19,14*	168,42	
Magnum	0	28,07 ± 0,63		26,22 ± 0,95	*-6,6*	19,51 ± 0,27	*-30,49*	24,60 ± *3,9*	
	5	132,09 ± 0,17	*370,62*	125,69 ± 0,57	*347,8*	113,27 ± 1,01	*303,58*	123,69 ± *8,3*	*402,8*
	10	199,69 ± 1,08	*611,48*	275,35 ± 1,10	*881,0*	284,66 ± 0,67	*914,23*	253,23 ± *40,4*	*929,5*
	Ort.	119,95		142.42	*18,7*	139,15	*16,01*	133,84	
Seminis Gina	0	24,50 ± 0,62		24,18 ± 1,40	*-1,3*	14,38 ± 0,80	*-41,30*	21,02 ± *5,1*	
	5	155,14 ± 0,60	*533,16*	126,61 ± 1,14	*416,7*	125,90 ± 0,32	*413,80*	135,88 ± *14,5*	*546,4*
	10	227,39 ± 2,21	*828,00*	165,91 ± 1,61	*577,1*	249,30 ± 1,00	*917,44*	214,20 ± *37,5*	*918,9*
	Ort.	135,68		105,57	*-22,2*	129,86	*-4,29*	123,70	
May Gina	0	22,33 ± 0,41		24,19 ± 0,77	*8,3*	28,80 ± 0,69	*28,98*	25,10 ± *2,9*	
	5	97,08 ± 0,86	*334,81*	106,11 ± 0,49	*375,3*	97,26 ± 0,77	*335,62*	100,15 ± *4,5*	*299,0*
	10	225,87 ± 1,03	*911,63*	203,22 ± 0,75	*810,2*	204,67 ± 0,36	*816,71*	211,25 ± *11,0*	*741,5*
	Ort.	115,09		111,17	*-3,4*	110,24	*-4,21*	112,17	
Efsane	0	34,47 ± 1,10		35,08 ± 1,09	*1,8*	33,05 ± 1,23	*-4,12*	34,20 ± *1,3*	
	5	77,89 ± 1,45	*125,98*	85,05 ± 1,26	*146,8*	78,37 ± 0,87	*127,37*	80,44 ± *3,6*	*135,2*
	10	217,26 ± 0,82	*530,35*	202,45 ± 1,06	*487,4*	168,22 ± 0,79	*388,06*	195,98 ± *21,8*	*473,1*
	Ort.	109,87		107,53	*-2,1*	93,21	*-15,16*	103,54	
Kanada	0	26,28 ± 0,76		32,94 ± 1,08	*25,3*	35,04 ± 0,92	*33,32*	31,42 ± *4,0*	
	5	121,53 ± 0,56	*362,39*	126,45 ± 1,21	*381,1*	114,99 ± 0,87	*337,50*	120,99 ± *5,0*	*285,0*
	10	207,53 ± 0,62	*689,59*	221,74 ± 0,61	*743,7*	201,56 ± 0,62	*666,87*	210,28 ± *9,0*	*569,2*
	Ort.	118,45		127,04	*7,3*	117,19	*-1,06*	120,90	
Genel Ort.	0	23,27		24,19	*3,9*	23,70	*1,83*	23,72	
	5	164,25	*605,78*	167,92	*621,6*	169,10	*626,64*	167,09	*604,4*
	10	355,87	*1429,16*	335,50	*1341,6*	349,43	*1401,50*	346,93	*1362,6*
	Ort.	181,13		175,87	*-2,9*	180,74	*-0,21*		

LSD (%1) değerleri; G: 7.509; B: 2.601; G x B: 13.01; Zn: 2.601; G x Zn: 13.01; B x Zn: 4.505; B x Zn x G: 22.53

Bor x çinko x genotip interaksiyonunun etkisi de bor konsantrasyonu üzerine istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) olup, bu amaçla hesaplanan F değeri Çizelge 4.9' da verilmiştir. Bor x çinko x genotip interaksiyonunda bor konsantrasyonu 619.7 mg kg^{-1} (Akman - 98 genotipinde B_2 x Zn_2 uygulamasında) ile 10.6 mg kg^{-1} (Yalova - 17 genotipinde B_0 x Zn_0 uygulamasında) arasında değişmiştir (Çizelge 4.10).

Hasat olgunluğuna ulaşan fasulye genotiplerinde yapılan analiz sonuçlarına göre bitkide bor konsantrasyonunun genelde çinkolu koşullara göre çinkosuz koşullarda daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Fasulye bitkisi ile ilgili gerek bor x çinko gerekse genotip x bor x çinko interaksiyonları ile ilgili çalışmalara fazla rastlanılmamıştır. Alkan (1998), benzer toprak şartları altında farklı tahıl türleri kullanarak yaptıkları sera denemesi sonucunda toprağa uyguladıkları bor ve çinko dozlarının ortalaması olarak bitkide bor konsantrasyonu değerlerinde çinkosuz koşullara göre çinkolu koşullarda kontrol uygulamasına göre %3 oranında bir azalma olduğunu, bor uygulamasından kaynaklanan verim azalmaları üzerine çinko uygulamasının fazla bir etkisinin olmadığını fakat bitkinin daha iyi büyümesini ve dolayısıyla daha fazla kuru madde oluşturmasını sağlayarak bitki dokularındaki toksik bor konsantrasyonunu bir miktar düşürdüğünü yani seyrelttiğini ifade etmişlerdir. Singh ve ark. (1990), yaptıkları çalışmada buğday bitkisinin kuru madde verimini azaltacak kadar yüksek bor uygulamaları altında ortama çinko ilavesinin buğday kuru madde veriminin artmasına, ayrıca çinkolu koşullara göre çinkosuz koşullarda yapılan bor uygulaması, bitkilerin daha fazla bor alımına dolayısıyla bor konsantrasyonlarının artışına neden olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca Graham ve ark. (1987)'ı arpada Swietlik (1995) ise portakalda çinko noksanlığı altında aşırı miktarlarda B'un biriktiğini ve bor toksisitesinin (simptomlarının) geliştiğini göstermişlerdir.



Şekil 4.18. Farklı bor ve çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin hasat dönemi bor konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) etkisi

4.4.3. Tane bor konsantrasyonu

Farklı bor ve çinko dozlarının fasulye genotiplerinin tane bor konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.11'de, elde edilen ortalama tane bor konsantrasyonu değerleri Çizelge 4.12'de, bu değerlere ait grafikler Şekil 4.19, Şekil 4.20 ve Şekil 4.21'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Tane Bor Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Sonuçları.

Uygulamalar	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genotip (A)	24	879.718	36.655	88.0438**
Bor (B)	2	813.800	406.900	977.3597**
A x B İnt.	48	390.993	8.146	19.5656**
Çinko (C)	2	2.356	1.178	2.8317
A x C İnt.	48	50.458	1.051	2.5250
B x C İnt.	4	8.418	2.104	5.0548**
A x B x C İnt.	96	101.694	1.059	2.5444**
Hata	450	187.347	0.416	
Toplam	674	2435.184		
C.V. (%)	**4.31**			

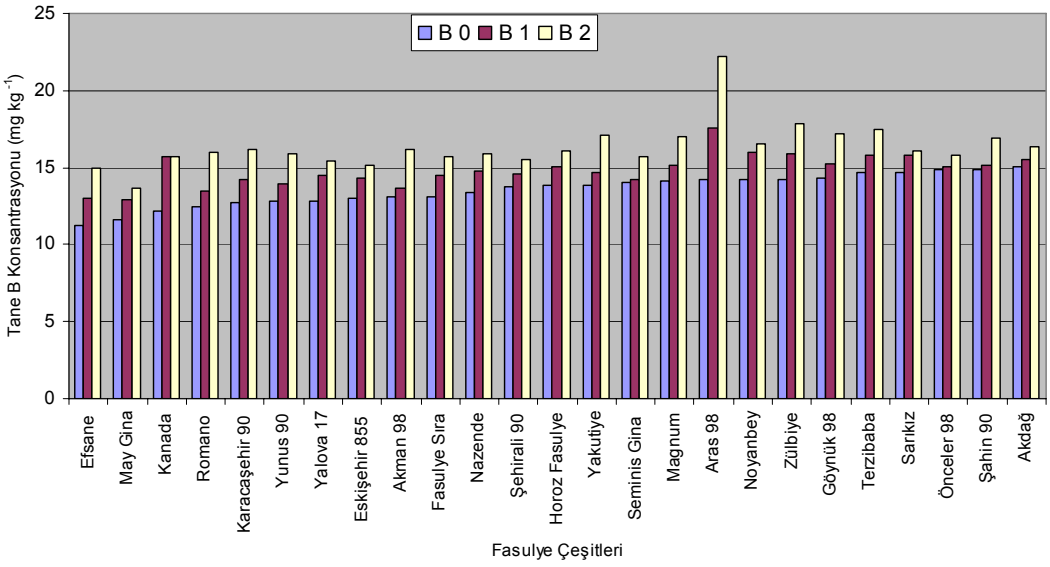
**İşareti, işlemler arasındaki farkın %1, * işareti ise işlemler arasındaki farkın %5 seviyesinde önemli olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.11'in incelenmesinden de görüleceği gibi tane bor konsantrasyonu bakımından genotipler arasındaki fark %1 seviyesinde istatistiki olarak önemli olup, bu amaçla hesaplanan F değeri ise 88.0'dır. Bor ve çinko dozlarının ortalaması olarak en yüksek tane bor konsantrasyonu 19.2 mg kg^{-1} ile Aras-98 genotipinden elde edilmiştir. Bunu azalan sıra ile Terzibaba (16.0 mg kg^{-1}), Önceler - 98 (15.8 mg kg^{-1}), Noyanbey (15.6 mg kg^{-1}), Zülbiye (15.6 mg kg^{-1}), Sarıkız (15.5 mg kg^{-1}), Yakutiye (15.4 mg kg^{-1}), Akdağ (15.4 mg kg^{-1}), Şahin - 90 (15.3 mg kg^{-1}), Göynük-98 (115.3 mg kg^{-1}) takip etmiştir. Diğer genotiplerin tane bor içerikleri ise 15.2 mg kg^{-1} – 13.4 mg kg^{-1} arasında değişmiş, genotipler içerisinde en düşük tane bor konsantrasyonu (12.7 mg kg^{-1}) May Gina genotipinden elde edilmiştir. Bor ve çinko dozlarının ortalaması olarak en yüksek bor konsantrasyonunun elde edildiği Aras–98 genotipi (19.2 mg kg^{-1}) ile en düşük bor konsantrasyonunun elde edildiği May Gina genotipi (12.7 mg kg^{-1}) arasında tane bor konsantrasyonları bakımından %51.7 oranında bir fark (6.5 mg kg^{-1}) olduğu görülmektedir. Yapılan LSD testine göre Aras - 98 genotipi birinci grupta, Terzibaba, Önceler – 98, Noyanbey, Zülbiye genotipleri ikinci grupta, Akdağ, Yakutiye, Şahin-90, Sarıkız genotipleri üçüncü grupta yer alırken May Gina genotipi son grupta yer almıştır (Çizelge 4.12).

Uygulanan bor dozlarının fasulye genotiplerinin tane bor konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) olup bu amaçla hesaplanan F değeri Çizelge 4.11' de verilmiştir. Genotiplerin ve çinko dozlarının ortalaması olarak en yüksek tane bor konsantrasyonu 16.4 mg kg^{-1} ile B_2 dozu uygulamasından elde edilmiş, bunu azalan sıra ile B_1 (14.8 mg kg^{-1}) ve B_0 (13.7 mg kg^{-1}) uygulamaları takip etmiştir. Yapılan LSD testine göre B_2 uygulaması birinci grupta, B_1 uygulaması ikinci grupta ve B_0 uygulaması son grupta yer almıştır (Çizelge 4.12).

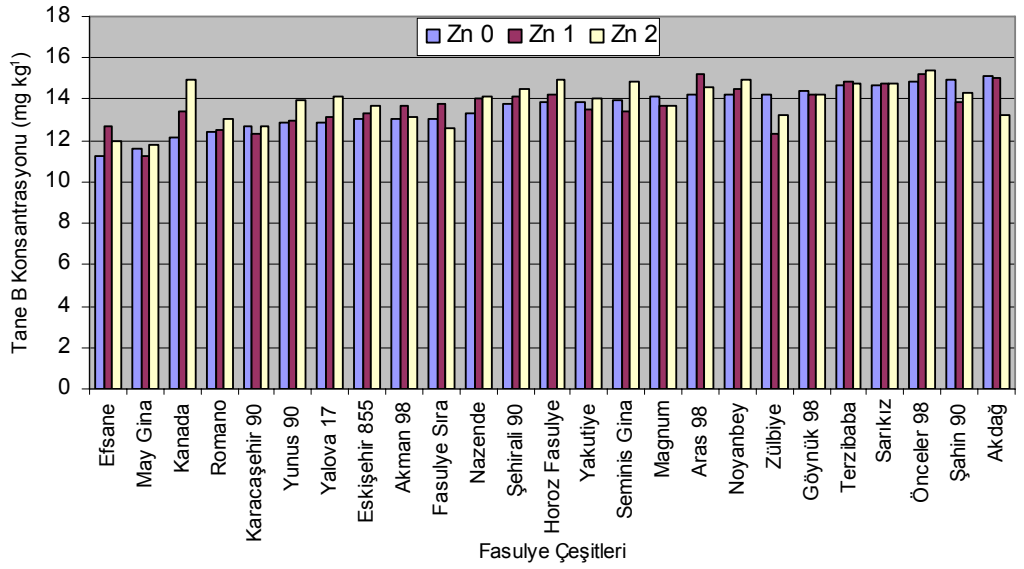
Bor x genotip interaksiyonu istatistiki bakımdan %1 ihtimal sınırında önemlidir (Çizelge 4.11). Bu durum uygulanan bor dozlarının tane bor konsantrasyonu üzerine etkisinin bodur fasulye genotiplerine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Nitekim çinko uygulanmayan (Zn_0) muamelelerinin incelenmesiyle görülebileceği gibi tane bor konsantrasyonlarının B_0 dozunda ortalama 13.6 mg kg^{-1} olup, 11.2 mg kg^{-1} (Efsane) ile 15.1 mg kg^{-1} (Akdağ), B_1 dozunda ortalama 14.8 mg kg^{-1} olup, 12.9 mg kg^{-1} (May Gina) ile 17.5 mg kg^{-1} (Aras-98) ve B_2 dozunda ortalama 16.4 mg kg^{-1} olup, 13.6 mg kg^{-1} (May Gina) ile 22.2 mg kg^{-1} (Aras-98)

arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.12, Şekil 4.19). Araştırma sonucunda fasulye genotiplerine uygulanan bor dozunda ki artışa bağlı olarak tane bor konsantrasyonu değerlerinde az da olsa artış olurken bu artışların genotipler arasında farklılıklar gösterdiğini ortaya koymuştur. En yüksek bor konsantrasyonunun elde edildiği Aras 98 genotipinde B_0 (kontrol) uygulamasına göre B_2 uygulamasıyla tane bor konsantrasyonu %71.9 oranında artarken en düşük tane bor konsantrasyonunun elde edildiği May Gina genotipinde bu artış %20.9 oranında olmuştur (Çizelge 4.12, Şekil 4.19). Tane bor konsantrasyonu değerleri ile fasulye genotiplerinin biyolojik verim değerleri (-0.279^{**}), kuru madde miktarları (-0.263^{**}) ve tane verimi (-0.049) değerleri ile ilişkilendirilmesi sonucunda negatif önemli ilişkiler bulunması elde ettiğimiz sonuçları desteklemektedir. Benzer çalışmalarda Ceyhan ve ark. (2006) fasulyede bor uygulamasının tane verimi ile B konsantrasyonları arasında negatif ilişkiler belirlemişlerdir. Fasulye dışında diğer bitki türleri kullanılarak yapılan bor çalışmalarında Ross ve ark. (2006) soya fasulyesi üzerine yapmış oldukları tarla denemesinde 5 bor dozunu (0, 0.28, 0.56, 1.12, 2.24 kg ha^{-1}) iki farklı zamanda 3 farklı bölgede uygulamışlar. Uygulama sonucunda artan bor dozlarıyla birlikte bitki tane bor konsantrasyonlarının da arttığını ve buna uygulama zamanı ve yerin etkisinin olmadığını belirlemişlerdir. Günlü (2004), 4 haşhaş çeşidi kullanarak yaptığı tarla denemesinde 5 bor dozu (0.1; 0.3; 0.9; ve 3.6 kg B da^{-1}) uygulamış, en yüksek tohum bor konsantrasyonunu 3.6 kg B da^{-1} uygulamasından elde etmiştir. Benzer şekilde Bell ve Frost (2002) kolza üzerinde yaptıkları araştırmada da tohumda bor konsantrasyonu üzerine bor uygulamalarının etkisinin önemli olduğu belirlenmiş ve kolzada bor uygulamasıyla birlikte tohumda bor konsantrasyonunun 13.0 mg kg^{-1}'dan 17.1 mg kg^{-1}'a çıktığını, bor uygulanmayan bitkilerde ise tohumda bor konsantrasyonunun 7.0 – 13.8 mg kg^{-1} arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Güneş ve ark. (2003). Bor noksanlığı olan bir toprakta yetiştirilen ekmeklik *(Triticum aestivum* L, cv. Bezostaja) ve makarnalık *(Triticum durum* L. cv. Kızıltan) buğdayın verim ve bazı verim komponentlerine borlu gübrelemenin etkisini belirlemek için bir sera ve bir yıllık tarla denemelerinde, B'u sera denemesinde 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 ve 2.5 mg B $kg\cdot^{-1}$ dozlarında, tarla denemesinde ise 0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 ve 5.0 kg B ha^{-1} dozlarında uygulamışlar ve her iki çeşitte de gövde ve tanenin B konsantrasyonlarının borlu gübrelemeye bağlı olarak arttığını belirlemişlerdir.



Şekil 4.19. Çinko uygulanmayan muamelelerde bor dozlarının bodur fasulye genotiplerinin tane bor konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) etkisi

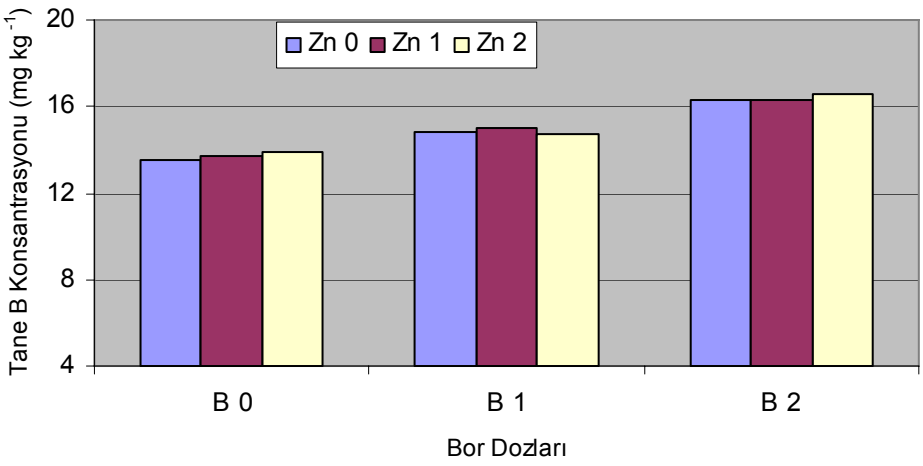
Araştırmamızda çinko dozlarının tane bor konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.11). Nitekim genotiplerin ve bor dozlarının ortalaması olarak tane bor konsantrasyonu Zn_0 dozunda 14.9 mg kg^{-1}, Zn_1 dozunda 15.0 mg kg^{-1} ve Zn_2 dozunda 15.1 mg kg^{-1} olup aralarında önemli bir farklılık yoktur (Çizelge 4.12, Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Bor uygulanmayan muamelelerde çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin tane bor konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) etkisi

Bor x çinko interaksiyonunun tane bor konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) olup bu amaçla hesaplanan F değeri Çizelge 4.11'de verilmiştir. Bu durum tane bor konsantrasyonunun uygulanan bor ve çinko dozlarına bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Nitekim en yüksek tane bor konsantrasyonu 16.6 mg kg^{-1} ile B_2 x Zn_2 uygulamasından elde edilirken en düşük tane bor konsantrasyonu 13.6 mg kg^{-1} ile B_0 x Zn_0 (kontrol) muamelelerden elde edilmiştir (Çizelge 4.12, Şekil 4.21). Bor x çinko interaksiyonu sonucunda en yüksek tane bor konsantrasyonunun elde edildiği B_2 x Zn_2 uygulamasında kontrole (B_0 x Zn_0) göre %22.1 oranında bir artış belirlenmiştir (Çizelge 4.12). Yapılan LSD testine göre B_2 x Zn_0 ve B_2 x Zn_2 uygulamaları birinci grupta, B_2 x Zn_1 uygulaması ikinci grupta, B_1 x Zn_0, B_1 x Zn_1 ve B_1 x Zn_2 uygulamaları üçüncü grupta, B_0 x Zn_1 ve B_0 x Zn_2 uygulamaları dördüncü grupta ve B_0 x Zn_0 uygulaması son grupta yer almıştır (Çizelge 4.12).

Bor x çinko x Genotip interaksiyonunun etkisi de tane bor konsantrasyonu üzerine istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) olup (Çizelge 4.11), bu durum tane bor konsantrasyonu üzerine uygulanan bor ve çinko dozlarının etkisinin fasulye genotiplerine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Nitekim bor x çinko x genotip interaksiyonunda tane bor konsantrasyonu 27.7 mg kg^{-1} (Aras - 98 x B_2 x Zn_2) ile 11.2 mg kg^{-1} (Efsane x B_0 x Zn_0) arasında değişmiştir (Çizelge 4.12).



Şekil 4.21. Farklı bor ve çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin tane bor konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) etkisi

Çizelge 4.12. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Tane Bor Konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) Etkileri

Genotipler	Bor mg kg^{-1}	Uygulamalar							
		Zn mg kg^{-1}						Ortalama	
		0		5		10			
		mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%
Eskişehir 855	0	13,1 ± 0,1		13,3 ± 0,3	*1,8*	13,6 ± 0,8	*4,5*	13,3 ± *0,5*	
	5	14,4 ± 0,1	*10,0*	14,6 ± 0,2	*12,2*	13,9 ± 0,8	*6,3*	14,3 ± *0,5*	*7,3*
	10	15,1 ± 0,9	*15,7*	15,0 ± 0,8	*14,5*	14,4 ± 0,3	*10,1*	14,8 ± *0,7*	*11,1*
	Ort.	14,2		14,3	*0,9*	14,0	*-1,5*	14,1	
Şehirali 90	0	13,7 ± 0,3		14,1 ± 0,3	*2,9*	14,5 ± 0,7	*5,5*	14,1 ± *0,5*	
	5	14,6 ± 0,4	*6,2*	14,9 ± 0,5	*8,5*	14,9 ± 0,2	*8,8*	14,8 ± *0,4*	*4,9*
	10	15,5 ± 0,2	*12,8*	15,1 ± 0,1	*10,2*	15,5 ± 0,4	*12,6*	15,4 ± *0,3*	*8,9*
	Ort.	14,6		14,7	*0,8*	15,0	*2,5*	14,8	
Yunus 90	0	12,8 ± 0,6		12,9 ± 0,2	*0,6*	13,9 ± 0,9	*8,6*	13,2 ± *0,8*	
	5	13,9 ± 0,5	*8,4*	14,2 ± 0,5	*10,2*	14,0 ± 0,2	*9,0*	14,0 ± *0,4*	*5,9*
	10	15,9 ± 0,3	*24,0*	16,0 ± 0,2	*24,9*	16,5 ± 0,4	*28,1*	16,1 ± *0,4*	*21,9*
	Ort.	14,2		14,4	*1,0*	14,8	*4,0*	14,5	
Akman 98	0	13,1 ± 0,3		13,7 ± 0,1	*4,8*	13,1 ± 0,4	*0,5*	13,3 ± *0,4*	
	5	13,7 ± 0,4	*4,6*	14,0 ± 0,5	*7,5*	14,9 ± 0,6	*14,1*	14,2 ± *0,7*	*6,9*
	10	16,2 ± 0,4	*24,0*	16,5 ± 0,2	*26,0*	16,7 ± 0,3	*27,7*	16,4 ± *0,3*	*23,7*
	Ort.	14,3		14,7	*2,9*	14,9	*4,1*	14,6	
Önceler 98	0	14,9 ± 0,3		15,2 ± 0,8	*2,2*	15,4 ± 0,6	*3,5*	15,2 ± *0,6*	
	5	15,1 ± 0,6	*1,1*	15,9 ± 0,7	*7,1*	16,3 ± 0,7	*9,2*	15,7 ± *0,8*	*3,8*
	10	15,8 ± 0,8	*6,2*	16,4 ± 0,3	*10,0*	16,8 ± 0,2	*13,0*	16,3 ± *0,6*	*7,7*
	Ort.	15,2		15,8	*3,9*	16,2	*6,0*	15,8	
Göynük 98	0	14,4 ± 0,6		14,3 ± 0,3	*-0,7*	14,2 ± 0,7	*-1,2*	14,3 ± *0,5*	
	5	15,2 ± 1,3	*6,1*	15,5 ± 0,5	*7,8*	15,5 ± 0,5	*8,0*	15,4 ± *0,7*	*8,0*
	10	17,2 ± 0,4	*19,7*	16,2 ± 0,3	*12,6*	15,2 ± 0,5	*5,8*	16,2 ± *0,9*	*13,4*
	Ort.	15,6		15,3	*-1,8*	15,0	*-4,0*	15,3	
Karacaşehir 90	0	12,7 ± 0,3		12,3 ± 0,1	*-2,9*	12,7 ± 0,2	*0,3*	12,6 ± *0,3*	
	5	14,2 ± 0,1	*12,0*	14,4 ± 0,3	*13,3*	14,5 ± 0,3	*14,2*	14,4 ± *0,3*	*14,2*
	10	16,2 ± 0,2	*27,5*	15,8 ± 0,9	*24,9*	16,1 ± 0,1	*27,1*	16,0 ± *0,5*	*27,6*
	Ort.	14,4		14,2	*-1,2*	14,5	*0,7*	14,3	
Zülbiye	0	14,2 ± 0,3		12,3 ± 0,2	*-13,7*	13,3 ± 0,8	*-6,8*	13,3 ± *1,0*	
	5	15,9 ± 0,4	*11,8*	16,9 ± 0,1	*18,8*	14,8 ± 0,2	*4,0*	15,9 ± *0,9*	*19,7*
	10	17,9 ± 0,3	*25,5*	17,5 ± 0,3	*22,8*	17,4 ± 0,3	*22,2*	17,5 ± *0,3*	*32,1*
	Ort.	15,9		15,6	*-2,4*	15,1	*-5,0*	15,5	
Akdağ	0	15,1 ± 0,5		15,0 ± 0,8	*-0,3*	13,3 ± 0,2	*-12,1*	14,5 ± *1,0*	
	5	15,5 ± 0,4	*3,1*	15,3 ± 0,2	*1,7*	14,3 ± 0,5	*-5,5*	15,0 ± *0,7*	*4,0*
	10	16,3 ± 0,4	*8,2*	16,0 ± 0,7	*6,2*	17,3 ± 0,5	*14,7*	16,5 ± *0,8*	*14,4*
	Ort.	15,6		15,5	*-1,2*	14,9	*-4,6*	15,3	
Noyanbey	0	14,2 ± 0,8		14,5 ± 0,5	*1,9*	14,9 ± 0,7	*5,1*	14,6 ± *0,7*	
	5	16,0 ± 0,5	*12,5*	15,6 ± 0,7	*9,8*	14,5 ± 0,5	*2,1*	15,4 ± *0,8*	*5,7*
	10	16,6 ± 0,4	*16,4*	16,8 ± 0,3	*17,9*	17,3 ± 0,6	*21,6*	16,9 ± *0,5*	*15,9*
	Ort.	15,6		15,6	*0,2*	15,6	*-0,1*	15,6	
Aras 98	0	14,2 ± 0,2		15,2 ± 0,8	*7,2*	14,6 ± 0,6	*2,9*	14,7 ± *0,7*	
	5	17,5 ± 0,3	*23,5*	17,7 ± 0,3	*24,6*	17,9 ± 0,2	*26,4*	17,7 ± *0,3*	*20,8*
	10	22,2 ± 0,3	*56,7*	25,7 ± 0,2	*80,9*	27,7 ± 0,2	*95,2*	25,2 ± *2,4*	*71,9*
	Ort.	18,0		19,5	*8,6*	20,1	*11,7*	19,2	
Terzibaba	0	14,7 ± 0,4		14,9 ± 0,3	*1,5*	14,7 ± 0,6	*0,5*	14,8 ± *0,4*	
	5	15,8 ± 0,7	*8,0*	16,0 ± 1,0	*8,9*	15,6 ± 0,5	*6,7*	15,8 ± *0,7*	*7,2*
	10	17,5 ± 0,7	*19,1*	17,1 ± 0,3	*16,7*	17,3 ± 1,0	*17,7*	17,3 ± *0,7*	*17,1*
	Ort.	16,0		16,0	*0,0*	15,9	*-0,7*	16,0	
Yakutiye	0	13,9 ± 0,1		13,5 ± 1,1	*-2,7*	14,0 ± 0,7	*1,0*	13,8 ± *0,7*	
	5	14,7 ± 0,4	*6,0*	15,8 ± 0,7	*13,6*	15,9 ± 0,3	*14,8*	15,5 ± *0,7*	*12,1*
	10	17,1 ± 0,8	*23,2*	16,4 ± 0,5	*18,4*	16,9 ± 0,5	*21,5*	16,8 ± *0,6*	*21,8*
	Ort.	15,2		15,2	*0,0*	15,6	*2,5*	15,4	

Çizelge 4.12 (Devam)

Genotipler	Uygulamalar							
	Bor mg kg^{-1}	Zn mg kg^{-1}					Ortalama	
		0		5		10		
		mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%
Şahin 90	0	14,9 ± 0,7		13,9 ± 0,6	-6,7	14,3 ± 0,9	-4,0	14,4 ± 0,8	
	5	15,1 ± 1,0	1,6	14,9 ± 0,8	0,3	15,3 ± 0,4	2,4	15,1 ± 0,7	5,2
	10	16,9 ± 1,3	13,6	16,3 ± 0,8	9,2	16,3 ± 0,5	9,7	16,5 ± 0,9	14,9
	Ort.	15,7		15,0	-3,9	15,3	-2,3	15,3	
Fasulye Sıra	0	13,1 ± 0,5		13,8 ± 0,6	5,5	12,6 ± 0,2	-3,3	13,2 ± 0,7	
	5	14,5 ± 0,6	11,1	14,6 ± 0,8	12,0	14,2 ± 0,5	8,7	14,5 ± 0,6	9,8
	10	15,7 ± 0,3	20,3	15,8 ± 0,8	20,8	16,5 ± 1,4	26,6	16,0 ± 0,9	21,7
	Ort.	14,4		14,7	2,1	14,5	0,1	14,5	
Horoz Fasulye	0	13,9 ± 0,9		14,2 ± 0,2	2,5	15,0 ± 0,5	7,9	14,4 ± 0,7	
	5	15,0 ± 0,9	8,3	14,6 ± 0,5	5,2	14,4 ± 0,6	3,8	14,7 ± 0,7	2,2
	10	16,1 ± 0,8	16,0	16,3 ± 0,2	17,7	16,0 ± 0,7	15,7	16,2 ± 0,6	12,5
	Ort.	15,0		15,0	0,4	15,1	1,0	15,1	
Yalova 17	0	12,8 ± 0,8		13,2 ± 1,1	2,4	14,1 ± 0,7	10,0	13,4 ± 1,0	
	5	14,5 ± 0,8	12,8	14,9 ± 0,3	15,9	14,7 ± 1,1	14,3	14,8 ± 0,7	11,0
	10	15,4 ± 0,4	20,2	15,2 ± 1,1	18,0	14,7 ± 0,2	14,3	15,1 ± 0,7	12,8
	Ort.	14,4		14,4	-0,1	14,5	0,6	14,4	
Nazende	0	13,4 ± 1,0		14,0 ± 0,8	5,0	14,1 ± 0,7	5,8	13,8 ± 0,8	
	5	14,8 ± 0,7	10,5	15,0 ± 1,0	12,0	14,8 ± 1,0	11,2	14,9 ± 0,8	7,3
	10	15,9 ± 1,0	19,1	15,7 ± 0,6	17,9	14,9 ± 1,3	11,9	15,5 ± 1,0	12,2
	Ort.	14,7		14,9	1,6	14,6	-0,2	14,7	
Romano	0	12,4 ± 0,4		12,5 ± 0,1	0,7	13,0 ± 0,7	5,0	12,7 ± 0,5	
	5	13,5 ± 0,3	8,6	13,7 ± 0,2	10,4	13,7 ± 0,3	10,7	13,6 ± 0,3	7,8
	10	16,0 ± 0,8	28,9	14,5 ± 0,2	16,6	14,4 ± 1,3	16,2	15,0 ± 1,1	18,3
	Ort.	14,0		13,6	-2,9	13,7	-1,6	13,8	
Sarıkız	0	14,7 ± 0,6		14,7 ± 0,9	0,1	14,8 ± 0,6	0,7	14,7 ± 0,6	
	5	15,8 ± 1,1	7,2	15,2 ± 0,8	3,2	14,6 ± 0,5	-0,5	15,2 ± 0,9	3,0
	10	16,1 ± 0,3	9,3	16,2 ± 1,5	10,2	17,2 ± 0,1	17,1	16,5 ± 0,9	11,9
	Ort.	15,5		15,4	-1,0	15,5	0,2	15,5	
Magnum	0	14,1 ± 0,2		13,7 ± 0,7	-3,2	13,7 ± 1,0	-3,3	13,8 ± 0,7	
	5	15,1 ± 0,9	7,2	15,4 ± 1,3	9,4	14,7 ± 1,0	3,8	15,1 ± 1,0	9,2
	10	17,1 ± 0,9	20,8	16,1 ± 0,2	13,7	16,5 ± 0,5	17,1	16,5 ± 0,7	19,8
	Ort.	15,4		15,1	-2,4	14,9	-3,1	15,1	
Seminis Gina	0	14,0 ± 0,6		13,4 ± 0,2	-4,1	14,9 ± 1,8	6,2	14,1 ± 1,1	
	5	14,2 ± 0,6	1,4	14,6 ± 0,5	4,0	14,5 ± 0,4	3,6	14,4 ± 0,5	2,3
	10	15,7 ± 1,2	12,1	15,2 ± 0,6	8,9	16,0 ± 0,7	14,1	15,6 ± 0,8	10,9
	Ort.	14,6		14,4	-1,5	15,1	3,3	14,7	
May Gina	0	11,6 ± 0,5		11,3 ± 0,3	-2,9	11,8 ± 0,5	1,4	11,6 ± 0,4	
	5	12,9 ± 0,8	11,0	12,6 ± 1,8	8,4	11,7 ± 0,4	0,6	12,4 ± 1,2	7,3
	10	13,6 ± 0,9	17,1	13,3 ± 0,7	14,0	15,1 ± 0,7	29,8	14,0 ± 1,1	20,9
	Ort.	12,7		12,4	-2,6	12,9	1,1	12,7	
Efsane	0	11,2 ± 0,1		12,7 ± 1,5	13,0	12,0 ± 0,6	6,6	11,9 ± 1,0	
	5	13,0 ± 0,6	16,2	13,3 ± 0,6	18,3	13,3 ± 0,3	18,6	13,2 ± 0,4	10,5
	10	15,0 ± 0,3	33,7	14,7 ± 0,6	31,0	15,0 ± 0,7	33,8	14,9 ± 0,5	24,7
	Ort.	13,1		13,5	3,5	13,4	2,6	13,3	
Kanada	0	12,2 ± 0,1		13,4 ± 0,5	10,4	15,0 ± 0,3	23,2	13,5 ± 1,3	
	5	15,7 ± 0,3	28,9	14,5 ± 0,5	19,5	15,0 ± 0,5	23,4	15,1 ± 0,6	11,5
	10	15,7 ± 1,2	29,4	16,7 ± 0,7	37,5	17,0 ± 0,1	39,9	16,5 ± 0,9	22,0
	Ort.	14,5		14,9	2,5	15,7	7,8	15,0	
Genel Ort.	0	13,6		13,7	0,8	13,9	2,5	13,7	
	5	14,8	9,4	15,0	10,3	14,7	8,5	14,8	8,2
	10	16,3	20,4	16,3	19,8	16,6	22,3	16,4	19,5
	Ort.	14,9		15,0	0,3	15,1	1,0		

LSD (%1) değerleri; G: 0.4541; B: 0.1573; G x B: 0.7865; Zn: 0.1573; G x Zn: 0.7865; B x Zn: 0.2725; B x Zn x G: 1.362

4.5. Bitki Çinko Konsantrasyonu

4.5.1. Çiçeklenme dönemi bitki çinko konsantrasyonu

Farklı bor ve çinko dozlarının fasulye genotiplerinin çiçeklenme dönemi çinko konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.13'te elde edilen ortalama çinko konsantrasyonu değerleri Çizelge 4.14'te, bu değerlere ait grafikler Şekil 4.22, Şekil 4.23 ve Şekil 4.24'te verilmiştir.

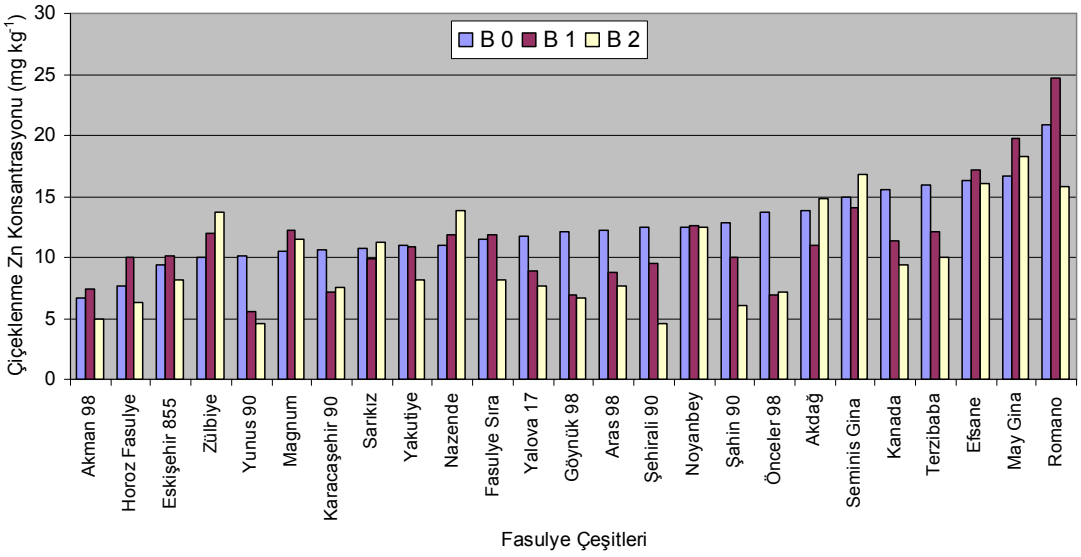
Çizelge 4.13. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Çiçeklenme Dönemi Çinko Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Sonuçları

Uygulamalar	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genotip (A)	24	102131.960	4255.498	266.9154**
Bor (B)	2	5426.166	2713.083	170.1713**
A x B İnt.	48	8113.988	169.041	10.6027**
Çinko (C)	2	471164.903	235582.452	14776.3131**
A x C İnt.	48	77228.808	1608.934	100.9163**
B x C İnt.	4	1706.018	426.504	26.7514**
A x B x C İnt.	96	6374.738	66.404	4.1650**
Hata	450	7174.462	15.943	
Toplam	674	679321.043		
C.V. (%)	**9.49**			

**İşareti, işlemler arasındaki farkın %1, * işareti ise işlemler arasındaki farkın %5 seviyesinde önemli olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.13'ün incelenmesinden de görüleceği gibi, çinko konsantrasyonu bakımından genotipler arasındaki fark %1 seviyesinde istatistiki olarak önemli olup, bu amaçla hesaplanan F değeri ise 266.9'dur. Bor ve çinko dozlarının ortalaması olarak en yüksek çinko konsantrasyonu 64.4 mg kg^{-1} ile Romano genotipinden elde edilmiştir. Bunu azalan sıra ile Akdağ (62.5 mg kg^{-1}), Magnum (58.3 mg kg^{-1}), Önceler - 98 (58.0 mg kg^{-1}), Aras - 98 (56.3 mg kg^{-1}), Göynük - 98 (51.9 mg kg^{-1}), Efsane (51.4 mg kg^{-1}), Yunus - 90 (48.3 mg kg^{-1}), Şehirali - 90 (47.4 mg kg^{-1}), Yalova - 17 (47.4 mg kg^{-1}) May Gina (45.3 mg kg^{-1}) genotipleri takip etmiştir. Diğer genotiplerin çinko konsantrasyonları ise 44.7 mg kg^{-1} ile 23.1 mg kg^{-1} arasında değişim göstermiştir. En düşük çinko konsantrasyonu değeri ise 19.8 mg kg^{-1} ile Yakutiye genotipinden elde edilmiştir (Çizelge 4.14). Bor ve çinko dozlarının ortalaması olarak en yüksek çinko konsantrasyonunun alındığı Romano genotipi (64.4 mg kg^{-1}) ile en düşük çinko konsantrasyonunun alındığı Yakutiye genotipi (19.8 mg kg^{-1}) arasında bünyelerindeki çinko konsantrasyonu bakımından %224.6 oranında bir fark (44.6 mg kg^{-1}) bulunduğu görülmektedir. Bu durum çok geniş bir

genotipik varyasyonun olduğunu göstermektedir. Yapılan LSD testine göre Romano ve Akdağ genotipleri birinci grupta, Önceler – 98, Aras – 98 ve Magnum genotipleri ikinci grupta, Göynük – 98 ve Efsane genotipleri üçüncü grupta, Yunus - 90 genotipi dördüncü grupta yer alırken, Yakutiye genotipi son grupta yer almıştır (Çizelge 4.14). Daha öncede ifade edildiği gibi fasulye bitkisi üzerine mikro element etkisini araştıran araştırıcılarda (Welch, 2002; Welch ve Graham, 2002) fasulye çeşitlerinin çinkoya tepkileri yönünden geniş bir genetik varyasyon gösterdiğini bildirmişlerdir. Yine Hacısalihoğlu ve ark. (2004), 35 çeşit fasulyede Zn üzerine yaptıkları sera çalışmasında fasulye bitkisinin çinkoya tepkisinin çeşitlere göre önemli değişiklik gösterdiğini belirleyerek sonuçlarımızla benzer bulgular ortaya koymuşlardır. Nitekim bizim araştırmamızda da önceki çalışmalarla benzerlik gösteren önemli varyasyonlar tespit edilmiştir.



Şekil 4.22. Çinko uygulanmayan muamelelerde bor dozlarının bodur fasulye genotiplerinin çiçeklenme dönemi çinko konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) etkisi

Uygulanan bor dozlarının fasulye genotiplerinin çinko konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Bu amaçla hesaplanan F değeri 170.17 olup %1 ihtimal sınırına göre istatistiki olarak önemlidir (Çizelge 4.13). Genotiplerin ve çinko dozlarının ortalaması olarak en yüksek çinko konsantrasyonu 44.4 mg kg^{-1} ile B_0 (kontrol) dozu uygulamasından elde edilmiş, bunu azalan sıra ile

B_1 (43.8 mg kg^{-1}) ve B_2 (38.1 mg kg^{-1}) uygulamaları takip etmiştir. Denemede B_0 (kontrol) uygulamasına göre B_2 dozu kıyaslandığında kontrole göre B_2 dozu uygulamasıyla fasulye genotiplerinin çinko konsantrasyonlarında %14.2 oranında bir azalış belirlenmiştir (Çizelge 4.14). Yapılan LSD testine göre B_0 (kontrol) ve B_1 uygulamaları birinci grupta yer alırken, B_2 uygulaması diğer grupta yer almıştır (Çizelge 4.14).

Bor x genotip interaksiyonu istatistiki bakımdan %1 ihtimal sınırında önemli bulunmuştur (Çizelge 4.13). Bor x genotip interaksiyonunda en yüksek çinko konsantrasyonu 73.14 mg kg^{-1} ile B_1 dozu uygulamasında Romano genotipinden elde edilirken en düşük çinko konsantrasyonu 16.96 mg kg^{-1} ile B_2 dozu uygulamasında Yakutiye genotipinden elde edilmiştir (Çizelge 4.14). Denemede elde edilen sonuçlara göre; Yunus–90, Karacaşehir–90, Aras–98, Terzibaba, Yalova–17, Şehirali 90, Şahin 90, Yakutiye, Önceler 98 ve Kanada genotiplerinde bor uygulamasıyla bitkilerin çinko konsantrasyonlarında azalma olurken, Akman 98, Horoz Fasulye, Eskişehir – 855, Magnum, Fasulye Sıra, Efsane, May Gina ve Romano genotiplerinde kontrole (B_0) göre 5 mg kg^{-1} (B_1) uygulamasıyla çinko konsantrasyonu olumlu yönde artmıştır. Zülbiye, Nazende, Akdağ ve Seminis Gina genotiplerinde kontrole göre B_2 uygulamasında çinko konsantrasyonunda artış olduğu belirlenmiştir. Kullanılan genotipler içerisinde bor uygulaması sonucunda bor dozundaki artışa bağlı olarak Terzibaba genotipinde kontrol (B_0) ile B_2 dozu arasında bitki çinko konsantrasyonunda %36.2 oranında bir azalma belirlenirken, Nazende genotipinde B_1 dozu uygulamasıyla bitki çinko konsantrasyonunda %21.7 oranında bir artış belirlenmiştir (Çizelge 4.14, Şekil 4.22).

Bor uygulaması sonucu bitkilerin çinko konsantrasyonlarında meydana gelen değişmeler bitkilerin kuru madde veriminde meydan gelen değişmelerle ilgili olmaktadır. Çünkü bor ilave ederek kuru madde veriminde meydana gelen azalmalar topraktan alınan toplam çinko miktarının azalmasına, bununla birlikte bitkinin bor toksisitesi nedeniyle fazla büyüyememesi ile dokularda çinko konsantrasyonunun düşmesine neden olduğu düşünülmektedir. Bor toksisitesinin bitkilerde boy uzaması ve yeşil aksam gelişmesini durdurduğu (Paull ve ark., 1990), büyümeyi geciktirdiği (Paull ve ark., 1988) ve kök gelişmesini yavaşlattığı (Huang ve Graham, 1990) bildirilmiştir. Yine B'un biyomembranların yapısal ve fonksiyonel özellikleri üzerine

etkisinin önemli olduğu (Marschner 1995; Çakmak ve Römheld 1997), yeteri kadar B içermeyen bitkilerde fenolik bileşiklerin fazla miktarda biriktiğini (Çakmak ve Römheld 1997) bu olgunun biyolojik membranlardan iyonların içeri alınmasını ya da dışarı verilmesini etkilediğini bildirmişlerdir. Çiçeklenme döneminde bitkiden elde edilen çinko konsantrasyonunun genelde bor uygulamasının yapıldığı koşullara göre bor uygulanmayan koşullarda daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Benzer toprak şartları altında farklı bitki türleri kullanılarak yapılan çalışmalarda Güneş ve ark. (2000) domates bitkisine dört bor dozu (0, 5, ve 20 mg B kg^{-1}) ve üç çinko dozu (0, 10 ve 20 mg Zn kg^{-1}) uyguladıkları sera çalışmasında bitkiye uyguladıkları bor ve çinkonun bitkinin Zn konsantrasyonunun bor uygulamasında çok fazla etkilenmediğini ancak borun bitki gelişimi üzerine olan sınırlayıcı etkisinin çinko uygulamasıyla azaldığını belirlemişlerdir. Daha önce de ifade edildiği gibi tüm çinko dozlarında ortalama kuru madde verimi çinkosuz koşullara göre daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.4). Singh ve ark. (1990), yaptıkları çalışmada buğdayın kuru madde verimini azaltacak kadar yüksek bor uygulamaları altında ortama çinko ilavesinin buğday kuru madde veriminin artmasına, ayrıca çinkolu koşullara göre çinkosuz koşullarda yapılan bor uygulaması, bitkilerin daha fazla bor alımına dolayısıyla bor konsantrasyonlarının artışına neden olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca Graham ve ark. (1987)'ı arpa , Swietlik (1995) ise portakalda çinko noksanlığı altında aşırı miktarlarda B'un biriktiğini ve bor toksisitesinin (simptomlarının) ortaya çıktığını bildirmişlerdir.

Çinko dozlarının bitki çinko konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiki olarak ($p<0.01$) önemli olup, bu amaçla hesaplanan F değeri çizelge 4.13' te verilmiştir. Genotiplerin ve bor dozlarının ortalaması olarak en yüksek çinko konsantrasyonu 75.8 mg kg^{-1} ile Zn_2 dozu uygulanan bitkilerden elde edilirken, bunu azalan sıra ile Zn_1 dozu (39.2 mg kg^{-1}) ve Zn_0 (kontrol) dozu (11.3 mg kg^{-1}) takip etmiştir (Çizelge 4.14). Genotiplerin çinko dozları ortalamaları dikkate alındığında kontrole göre Zn_1 dozu uygulamasıyla çinko konsantrasyonu değerinde %247.9 oranında (3.5 kat) bir artış elde edilirken, Zn_2 uygulamasında kontrole göre bitki çinko konsantrasyonu değerinde %573.1 oranında (6.7 kat) bir artış olmuştur. Yapılan LSD testine göre, Zn_2 uygulaması birinci grupta, Zn_1 uygulaması ikinci grupta ve Zn_0 (kontrol) uygulaması son grupta yer almıştır (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Çiçeklenme Dönemi Çinko Konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) Etkileri

Genotipler	Bor mg kg^{-1}	Uygulamalar						Ortalama	
		Zn mg kg^{-1}							
		0		5		10			
		mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%
Eskişehir 855	0	9,35 ± 0,66		24,86 ± 0,26	*165,9*	55,81 ± 1,02	*496,87*	30,01 ± *20,5*	
	5	10,11 ± 0,52	*8,13*	27,70 ± 0,54	*196,3*	60,25 ± 0,52	*544,39*	32,78 ± *22,2*	*9,2*
	10	8,12 ± 0,24	*-13,16*	20,83 ± 0,28	*122,8*	52,96 ± 0,27	*466,42*	27,30 ± *20,0*	*-9,0*
	Ort.	9,19		24,47	*166,1*	56,43	*513,83*	30,03	
Şehirali 90	0	12,50 ± 0,62		40,24 ± 1,12	*221,9*	95,45 ± 1,08	*663,42*	49,40 ± *36,6*	
	5	9,46 ± 0,29	*-24,36*	51,09 ± 0,78	*308,6*	101,37 ± 2,01	*710,79*	53,97 ± *39,9*	*9,3*
	10	4,60 ± 0,22	*-63,18*	31,40 ± 1,19	*151,2*	80,79 ± 1,57	*546,14*	38,93 ± *33,5*	*-21,2*
	Ort.	8,85		40,91	*362,1*	92,54	*945,14*	47,43	
Yunus 90	0	10,12 ± 0,90		44,58 ± 1,37	*340,7*	103,64 ± 0,69	*924,38*	52,78 ± *41,0*	
	5	5,58 ± 0,69	*-44,85*	42,67 ± 1,37	*321,8*	94,93 ± 0,65	*838,35*	47,73 ± *38,9*	*-9,6*
	10	4,63 ± 0,67	*-54,27*	40,17 ± 1,06	*297,0*	88,19 ± 0,49	*771,73*	44,33 ± *36,3*	*-16,0*
	Ort.	6,77		42,47	*527,0*	95,59	*1311,10*	48,28	
Akman 98	0	6,67 ± 0,22		26,35 ± 1,13	*294,9*	60,40 ± 1,79	*805,19*	31,14 ± *23,6*	
	5	7,42 ± 0,61	*11,19*	22,89 ± 0,65	*243,0*	66,56 ± 0,55	*897,41*	32,29 ± *26,6*	*3,7*
	10	4,94 ± 0,59	*-26,02*	20,88 ± 0,73	*212,9*	58,75 ± 0,28	*780,46*	28,19 ± *23,9*	*-9,5*
	Ort.	6,34		23,37	*268,5*	61,90	*875,94*	30,54	
Önceler 98	0	13,70 ± 1,06		66,47 ± 0,57	*385,1*	118,97 ± 0,62	*768,18*	66,38 ± *45,6*	
	5	6,88 ± 0,56	*-49,81*	61,32 ± 1,06	*347,5*	78,05 ± 1,24	*469,56*	48,75 ± *45,6*	*-26,6*
	10	7,10 ± 0,64	*-48,16*	56,03 ± 1,03	*308,9*	113,25 ± 0,39	*726,48*	58,80 ± *46,0*	*-11,4*
	Ort.	9,23		61,28	*564,0*	103,42	*1020,74*	57,98	
Göynük 98	0	12,12 ± 0,47		46,61 ± 0,80	*284,6*	101,19 ± 1,62	*734,90*	53,31 ± *38,9*	
	5	6,86 ± 0,58	*-43,42*	51,50 ± 1,33	*324,9*	113,07 ± 2,15	*832,90*	57,14 ± *46,2*	*7,2*
	10	6,72 ± 0,24	*-44,58*	41,37 ± 1,18	*241,3*	87,82 ± 0,71	*624,59*	45,30 ± *35,3*	*-15,0*
	Ort.	8,56		46,49	*442,9*	100,69	*1075,76*	51,92	
Karacaşehir 90	0	10,63 ± 0,22		41,93 ± 0,66	*294,4*	73,44 ± 0,80	*590,85*	42,00 ± *27,2*	
	5	7,16 ± 0,38	*-32,67*	36,51 ± 0,66	*243,4*	67,91 ± 1,11	*538,88*	37,19 ± *26,3*	*-11,4*
	10	7,55 ± 0,74	*-29,00*	36,26 ± 1,10	*241,1*	61,73 ± 0,65	*480,69*	35,18 ± *23,5*	*-16,2*
	Ort.	8,44		38,23	*352,7*	67,69	*701,66*	38,12	
Zülbiye	0	10,02 ± 0,21		47,23 ± 0,44	*371,4*	82,23 ± 0,63	*720,69*	46,49 ± *31,3*	
	5	11,93 ± 0,71	*19,09*	40,76 ± 0,31	*306,8*	70,87 ± 0,86	*607,32*	41,19 ± *25,5*	*-11,4*
	10	13,72 ± 0,62	*36,96*	31,74 ± 1,52	*216,8*	64,94 ± 0,70	*548,07*	36,62 ± *22,3*	*-21,2*
	Ort.	11,89		39,91	*235,6*	72,50	*509,66*	41,43	
Akdağ	0	13,85 ± 0,86		60,23 ± 0,93	*335,0*	122,51 ± 0,71	*784,72*	65,53 ± *47,2*	
	5	11,03 ± 0,41	*-20,37*	56,67 ± 0,59	*309,3*	120,07 ± 0,37	*767,14*	62,59 ± *47,4*	*-4,5*
	10	14,84 ± 0,54	*7,19*	52,48 ± 0,47	*279,0*	110,45 ± 0,81	*697,65*	59,26 ± *41,7*	*-9,6*
	Ort.	13,24		56,46	*326,5*	117,68	*788,87*	62,46	
Noyanbey	0	12,51 ± 0,15		41,00 ± 1,13	*227,8*	74,76 ± 0,81	*497,72*	42,75 ± *27,0*	
	5	12,55 ± 0,23	*0,34*	42,08 ± 0,45	*236,4*	65,47 ± 0,99	*423,49*	40,03 ± *23,0*	*-6,4*
	10	12,47 ± 0,45	*-0,27*	35,65 ± 0,89	*185,0*	58,17 ± 2,07	*365,10*	35,43 ± *19,9*	*-17,1*
	Ort.	12,51		39,57	*216,3*	66,13	*428,64*	39,41	
Aras 98	0	12,18 ± 0,51		42,62 ± 1,14	*249,9*	125,83 ± 1,96	*933,06*	60,21 ± *51,0*	
	5	8,81 ± 0,59	*-27,69*	46,57 ± 1,92	*282,3*	119,57 ± 0,42	*881,69*	58,32 ± *48,8*	*-3,1*
	10	7,70 ± 0,70	*-36,81*	36,88 ± 1,39	*202,8*	106,36 ± 1,34	*773,26*	50,31 ± *43,9*	*-16,4*
	Ort.	9,56		42,02	*339,5*	117,25	*1126,37*	56,28	
Terzibaba	0	15,98 ± 0,09		47,14 ± 0,58	*195,0*	102,27 ± 0,65	*539,99*	55,13 ± *37,8*	
	5	12,11 ± 0,55	*-24,22*	43,29 ± 0,35	*170,9*	75,47 ± 1,00	*372,30*	43,63 ± *27,4*	*-20,9*
	10	9,99 ± 0,70	*-37,47*	28,57 ± 0,56	*78,8*	67,04 ± 2,42	*319,52*	35,20 ± *25,2*	*-36,2*
	Ort.	12,69		39,67	*212,5*	81,59	*542,78*	44,65	
Yakutiye	0	10,97 ± 0,91		20,94 ± 0,89	*90,9*	30,36 ± 0,26	*176,73*	20,75 ± *8,4*	
	5	10,92 ± 0,54	*-0,46*	21,48 ± 0,23	*95,8*	33,02 ± 0,49	*201,00*	21,81 ± *9,6*	*5,1*
	10	8,17 ± 0,63	*-25,52*	17,44 ± 0,66	*59,0*	25,26 ± 0,38	*130,29*	16,96 ± *7,4*	*-18,3*
	Ort.	10,02		19,95	*99,1*	29,55	*194,88*	19,84	

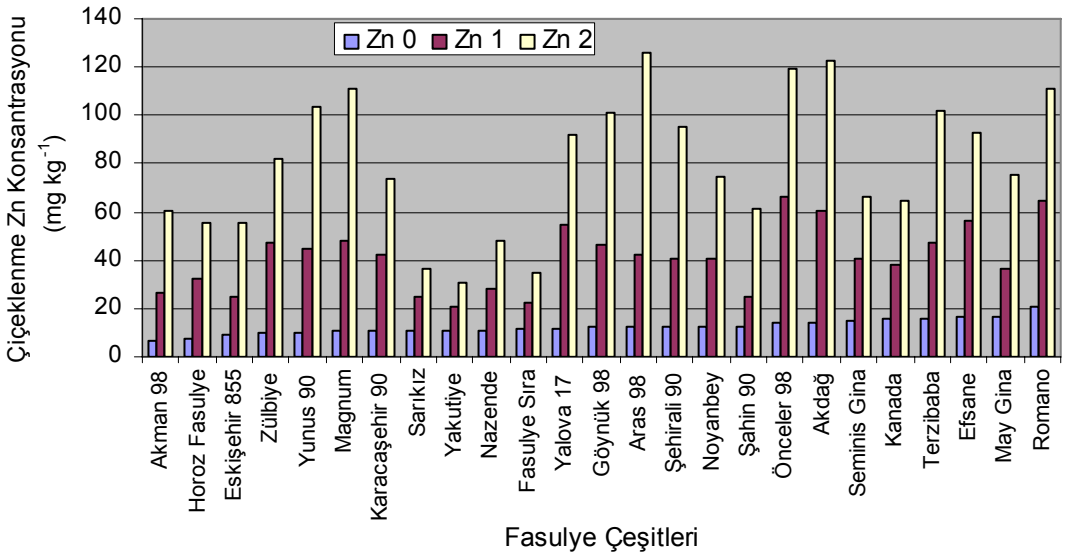
Çizelge 4.14. (Devam)

Genotipler	Bor mg kg^{-1}	Uygulamalar						Ortalama	
		Zn mg kg^{-1}							
		0		5		10			
		mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%
Şahin 90	0	12,81 ± 0,54		24,85 ± 1,72	*94,1*	61,57 ± 0,91	*380,75*	33,08 ± *22,0*	
	5	10,03 ± 0,38	*-21,66*	29,44 ± 0,71	*129,9*	70,35 ± 1,43	*449,33*	36,61 ± *26,7*	*10,7*
	10	6,05 ± 0,33	*-52,78*	21,00 ± 0,67	*64,0*	51,85 ± 0,91	*304,88*	26,30 ± *20,2*	*-20,5*
	Ort.	9,63		25,10	*160,7*	61,26	*536,19*	32,00	
Fasulye Sıra	0	11,43 ± 0,59		22,22 ± 1,59	*94,4*	35,18 ± 1,84	*207,81*	22,94 ± *10,4*	
	5	11,84 ± 0,38	*3,59*	30,23 ± 1,15	*164,5*	37,36 ± 0,99	*226,89*	26,48 ± *11,4*	*15,4*
	10	8,12 ± 0,64	*-28,99*	19,37 ± 0,56	*69,5*	32,31 ± 1,25	*182,68*	19,93 ± *10,5*	*-13,1*
	Ort.	10,46		23,94	*128,8*	34,95	*234,09*	23,12	
Horoz Fasulye	0	7,64 ± 0,05		32,40 ± 0,84	*323,9*	55,78 ± 0,74	*629,86*	31,94 ± *20,9*	
	5	9,96 ± 0,71	*30,32*	44,97 ± 1,91	*488,4*	60,72 ± 0,52	*694,49*	38,55 ± *22,5*	*20,7*
	10	6,25 ± 1,37	*-18,19*	31,57 ± 1,53	*313,1*	50,77 ± 0,26	*564,23*	29,53 ± *19,4*	*-7,5*
	Ort.	7,95		36,32	*356,7*	55,76	*601,18*	33,34	
Yalova 17	0	11,67 ± 0,52		54,73 ± 0,63	*369,1*	91,76 ± 0,28	*686,52*	52,72 ± *34,7*	
	5	8,85 ± 0,67	*-24,12*	50,97 ± 0,80	*336,9*	85,35 ± 0,56	*631,58*	48,39 ± *33,2*	*-8,2*
	10	7,66 ± 1,17	*-34,34*	41,81 ± 0,38	*258,4*	74,08 ± 0,48	*534,98*	41,19 ± *28,8*	*-21,9*
	Ort.	9,39		49,17	*423,5*	83,73	*791,44*	47,43	
Nazende	0	11,02 ± 0,41		28,40 ± 1,08	*157,6*	48,32 ± 1,04	*338,38*	29,25 ± *16,2*	
	5	11,83 ± 1,05	*7,29*	34,53 ± 1,44	*213,2*	60,45 ± 0,89	*448,40*	35,60 ± *21,1*	*21,7*
	10	13,86 ± 0,59	*25,76*	30,34 ± 1,23	*175,3*	45,36 ± 1,17	*311,48*	29,85 ± *13,7*	*2,1*
	Ort.	12,24		31,09	*154,0*	51,38	*319,82*	31,57	
Romano	0	20,91 ± 0,59		65,00 ± 1,55	*210,9*	110,61 ± 2,17	*429,06*	65,50 ± *38,9*	
	5	24,75 ± 0,78	*18,38*	71,41 ± 1,19	*241,6*	123,27 ± 3,23	*489,63*	73,14 ± *42,7*	*11,7*
	10	15,78 ± 0,52	*-24,54*	55,78 ± 0,52	*166,8*	92,13 ± 1,24	*340,65*	54,56 ± *33,1*	*-16,7*
	Ort.	20,48		64,06	*212,8*	108,67	*430,67*	64,40	
Sarıkız	0	10,75 ± 0,67		24,53 ± 0,38	*128,2*	36,27 ± 0,97	*237,37*	23,85 ± *11,1*	
	5	9,89 ± 0,58	*-8,03*	28,89 ± 0,65	*168,7*	39,85 ± 0,23	*270,70*	26,20 ± *13,1*	*9,9*
	10	11,29 ± 0,54	*5,00*	25,39 ± 1,22	*136,2*	30,98 ± 0,32	*188,19*	22,55 ± *8,8*	*-5,4*
	Ort.	10,64		26,26	*146,8*	35,70	*235,49*	24,20	
Magnum	0	10,51 ± 0,47		47,71 ± 0,79	*353,8*	111,05 ± 0,77	*956,31*	56,42 ± *44,0*	
	5	12,23 ± 0,65	*16,30*	43,69 ± 0,50	*315,6*	100,87 ± 0,58	*859,48*	52,26 ± *38,9*	*-7,4*
	10	11,51 ± 0,30	*9,45*	53,70 ± 0,76	*410,8*	133,52 ± 1,86	*1170,08*	66,24 ± *53,7*	*17,4*
	Ort.	11,42		48,37	*323,7*	115,15	*908,65*	58,31	
Seminis Gina	0	14,97 ± 0,56		40,32 ± 1,27	*169,4*	66,38 ± 1,20	*343,44*	40,56 ± *22,3*	
	5	14,08 ± 0,83	*-5,95*	43,68 ± 0,69	*191,8*	71,94 ± 1,39	*380,54*	43,23 ± *25,1*	*6,6*
	10	16,85 ± 0,28	*12,54*	34,47 ± 1,27	*130,2*	51,41 ± 0,89	*243,42*	34,24 ± *15,0*	*-15,6*
	Ort.	15,30		39,49	*158,1*	63,24	*313,38*	39,34	
May Gina	0	16,71 ± 0,48		36,53 ± 1,31	*118,7*	75,46 ± 1,68	*351,67*	42,89 ± *25,9*	
	5	19,71 ± 0,65	*17,99*	48,01 ± 0,88	*187,4*	86,88 ± 1,43	*420,04*	51,36 ± *29,4*	*19,7*
	10	18,33 ± 0,67	*9,71*	40,41 ± 1,70	*141,9*	66,58 ± 0,94	*298,50*	41,77 ± *20,9*	*-2,6*
	Ort.	18,07		41,65	*130,5*	76,31	*322,29*	45,34	
Efsane	0	16,26 ± 0,55		55,97 ± 0,23	*244,2*	93,08 ± 1,50	*472,32*	55,10 ± *33,3*	
	5	17,22 ± 0,45	*5,88*	50,67 ± 0,45	*211,6*	89,62 ± 0,72	*451,09*	52,51 ± *31,4*	*-4,7*
	10	15,99 ± 0,93	*-1,68*	42,30 ± 1,24	*160,1*	81,18 ± 0,89	*399,19*	46,49 ± *28,4*	*-15,6*
	Ort.	16,49		49,65	*201,1*	87,96	*433,39*	51,37	
Kanada	0	15,59 ± 0,87		38,31 ± 1,21	*145,8*	64,42 ± 0,82	*313,27*	39,44 ± *21,2*	
	5	11,33 ± 0,67	*-27,33*	26,31 ± 0,31	*68,8*	58,08 ± 1,06	*272,62*	31,91 ± *20,7*	*-19,1*
	10	9,38 ± 0,37	*-39,80*	23,14 ± 0,35	*48,5*	49,75 ± 1,17	*219,20*	27,43 ± *17,8*	*-30,5*
	Ort.	12,10		29,26	*141,8*	57,42	*374,56*	32,92	
Genel Ort.	0	12,44		40,85	*228,5*	79,87	*542,29*	44,38	
	5	11,28	*-9,30*	41,89	*236,9*	78,07	*527,79*	43,75	*-1,4*
	10	10,07	*-19,06*	34,76	*179,5*	69,40	*458,13*	38,08	*-14,2*
	Ort.	11,26		39,17	*247,9*	75,78	*573,06*		

LSD (%1) değerleri; G: 2.811; B: 0.9738; G x B: 4.869; Zn: 0.9738; G x Zn: 4.869; B x Zn: 0.4901; B x Zn x G: 0.1636

Çinko konsantrasyonu değerleri itibariyle, genotip x çinko interaksiyonu istatistiki olarak %1 ihtimal sınırında önemlidir Bu durum uygulanan çinko dozlarının bitki çinko konsantrasyonu üzerine etkisinin bodur fasulye genotiplerine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Nitekim bor uygulanmayan (B_0) muamelelerinin incelenmesiyle görülebileceği gibi bitkilerin çinko konsantrasyonlarının Zn_0 dozunda ortalama 12.4 mg kg^{-1} olup, 6.7 mg kg^{-1} (Akman-98) ile 20.9 mg kg^{-1} (Romano), Zn_1 dozunda ortalama 40.9 mg kg^{-1} olup, 20.9 mg kg^{-1} (Yakutiye) ile 66.5 mg kg^{-1} (Önceler-98) ve Zn_2 dozunda ortalama 79.9 mg kg^{-1} olup, 30.4 mg kg^{-1} (Yakutiye) ile 125.8 mg kg^{-1} (Aras-98) arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.14, Şekil 4.23). Fasulye genotiplerine çinko uygulaması beklenildiği gibi, çinko konsantrasyonlarının artmasına sebep olmuştur. Çiçeklenme döneminde fasulye yapraklarında bulunan 20-200 mg Zn kg^{-1} (Jones ve ark,1991) ve 30-70 mg Zn kg^{-1} (Bergmann,1992) düzeyinde bulunan çinkonun bitkinin beslenmesi yeterli olduğu dikkate alınırsa Zn_2 dozunda çinko uygulamasıyla bütün genotipler yeterli düzeyde çinko içermesine rağmen, Zn_0 dozu uygulamasında bütün genotiplerde çinko noksan düzeyde, Zn_1 dozu uygulamasında ise Jones ve ark (1991)'a göre bütün genotipler yeterli, Bergmann (1992)'a göre de Eskişhir-855, Akman-98, Yakutiye, Nazende ve Sarıkız genotipleri yetersiz düzeyde çinko içermektedirler. Benzer çalışmada İşler (1997), 25 fasulye çeşidi üzerinde yaptığı sera denemesinde çeşitlere kontrol (Zn_0) ve 5 mg kg^{-1} dozlarında çinko uygulamış, kullanılan fasulye çeşitlerine çinko uygulanmadığı durumlarda bitkilerin çinko konsantrasyonunun en düşük 4.3 mg kg^{-1} ile 7.5 mg kg^{-1} kuru madde arasında değişim gösterdiğini, fasulye çeşitlerine çinko uygulandığı durumlarda ise bitki çinko konsantrasyonlarının en düşük 16.5 mg kg^{-1} ile en yüksek 26.1 mg kg^{-1} kuru madde arasında değişim gösterdiğini uygulanan çinko dozlarının miktarı arttıkça bitki çinko konsantrasyonlarının da arttığını belirlemiştir. Hacısalihoğlu ve ark. (2004), yürüttükleri sera denemesinde 35 fasulye genotipinde, 0 ve 5 mg kg^{-1} çinko uygulanmış toprakta 45 gün süreyle yetiştirilen bitkilerde çinko konsantrasyonu belirlemişler ve fasulye genotipleri arasında çinko etkinliği açısından belirgin farklılıklar tespit etmişlerdir. Fasulye çeşitlerinin çinko konsantrasyonlarının çinko uygulaması yapılamamış bitkilerin genç kısımlarında 5.5 – 7.3 mg kg^{-1} arasında, yaşlı kısımlarında ise 6.0 – 11.5 mg kg^{-1} arasında değişim gösterdiğini, çinko

uygulamasıyla fasulye çeşitlerinin çinko muhtevasının bitki genç kısımlarında 23.5 mg kg^{-1} ile 42.5 mg kg^{-1}'a yaşlı kısımlarında ise 14.7 mg kg^{-1} ile 29.4 mg kg^{-1}'a yükseldiğini belirlemişlerdir. Farklı bitkiler üzerine yapılan diğer çalışmalarda Kenbaev (1997), benzer toprak şartları altında arpa çeşitleri üzerine yaptığı tarla çalışmasında dört farklı çinko dozunu (kontrol; 0.9 kg da^{-1}; 1.8 kg da^{-1}; 2.7 kg da^{-1}) altı arpa çeşidine uygulamışlar, çinko uygulamasıyla yaprak çinko konsantrasyonlarında kontrole göre ortalama %185 oranında bir artışı tespit etmişlerdir. Çinkosuz parsellerde görülen çinko noksanlık semptomlarının uygulanan çinko dozlarının artışına bağlı olarak giderek azaldığını belirtmişlerdir. Robinson ve ark. (1987), arpada kontrolde 42.5 mg kg^{-1} olan saptaki çinko konsantrasyonunun çinko uygulamasıyla 210 mg kg^{-1}'a, Shwartz ve ark.(1987), 14 mg kg^{-1} olan Zn konsantrasyonunun 63 mg kg^{-1}'a yükseldiğini belirlemişlerdir. Gezgin (1995), buğdayda kontrolde 10 mg kg^{-1}, Çakmak ve ark., (1996) 6 -10 mg kg^{-1} olan yaprak çinko miktarının çinko uygulanmasıyla sırasıyla 58.4 ve 13 - 18 mg kg^{-1} yükseldiğini bildirerek benzer bulgular ortaya koymuşlardır.



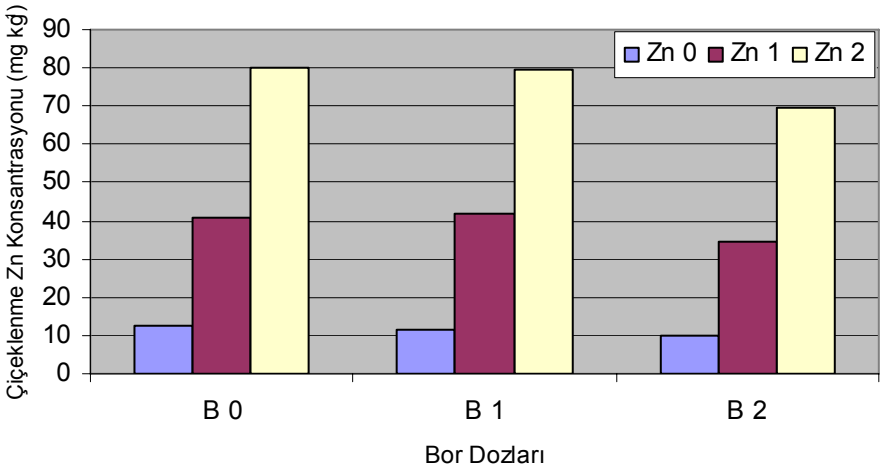
Şekil 4.23. Bor uygulanmayan muamelelerde çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin çiçeklenme dönemi çinko konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) etkisi

Bor x çinko interaksiyonunun çinko konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) olup bu durum uygulanan çinko dozlarının bitki çinko kapsamlarına etkisinin uygulanan bor dozuna bağlı olarak değiştiğini göstermektedir (Çizelge 4.13). Bor x çinko interaksiyonunda en yüksek çinko konsantrasyonu 79.9 mg kg^{-1} ile B_0 x Zn_2 uygulamasından elde edilirken en düşük çinko konsantrasyonu 10.1 mg kg^{-1} ile B_2 x Zn_0 uygulamasından elde edilmiştir. Bor x çinko interaksiyonu sonucunda en yüksek çinko konsantrasyonunun elde edildiği B_0 x Zn_2 uygulamasında kontrole (B_0 x Zn_0) göre %542.3 oranında (6.4 katlık) bir artış belirlenirken en düşük çinko konsantrasyonunun elde edildiği B_2 x Zn_0 uygulamasında ise kontrole göre %19.1 oranında bir azalış belirlenmiştir (Çizelge 4.14, Şekil 4.24). Buradan da görülmektedir ki fasulye genotiplerinin çinko konsantrasyonu değerlerinde çinko dozlarındaki artışa bağlı olarak belirgin bir artış görülürken uygulanan bor dozlarındaki artışla birlikte bitki çinko konsantrasyonunda belirgin bir azalma olmaktadır. Yapılan LSD testine göre B_0 x Zn_2 uygulaması birinci grupta, B_1 x Zn_2 uygulaması ikinci grupta, B_2 x Zn_2 uygulaması üçüncü grupta yer alırken B_2 x Zn_0 uygulaması son grupta yer almıştır (Çizelge 4.14).

Bor x çinko x genotip interaksiyonunun etkisi de çinko konsantrasyonu üzerine istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) olup, bu amaçla hesaplanan F değeri çizelge 4.13'te verilmiştir. Bor x çinko x genotip interaksiyonunda çinko konsantrasyonu 125.8 mg kg^{-1} (Aras - 98 genotipinde B_0 x Zn_2 uygulamasında) ile 4.6 mg kg^{-1} (Şehirali - 90 genotipinde B_2 x Zn_0 uygulamasında) arasında değişmiştir (Çizelge 4.14).

Araştırmamızda daha öncede belirtildiği gibi bor uygulaması sonucu bitkilerin çinko konsantrasyonlarında meydana gelen değişmeler bitkilerin kuru madde veriminde meydan gelen değişmelerle ilgili olmaktadır. Çünkü bor ilave ederek kuru madde veriminde meydana gelen azalmalar topraktan alınan toplam çinko miktarının azalmasına, bununla birlikte bitkinin bor toksisitesi nedeniyle fazla büyüyememesi ile dokularda çinko konsantrasyonunun düşmesine neden olduğu düşünülmektedir. Bor toksisitesinin bitkilerde boy uzamasını ve yeşil aksam gelişmesini durduran (Paull ve ark., 1990), büyümeyi geciktiren (Paull ve ark., 1988) ve kök gelişmesini yavaşlatan (Huang ve Graham, 1990) bir problem olduğu daha önceki çalışmalarla belirlenmiştir. Ayrıca bitkiler bor ve çinko uygulamalarından

aynı derecede fizyolojik ve morfolojik olarak etkilenme göstermedikleri için bitki türleri arasında olduğu gibi aynı türün çeşitleri arasında da bor ve çinko uygulamalarına duyarlılıkları bakımından farklılığın olduğu bulunmuştur (Paull ve ark., 1988; Huang ve Graham, 1990; Nable, 1991; Çakmak ve ark., 1996; İşler, 1997; Moraghan ve Grafton, 1999; Torun ve ark., 2000; Kınacı, 2000; Işık ve ark. 2000; Welch, 2002; Singh ve Westermann, 2002; Welch ve Graham, 2002, Hacısalihoğlu ve ark., 2004). Güneş ve ark., (2000), domates bitkisine uygulanan dört bor (0; 5; 10 ve20 mg B kg^{-1}) ve üç çinko (0; 10 ve 20 mg Zn kg^{-1}) düzeyinin etkisini araştırdıkları sera denemesinde, bor uygulamasının 10 ve 20 mg B kg^{-1} düzeylerinde B toksisitesi semptomlarının ortaya çıktığını, borun gelişme üzerindeki bu inhibe edici etkisinin çinko uygulamasıyla kısmen azaldığını, bitkiye çinko ve bor uygulamalarının bitkinin Zn konsantrasyonunun artmasına yol açtığını belirlemişlerdir. Benzer sonuçlar Welch ve ark., (1982), Singh ve ark., (1990) ve Swietlik, (1995) tarafından da bildirilmiştir. Buna ilaveten fasulye genotiplerinin çiçeklenme çinko konsantrasyonu değerleri ile bitki biyolojik verimi (0.231**), kuru ağırlık (0.265**) ve tane verimi (0.046) değerlerinin ilişkilendirilmesi sonucunda pozitif önemli ilişkilerin bulunması da sonuçlarımızı destekler nitelikte olmuştur. Elde edilen bu sonuçlara göre bitki gelişimi ve tane kalitesi üzerine çinkonun çok daha etkili bir mikro besin elementi olduğunun göstermektedir. Bitki bünyesinde bor artışının kuru madde ağırlığında azalmalara neden olurken bitkide çinko artışının bitkilerde önemli kuru ağırlık artışlarına yol açtığı daha öncede belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Fasulye bitkisi üzerine mikro element etkisini araştıran araştırıcılarda (Welch, 2002; Welch ve Graham, 2002) fasulye çeşitlerinin çinkoya tepkileri yönünden geniş bir genetik varyasyon gösterdiğini, yine Hacısalihoğlu ve ark. (2004), 35 çeşit fasulye bitkisinin çinko uygulamalarına tepkilerini belirlemek için yaptıkları sera çalışmasında, fasulye bitkisinin çinkoya tepkisinin çeşitlere göre önemli varyasyonlar ortaya koyduğunu belirlemişlerdir.



Şekil 4.24. Farklı bor ve çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin çiçeklenme dönemi çinko konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) etkisi

4.5.2. Hasat dönemi bitki çinko konsantrasyonu

Farklı bor ve çinko dozlarının fasulye genotiplerinin hasat dönemi çinko konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.15'te, elde edilen ortalama çinko konsantrasyonu değerleri Çizelge 4.16'da, bu değerlere ait grafikler Şekil 4.25, Şekil 4.26 ve Şekil 4.27'de verilmiştir.

Çizelge 4.15. Farklı Seviyelerede Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Hasat Dönemi Çinko Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Sonuçları

Uygulamalar	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genotip (A)	24	90439.71	3768.32	1054.61**
Bor (B)	2	9558.89	4779.45	1337.59**
A x B İnt.	48	9139.53	190.41	53.29**
Çinko (C)	2	611605.75	305802.88	85582.67**
A x C İnt.	48	86450.43	1801.05	504.05**
B x C İnt.	4	2964.53	741.13	207.42**
A x B x C İnt.	96	7360.64	76.67	21.46**
Hata	450	1607.93	3.57	
Toplam	674	819127.41		
C.V. (%)	**3.51**			

**İşareti, işlemler arasındaki farkın %1, * işareti ise işlemler arasındaki farkın %5 seviyesinde önemli olduğunu göstermektedir.

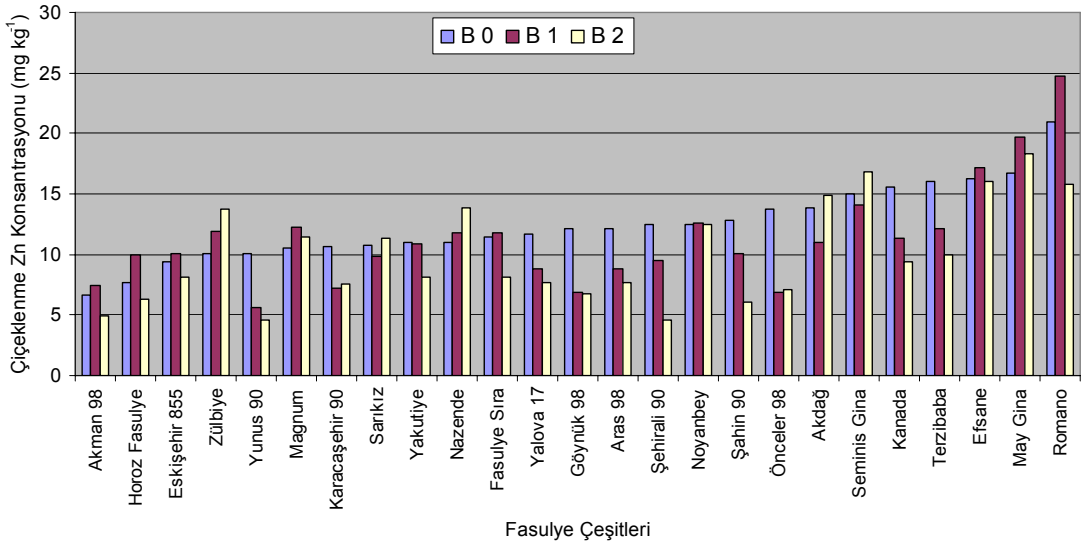
Çizelge 4.15'in incelenmesinden de görüleceği gibi, çinko konsantrasyonu bakımından genotipler arasındaki fark %1 seviyesinde istatistiki olarak önemli olup, bu amaçla hesaplanan F değeri ise 1054.6'dir. Bor ve çinko dozlarının ortalaması olarak en yüksek çinko konsantrasyonu 76.2 mg kg^{-1} ile Romano genotipinden elde edilmiştir. Bunu azalan sıra ile Akdağ (75.8 mg kg^{-1}), Önceler - 98 (72.6 mg kg^{-1}), Şehirali - 90 (66.9 mg kg^{-1}), Magnum (65.2 mg kg^{-1}), Aras - 98 (64.2 mg kg^{-1}), Yalova - 17 (58.6 mg kg^{-1}), Yunus - 90 (57.0 mg kg^{-1}), Göynük - 98 (56.8 mg kg^{-1}), Noyanbey (56.4 mg kg^{-1}), Terzibaba (55.0 mg kg^{-1}) genotipleri takip etmiştir. Diğer genotiplerin çinko konsantrasyonları ise 54.9 ile 35.8 mg kg^{-1} arasında değişim göstermiştir. En düşük çinko konsantrasyonu değeri ise 31.0 mg kg^{-1} ile Yakutiye genotipinden elde edilmiştir (Çizelge 4.16). Bor ve çinko dozlarının ortalaması olarak en yüksek çinko konsantrasyonunun elde edildiği Romano genotipi (76.2 mg kg^{-1}) ile en düşük çinko konsantrasyonunun alındığı Yakutiye genotipi (31.0 mg kg^{-1}) arasında %146.0 oranında bir fark (45.3 mg kg^{-1}) olduğu belirlenmiştir. Deneme sonucunda elde edilen değerler fasulye genotiplerinin hasat olgunluğuna ulaştığı dönemlerde de çinko kullanmaya devam ettiğini bitkiye uygulanan çinko miktarı arttıkça çinko konsantrasyonunun arttığı ve bu artışın genotipler arasında da önemli farklılıklar oluşturduğunu göstermektedir. Bu durumda fasulye genotipleri arasında da bünyelerine aldıkları çinko miktarı bakımından büyük farklılıklar olduğunu göstermektedir. Yapılan LSD testine göre Romano ve Akdağ genotipleri birinci grupta, Önceler – 98 genotipi ikinci grupta, Şehirali - 90 genotipi üçüncü grupta, Aras – 98 ve Magnum genotipleri dördüncü grupta yer alırken Yakutiye genotipi son grupta yer almıştır (Çizelge 4.16).

Uygulanan bor dozlarının fasulye genotiplerinin çinko konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur (Çizelge 4.15). Genotiplerin ve çinko dozlarının ortalaması olarak en yüksek çinko konsantrasyonu 57.4 mg kg^{-1} ile B_1 dozu uygulamasından elde edilmiş, bunu azalan sıra ile B_0 kontrol (55.5 mg kg^{-1}) ve B_2 (48.7 mg kg^{-1}) uygulamaları takip etmiştir. B_0 (kontrol) dozuna göre B_1 dozu kıyaslandığında fasulye genotiplerinin çinko konsantrasyonları ortalama %3.4 oranında bir artış gösterirken, B_2 dozu uygulamasıyla %12.4 oranında bir azalma olmuştur. Yapılan LSD testine göre çinko konsantrasyonları

sınıflandırıldığında B_1 uygulaması birinci grupta, B_0 (kontrol) uygulaması ikinci grupta ve B_2 uygulaması son grupta yer almıştır (Çizelge 4.16).

Bor x genotip interaksiyonu istatistiki bakımdan %1 ihtimal sınırında önemli olmuş, bu amaçla hesaplanan F değerleri Çizelge 4.15' te verilmiştir. Bor x genotip interaksiyonunda en yüksek çinko konsantrasyonu 84.7 mg kg^{-1} ile B_1 dozu uygulamasında Romano genotipinden elde edilirken en düşük çinko konsantrasyonu 27.7 mg kg^{-1} ile B_2 dozu uygulamasında Yakutiye genotipinden elde edilmiştir (Çizelge 4.16). Yapılan denemede, hasat olgunluğuna erişmiş fasulye genotiplerini çinko konsantrasyonu değerlerine göre sınıflandırdığımızda; Yunus–90, Karacaşehir–90, Noyanbey, Aras–98, Terzibaba, Yalova–17, Göynük 98, Şahin 90, Efsane ve Kanada genotiplerinde bor uygulamasıyla çinko konsantrasyonlarında azalma olurken, Eskişehir–855, Şehirali–90, Akman–98, Yakutiye, Fasulye Sıra, Horoz Fasulye, Romano, Seminis Gina ve Magnum genotiplerinde kontrole (B_0) göre 5 mg kg^{-1} (B_1) uygulamasıyla çinko konsantrasyonunu olumlu yönde arttırdığı belirlenmiştir. Zülbiye, Nazende, Sarıkız, Önceler 98, Akdağ 98 ve May Gina genotiplerinde kontrole göre B_2 uygulamasında çinko konsantrasyonunda artış olduğu belirlenmiştir. Kullanılan genotipler içerisinde bor uygulaması sonucunda bor dozundaki artışa bağlı olarak Terzibaba genotipinde kontrole göre (B_0) B_2 dozunda bitki çinko konsantrasyonunda %31.4 oranında bir azalma belirlenirken, Horoz fasulye genotipinde B_1 dozu uygulamasıyla bitki çinko konsantrasyonunda %30.1 oranında bir artış belirlenmiştir (Çizelge 4.16, Şekil 4.25).

Hasat döneminde çinko dozlarının bitki çinko konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiki olarak ($p<0.01$) önemli bulunmuştur (Çizelge 4.15). Genotiplerin ve bor dozlarının ortalaması olarak en yüksek çinko konsantrasyonu (92.1 mg kg^{-1}) Zn_2 dozu uygulanan bitkilerden elde edilirken, bunu azalan sıra ile (51.1 mg kg^{-1}) Zn_1 dozu ve (18.5 mg kg^{-1}) Zn_0 (kontrol) dozu uygulamaları takip etmiştir. Kullanılan fasulye genotiplerinde çinko dozları ortalamaları dikkate alındığında kontrole göre Zn_1 dozu uygulamasıyla çinko konsantrasyonu değerinde %176.4 oranında (2.8 kat) bir artış elde edilirken, Zn_2 uygulamasında bitki çinko konsantrasyonu değerinde %398.2 oranında (5.0 kat) bir artış olmuştur. Yapılan LSD testine göre, Zn_2 dozu birinci grupta, Zn_1 dozu ikinci grupta ve Zn_0 (kontrol) dozu son grupta yer almıştır (Çizelge 4.16).

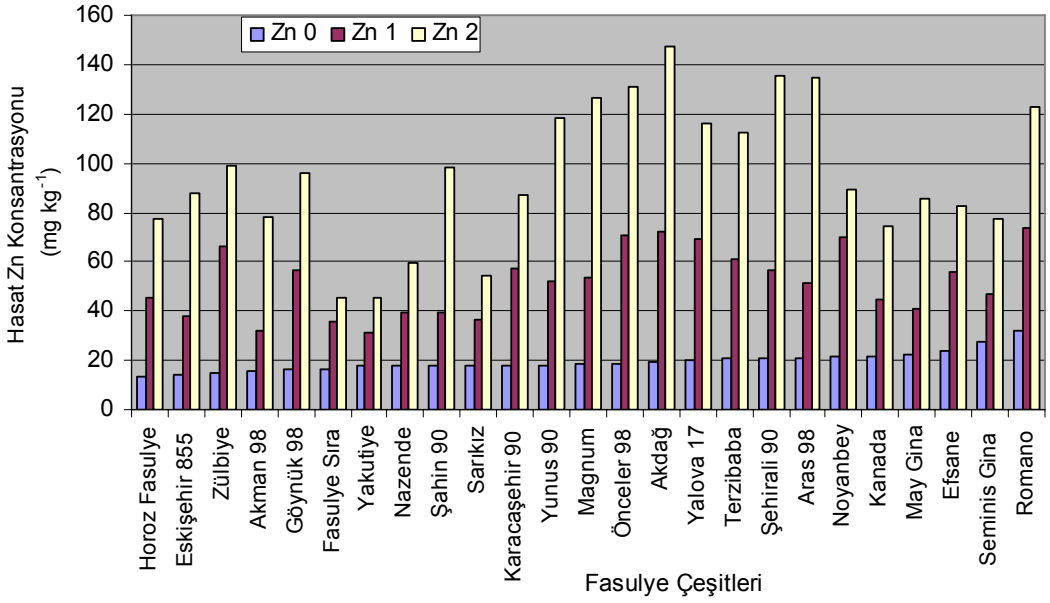


Şekil 4.25. Çinko uygulanmayan muamelelerde bor dozlarının bodur fasulye genotiplerinin hasat dönemi çinko konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) etkisi

Çinko konsantrasyonu değerleri itibariyle, genotip x çinko interaksiyonu istatistiki olarak %1 ihtimal sınırında önemli olup, bu amaçla hesaplanan F değerleri Çizelge 4.15'te verilmiştir. Bu durum uygulanan çinko dozlarının bitki çinko konsantrasyonu üzerine etkisinin bodur fasulye genotiplerine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Nitekim bor uygulanmayan (B_0) muamelelerinin incelenmesiyle görülebileceği gibi bitkilerin çinko konsantrasyonlarının Zn_0 dozunda ortalama 19.4 mg kg^{-1} olup,13.2 mg kg^{-1} (Horoz Fasulye) ile 31.9 mg kg^{-1} (Romano), Zn_1 dozunda ortalama 51.9 mg kg^{-1} olup, 31.4 mg kg^{-1} (Yakutiye) ile 73.3 mg kg^{-1} (Romano) ve Zn_2 dozunda ortalama 95.3 mg kg^{-1} olup, 45.4 mg kg^{-1} (Fasulye Sıra) ile 147.1 mg kg^{-1} (Akdağ) arasında değiştiği belirlenmiştir. Fasulye genotiplerine çinko uygulaması beklenildiği gibi olgunluk döneminde de bitki çinko konsantrasyonlarının artmasına sebep olmuştur (Çizelge 4.16, Şekil 4.26).

Çinko noksanlığına sahip toprakta yapılan bu araştırmada 25 fasulye genotipinin Zn uygulamasına karşı verdikleri tepki farklı olmuştur. Romano, Akdağ, Önceler–98 ve Şehirali–90 genotipleri uygulanan Zn dozlarına göre en yüksek çinko konsantrasyonuna sahip genotipler olarak belirlenirken Nazende, Sarıkız, Fasulye sıra ve Yakutiye genotipleri uygulamaya göre en düşük konsantrasyona sahip genotipler olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.16, Şekil 4.26). Daha önce yapılan

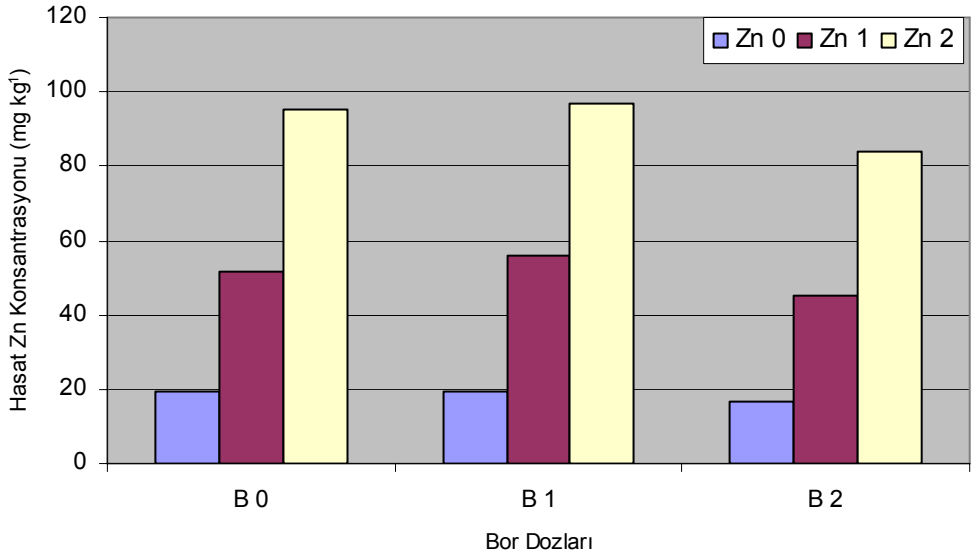
çalışmalarda çalışmalarımızla benzerlik gösteren sonuçlar ortaya koymuştur (İşler, 1997). Bu durum bünyesine daha fazla Zn alabilen çeşitlerde kuru madde üretiminin artmasına yol açmakta ve sonuçta alınan çinko artan kuru ağırlık miktarıyla beraber dokularda seyrelmeye (birim ağırlık başına azalma) uğramakta, buna karşılık bünyesine daha az oranda çinko alan çeşitlerde büyümenin engellenmesinden dolayı dokulardaki çinkonun konsantre olmasına yol açmaktadır (birim ağırlık başına artma). Literatürlerde bu ilişki "büyümeyle seyrelme" veya büyümenin duraksamasıyla konsantre olma" şeklinde ifade edilmektedir (Marschner, 1995; Çakmak, 1997; İşler, 1997). Belirtilen özellikle ilgili olarak yüksek çinko konsantrasyonuna sahip olan çeşitlerin yüksek kuru ağırlıklara sahip oldukları araştırmamız sonucunda da ortaya konulmaktadır (Çizelge 4.16, Çizelge 4.4).



Şekil 4.26. Bor uygulanmayan muamelelerde çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin hasat dönemi çinko konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) etkisi

Buna ilaveten fasulye genotiplerinin çinko konsantrasyonu değerleri ile bitki biyolojik verimi (0.214**), kuru ağırlık (0.266**) ve tane verimi (0.027) değerlerinin ilişkilendirilmesi sonucunda pozitif önemli ilişkilerin bulunması da sonuçlarımızı destekler nitelikte olmuştur. Elde edilen bu sonuçlara göre bitki gelişimi ve tane kalitesi üzerine çinkonun çok daha etkili bir mikro besin elementi olduğunu göstermektedir. Bitki bünyesinde bor artışının kuru madde ağırlığında azalmalara neden olurken bitkide çinko artışının bitkilerde önemli kuru ağırlık artışlarına yol

açtığı daha öncede belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Fasulye bitkisi üzerine mikro element etkisini araştıran araştırıcılarda (Welch, 2002; Welch ve Graham, 2002) fasulye çeşitlerinin çinkoya tepkileri yönünden geniş bir genetik varyasyon gösterdiğini, yine Hacısalihoğlu ve ark. (2004), 35 çeşit fasulye bitkisinin çinko uygulamalarına tepkilerini belirlemek için yaptıkları sera çalışmasında, fasulye bitkisinin çinkoya tepkisinin çeşitlere göre önemli varyasyonlar ortaya koyduğunu belirlemişlerdir. Daha önce yapılan çalışmalarda çinkonun yaprak ayası alanı ve yaprak sayısı üzerindeki olumlu etkisinin RNA sentezini arttırmasındaki rolü ile ilişkili olabileceğini (Thomson ve Weier 1962), ayrıca, çinko uygulanmayan kontrol parsellerinde yetişen bitkilerin çinko uygulanan bitkilerin yapraklarına oranla daha küçük ve nekrotik lekeli oluşları sağlıklı yapraklara kıyasla fotosentez hızını düşürmesi yanında, fotosentez süresini de kısaltarak bitkilerin verim kapasitesini bununla birlikte biyolojik verim ve kuru madde miktarları üzerinde olumsuz etkilerin ortaya çıkacağını ifade etmişlerdir (Brennan 1992, Çakmak ve ark. 1996).



Şekil 4.27. Farklı bor ve çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin hasat dönemi çinko konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) etkisi

Çizelge 4.16. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Hasat Dönemi Çinko Konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) Etkileri

Genotipler	Bor mg kg^{-1}	Uygulamalar							
		Zn mg kg^{-1}						Ortalama	
		0		5		10			
		mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%
Eskişehir 855	0	14,46 ± 0,45		38,07 ± 1,61	*163,3*	87,45 ± 1,03	*504,77*	46,66 ± *32,3*	
	5	17,46 ± 0,25	*20,75*	43,04 ± 0,72	*197,6*	91,31 ± 0,81	*531,47*	50,60 ± *32,5*	*8,5*
	10	12,63 ± 0,25	*-12,66*	37,63 ± 0,65	*160,2*	85,63 ± 0,73	*492,19*	45,30 ± *32,1*	*-2,9*
	Ort.	14,85		39,58	*166,6*	88,13	*493,51*	47,52	
Şehirali 90	0	20,85 ± 0,65		56,59 ± 0,84	*171,4*	135,51 ± 1,07	*549,93*	70,98 ± *50,8*	
	5	21,72 ± 0,49	*4,17*	72,76 ± 1,41	*249,0*	143,42 ± 0,79	*587,87*	79,30 ± *52,9*	*11,7*
	10	13,98 ± 0,93	*-32,95*	46,09 ± 1,13	*121,1*	91,42 ± 1,49	*338,47*	50,50 ± *33,7*	*-28,9*
	Ort.	18,85		58,48	*210,2*	123,45	*554,90*	66,93	
Yunus 90	0	18,23 ± 0,53		52,44 ± 0,83	*187,7*	118,02 ± 1,04	*547,39*	62,90 ± *43,9*	
	5	15,54 ± 0,31	*-14,76*	48,60 ± 0,55	*166,6*	108,12 ± 1,41	*493,09*	57,42 ± *40,6*	*-8,7*
	10	14,81 ± 0,57	*-18,76*	44,14 ± 0,89	*142,1*	92,82 ± 0,82	*409,16*	50,59 ± *34,1*	*-19,6*
	Ort.	16,20		48,39	*198,8*	106,32	*556,42*	56,97	
Akman 98	0	15,41 ± 1,02		32,03 ± 1,11	*107,9*	78,17 ± 1,20	*407,27*	41,87 ± *28,2*	
	5	16,94 ± 1,55	*9,93*	38,55 ± 0,19	*150,2*	95,28 ± 1,26	*518,30*	50,26 ± *35,1*	*20,0*
	10	13,57 ± 1,40	*-11,94*	44,56 ± 2,17	*189,2*	86,67 ± 1,42	*462,43*	48,27 ± *31,8*	*15,3*
	Ort.	15,30		38,38	*150,8*	86,71	*466,56*	46,80	
Önceler 98	0	18,75 ± 0,74		70,38 ± 0,83	*275,4*	131,20 ± 0,70	*599,73*	73,44 ± *48,8*	
	5	16,71 ± 0,59	*-10,88*	83,81 ± 1,72	*347,0*	128,98 ± 1,16	*587,89*	76,50 ± *48,9*	*4,2*
	10	19,24 ± 0,61	*2,61*	66,12 ± 1,75	*252,6*	118,36 ± 2,88	*531,25*	67,91 ± *43,0*	*-7,5*
	Ort.	18,24		73,44	*302,7*	126,18	*591,88*	72,62	
Göynük 98	0	16,23 ± 0,87		56,85 ± 1,13	*250,3*	96,34 ± 1,02	*493,59*	56,47 ± *34,7*	
	5	16,17 ± 0,79	*-0,37*	63,43 ± 0,75	*290,8*	109,73 ± 0,73	*576,09*	63,11 ± *40,5*	*11,8*
	10	14,27 ± 0,40	*-12,08*	47,32 ± 0,78	*191,6*	90,88 ± 0,30	*459,95*	50,82 ± *33,3*	*-10,0*
	Ort.	15,56		55,87	*259,1*	98,98	*536,21*	56,80	
Karacaşehir 90	0	18,15 ± 0,93		57,55 ± 0,60	*217,1*	86,87 ± 1,01	*378,62*	54,19 ± *29,9*	
	5	14,49 ± 1,09	*-20,17*	52,32 ± 0,55	*188,3*	86,74 ± 7,09	*377,91*	51,18 ± *31,5*	*-5,6*
	10	10,74 ± 0,71	*-40,83*	46,69 ± 0,37	*157,2*	71,79 ± 0,70	*295,54*	43,08 ± *26,6*	*-20,5*
	Ort.	14,46		52,19	*260,9*	81,80	*465,63*	49,48	
Zülbiye	0	14,70 ± 0,71		66,13 ± 8,28	*349,9*	98,68 ± 0,75	*571,29*	59,83 ± *36,9*	
	5	16,71 ± 0,99	*13,67*	57,03 ± 6,68	*288,0*	85,04 ± 1,04	*478,50*	52,93 ± *30,0*	*-11,5*
	10	19,21 ± 0,86	*30,68*	44,28 ± 4,00	*201,2*	77,27 ± 0,84	*425,65*	46,92 ± *25,3*	*-21,6*
	Ort.	16,87		55,81	*230,8*	87,00	*415,67*	53,23	
Akdağ	0	19,39 ± 1,20		72,28 ± 1,12	*272,8*	147,01 ± 0,85	*658,17*	79,56 ± *55,5*	
	5	16,54 ± 0,61	*-14,70*	68,00 ± 0,71	*250,7*	144,08 ± 0,44	*643,06*	76,21 ± *55,6*	*-4,2*
	10	19,29 ± 0,70	*-0,52*	62,98 ± 0,55	*224,8*	132,54 ± 0,97	*583,55*	71,60 ± *49,5*	*-10,0*
	Ort.	18,40		67,75	*268,1*	141,21	*667,27*	75,79	
Noyanbey	0	21,25 ± 0,26		69,69 ± 1,92	*228,0*	89,01 ± 0,96	*318,87*	60,22 ± *30,5*	
	5	21,33 ± 0,38	*0,38*	71,53 ± 0,76	*236,6*	85,11 ± 1,30	*300,52*	59,32 ± *29,1*	*-1,5*
	10	18,37 ± 1,24	*-13,55*	60,60 ± 1,52	*185,2*	69,80 ± 2,49	*228,47*	49,59 ± *23,8*	*-17,6*
	Ort.	20,32		67,27	*231,0*	81,54	*301,25*	56,38	
Aras 98	0	20,89 ± 0,72		51,15 ± 0,20	*144,9*	134,92 ± 4,98	*545,86*	68,99 ± *51,2*	
	5	15,02 ± 0,43	*-28,10*	55,62 ± 0,43	*166,3*	129,38 ± 1,54	*519,34*	66,67 ± *50,2*	*-3,4*
	10	14,38 ± 1,16	*-31,16*	41,01 ± 0,99	*96,3*	115,11 ± 1,89	*451,03*	56,83 ± *45,2*	*-17,6*
	Ort.	16,77		49,26	*193,8*	126,47	*654,33*	64,17	
Terzibaba	0	20,77 ± 0,12		61,28 ± 0,75	*195,0*	112,49 ± 0,71	*441,60*	64,85 ± *39,8*	
	5	15,74 ± 0,72	*-24,22*	60,61 ± 0,49	*191,8*	90,56 ± 1,19	*336,01*	55,64 ± *32,6*	*-14,2*
	10	12,99 ± 0,90	*-37,46*	39,99 ± 0,78	*92,5*	80,44 ± 2,90	*287,29*	44,47 ± *29,4*	*-31,4*
	Ort.	16,50		53,96	*227,0*	94,50	*472,69*	54,99	
Yakutiye	0	17,58 ± 0,72		31,40 ± 1,33	*78,6*	45,53 ± 0,39	*158,99*	31,51 ± *12,1*	
	5	19,68 ± 0,12	*11,95*	32,21 ± 0,34	*83,2*	49,52 ± 0,74	*181,68*	33,81 ± *13,0*	*7,3*
	10	18,94 ± 0,78	*7,74*	26,15 ± 0,99	*48,7*	37,90 ± 0,57	*115,59*	27,66 ± *8,3*	*-12,2*
	Ort.	18,74		29,92	*59,7*	44,32	*136,53*	30,99	

Çizelge 4.16. (Devam)

Genotipler	Bor mg kg^{-1}	Uygulamalar: Zn mg kg^{-1} 0		Zn mg kg^{-1} 5		Zn mg kg^{-1} 10		Ortalama	
		mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%
Şahin 90	0	17,93 ± 0,76		39,76 ± 2,75	*121,8*	98,51 ± 1,46	*449,41*	52,07 ± *36,1*	
	5	16,06 ± 0,61	*-10,43*	47,11 ± 1,13	*162,7*	112,56 ± 2,29	*527,77*	58,57 ± *42,7*	*12,5*
	10	9,67 ± 0,54	*-46,07*	33,60 ± 1,06	*87,4*	82,96 ± 1,46	*362,69*	42,08 ± *32,4*	*-19,2*
	Ort.	14,55		40,16	*175,9*	98,01	*573,42*	50,91	
Fasulye Sıra	0	16,45 ± 0,25		35,74 ± 0,75	*117,3*	45,38 ± 1,73	*175,87*	32,52 ± *12,8*	
	5	18,54 ± 0,26	*12,71*	45,34 ± 1,73	*175,6*	56,04 ± 1,48	*240,67*	39,97 ± *16,8*	*22,9*
	10	15,35 ± 1,03	*-6,69*	39,31 ± 0,41	*139,0*	49,60 ± 0,78	*201,52*	34,75 ± *15,2*	*6,9*
	Ort.	16,78		40,13	*139,2*	50,34	*200,02*	35,75	
Horoz Fasulye	0	13,22 ± 0,15		45,11 ± 2,32	*241,2*	77,60 ± 3,06	*486,99*	45,31 ± *27,9*	
	5	15,37 ± 1,18	*16,26*	61,55 ± 1,27	*365,6*	99,92 ± 0,52	*655,82*	58,94 ± *36,7*	*30,1*
	10	12,19 ± 0,61	*-7,79*	38,72 ± 1,86	*192,9*	72,20 ± 0,57	*446,14*	41,03 ± *26,1*	*-9,4*
	Ort.	13,59		48,46	*256,5*	83,24	*512,36*	48,43	
Yalova 17	0	20,28 ± 0,45		68,85 ± 1,08	*239,5*	116,36 ± 0,62	*473,77*	68,50 ± *41,6*	
	5	15,82 ± 0,11	*-21,99*	56,81 ± 1,20	*180,1*	96,99 ± 0,38	*378,25*	56,54 ± *35,2*	*-17,5*
	10	14,27 ± 1,08	*-29,64*	48,92 ± 0,38	*141,2*	89,40 ± 1,27	*340,83*	50,86 ± *32,6*	*-25,7*
	Ort.	16,79		58,19	*246,6*	100,92	*501,04*	58,63	
Nazende	0	17,70 ± 0,42		39,65 ± 1,76	*124,0*	59,54 ± 1,53	*236,38*	38,97 ± *18,2*	
	5	18,36 ± 0,84	*3,73*	45,97 ± 0,67	*159,7*	73,00 ± 1,02	*312,43*	45,78 ± *23,7*	*17,5*
	10	20,59 ± 0,90	*16,33*	37,37 ± 0,89	*111,1*	52,88 ± 1,68	*198,76*	36,95 ± *14,0*	*-5,2*
	Ort.	18,89		41,00	*117,1*	61,81	*227,27*	40,56	
Romano	0	31,94 ± 1,36		73,33 ± 0,89	*129,6*	122,46 ± 4,96	*283,41*	75,91 ± *39,3*	
	5	35,88 ± 0,52	*12,34*	91,15 ± 2,49	*185,4*	127,16 ± 2,76	*298,12*	84,73 ± *39,9*	*11,6*
	10	21,64 ± 0,58	*-32,25*	62,03 ± 1,33	*94,2*	120,61 ± 1,61	*277,61*	68,09 ± *43,1*	*-10,3*
	Ort.	29,82		75,50	*153,2*	123,41	*313,85*	76,24	
Sarıkız	0	18,07 ± 0,18		36,79 ± 0,57	*103,6*	54,39 ± 1,46	*201,00*	36,42 ± *15,8*	
	5	18,41 ± 0,92	*1,88*	43,31 ± 0,97	*139,7*	59,77 ± 0,35	*230,77*	40,50 ± *18,0*	*11,2*
	10	18,46 ± 1,08	*2,16*	38,08 ± 1,83	*110,7*	46,47 ± 0,48	*157,17*	34,37 ± *12,5*	*-5,6*
	Ort.	18,31		39,40	*115,1*	53,55	*192,41*	37,08	
Magnum	0	18,33 ± 1,20		53,33 ± 1,21	*190,9*	126,37 ± 1,72	*589,42*	66,01 ± *47,8*	
	5	21,37 ± 0,84	*16,58*	47,93 ± 1,11	*161,5*	119,70 ± 0,42	*553,03*	63,00 ± *44,1*	*-4,6*
	10	19,75 ± 0,74	*7,75*	38,49 ± 0,49	*110,0*	141,06 ± 0,77	*669,56*	66,44 ± *56,6*	*0,6*
	Ort.	19,82		46,58	*135,1*	129,05	*551,16*	65,15	
Seminis Gina	0	27,19 ± 2,98		46,94 ± 0,98	*72,6*	77,45 ± 1,51	*184,85*	50,53 ± *22,0*	
	5	27,96 ± 0,42	*2,83*	49,46 ± 1,35	*81,9*	82,25 ± 1,22	*202,50*	53,22 ± *23,8*	*5,3*
	10	23,51 ± 0,88	*-13,53*	45,45 ± 1,45	*67,2*	62,47 ± 1,76	*129,75*	43,81 ± *17,0*	*-13,3*
	Ort.	26,22		47,28	*80,3*	74,06	*182,43*	49,19	
May Gina	0	22,26 ± 0,83		40,88 ± 1,25	*83,6*	85,73 ± 1,12	*285,13*	49,62 ± *28,3*	
	5	25,40 ± 1,08	*14,11*	53,17 ± 1,35	*138,9*	95,39 ± 1,17	*328,53*	57,99 ± *30,5*	*16,9*
	10	26,27 ± 0,41	*18,01*	46,52 ± 1,28	*109,0*	73,75 ± 2,18	*231,31*	48,85 ± *20,7*	*-1,6*
	Ort.	24,64		46,86	*90,1*	84,96	*244,76*	52,15	
Efsane	0	24,09 ± 0,54		55,59 ± 7,64	*130,8*	82,54 ± 14,29	*242,63*	54,07 ± *26,6*	
	5	23,48 ± 0,30	*-2,53*	59,52 ± 1,43	*147,1*	90,44 ± 0,26	*275,43*	57,82 ± *29,0*	*6,9*
	10	22,49 ± 0,33	*-6,64*	52,86 ± 1,51	*119,4*	83,16 ± 1,45	*245,21*	52,84 ± *26,3*	*-2,3*
	Ort.	23,35		55,99	*139,8*	85,38	*265,61*	54,91	
Kanada	0	21,36 ± 0,60		44,68 ± 2,37	*109,2*	74,68 ± 1,67	*249,63*	46,91 ± *23,2*	
	5	17,02 ± 0,31	*-20,32*	51,98 ± 1,11	*143,4*	66,33 ± 1,12	*210,53*	45,11 ± *22,0*	*-3,8*
	10	15,78 ± 1,45	*-26,12*	43,75 ± 1,86	*104,8*	68,68 ± 2,70	*221,54*	42,74 ± *23,0*	*-8,9*
	Ort.	18,06		46,80	*159,2*	69,90	*287,09*	44,92	
Genel Ort.	0	19,42		51,86	*167,0*	95,32	*390,79*	55,53	
	5	19,11	*-1,61*	56,03	*188,5*	97,07	*399,84*	57,41	*3,4*
	10	16,90	*-13,00*	45,31	*133,3*	83,76	*331,26*	48,65	*-12,4*
	Ort.	18,48		51,07	*176,4*	92,05	*398,24*		

LSD (%1) değerleri; G: 1.331; B: 0.4610; G x B: 2.305; Zn: 0.4610; G x Zn: 2.305; B x Zn: 0.7985; B x Zn x G: 0.22236

Bor x çinko interaksiyonunun çinko konsantrasyonu ve çinko içeriği üzerine etkisi istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur (Çizelge 4.15). Bor x çinko interaksiyonunda en yüksek çinko konsantrasyonu 97.1 mg kg^{-1} ile B_1 x Zn_2 uygulamasından elde edilirken en düşük çinko konsantrasyonu 16.9 mg kg^{-1} ile B_2 x Zn_0 uygulamasından elde edilmiştir. Bor x çinko interaksiyonu sonucunda en yüksek çinko konsantrasyonunun elde edildiği B_1 x Zn_2 uygulamasında kontrole göre %399.8 oranında (5.08 katlık) bir artış belirlenirken en düşük çinko konsantrasyonunun elde edildiği B_2 x Zn_0 uygulamasında ise kontrole göre %13.0 oranında bir azalma belirlenmiştir (Çizelge 4.16, Şekil 4.27). Buradan da görülmektedir ki fasulye genotiplerinin çinko konsantrasyonu değerlerinde çinko dozlarındaki artışa bağlı olarak belirgin bir artış görülürken fasulye genotiplerine uygulanan bor dozlarındaki artışla birlikte bitki çinko konsantrasyonunda belirgin bir azalma olduğu belirlenmiştir. Yapılan LSD testine göre B_1 x Zn_2 uygulaması birinci guruba, B_0 x Zn_2 uygulaması ikinci guruba, B_2 x Zn_2 uygulaması üçüncü guruba, B_1 x Zn_1 uygulaması dördüncü guruba, B_0 x Zn_1 uygulaması beşinci guruba, B_2 x Zn_1 uygulaması altıncı guruba, B_0 x Zn_0 ve B_1 x Zn_0 uygulamaları yedinci guruba ve B_2 x Zn_0 uygulaması son guruba girmiştir (Çizelge 4.16).

Bor x çinko x genotip interaksiyonunun etkisi de çinko konsantrasyonu üzerine istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) olup, bu amaçla hesaplanan F değeri Çizelge 4.15'te verilmiştir. Bor x çinko x genotip interaksiyonunda çinko konsantrasyonu 147.01 mg kg^{-1} (Akdağ genotipinde B_0 x Zn_2 dozunda) ile 9.67 mg kg^{-1} (Şehirali - 90 genotipinde B_2 x Zn_0 dozunda) arasında değişmiştir (Çizelge 4.16).

4.5.3. Tane çinko konsantrasyonu

Farklı bor ve çinko dozlarının fasulye genotiplerinin tane çinko konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17'de, elde edilen ortalama tane çinko konsantrasyonu değerleri Çizelge 4.18'de, bu değerlere ait grafikler Şekil 4.28, Şekil 4.29 ve Şekil 4.30'da verilmiştir.

Çizelge 4.17. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Tane Çinko Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Sonuçları

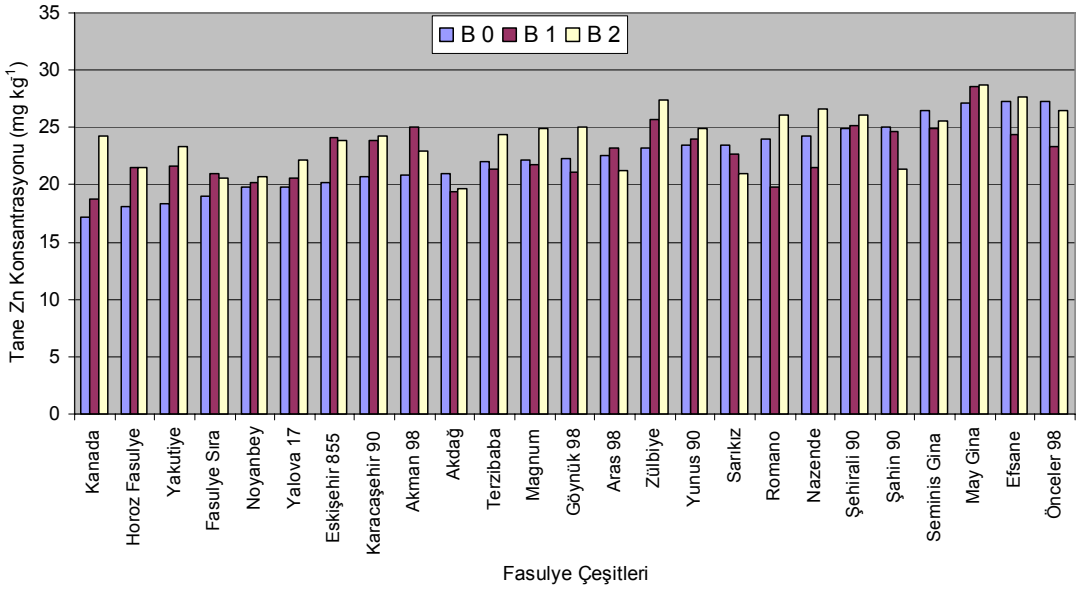
Uygulamalar	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genotip (A)	24	573378.75	23890.78	2050.62**
Bor (B)	2	196112.18	98056.09	8416.44**
A x B İnt.	48	56778.21	1182.88	101.53**
Çinko (C)	2	1792872.63	896436.31	76943.74**
A x C İnt.	48	383507.12	7989.73	685.78**
B x C İnt.	4	72821.27	18205.32	1562.62**
A x B x C İnt.	96	38529.06	401.34	34.45**
Hata	450	5242.74	11.65	
Toplam	674	3119241.96		
C.V. (%)	**3.96**			

**İşareti, işlemler arasındaki farkın %1, * işareti ise işlemler arasındaki farkın %5 seviyesinde önemli olduğunu göstermektedir.

Tane çinko konsantrasyonu bakımından genotipler arasındaki fark %1 seviyesinde istatistiki olarak önemli olup, bu amaçla hesaplanan F değeri ise 2050.62'dir (Çizelge 4.17). Bor ve çinko dozlarının ortalaması olarak en yüksek tane çinko konsantrasyonu 54.9 mg kg^{-1} ile Romano genotipinden elde edilmiştir. Bunu azalan sıra ile Karacaşehir - 90 (53.5 mg kg^{-1}), Göynük - 98 (53.1 mg kg^{-1}), Yunus - 90 (48.4 mg kg^{-1}), Zülbiye (48.3 mg kg^{-1}), Şehirali - 90 (48.0 mg kg^{-1}), Aras - 98 (45.9 mg kg^{-1}), Önceler – 98 (44.9 mg kg^{-1}), Akdağ (43.8 mg kg^{-1}), Efsane (42.6 mg kg^{-1}), Magnum (42.4 mg kg^{-1}) genotipleri takip etmiştir. Diğer genotiplerin çinko konsantrasyonları ise 41.6 mg kg^{-1} ile 32.4 mg kg^{-1} arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.18). En düşük çinko konsantrasyonu değeri ise 30.8 mg kg^{-1} ile Nazende genotipinden elde edilmiştir. Bor ve çinko dozlarının ortalaması olarak en yüksek tane çinko konsantrasyonunun elde edildiği Romano genotipi (54.9 mg kg^{-1}) ile en düşük tane çinko konsantrasyonunun alındığı Yakutiye genotipi (30.8 mg kg^{-1}) arasında tane çinko konsantrasyonu bakımından aralarında %78.0 oranında bir fark (24.1 mg kg^{-1}) olduğu belirlenmiştir. Bu durum fasulye genotipleri arasında tane çinko konsantrasyonları bakımından büyük farklılıklar olduğunu göstermektedir. Yapılan LSD testine göre Romano genotipi birinci gruba, Göynük–98 ve Karacaşehir–90 genotipleri ikinci gruba, Şehirali–90, Yunus–90 ve Zülbiye genotipleri üçüncü gruba, Aras–98 ve Önceler - 98 genotipleri dördüncü gruba, Akdağ genotipi beşinci gruba girmiştir (Çizelge 4.18).

Uygulanan bor dozlarının fasulye genotiplerinin çinko konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Bu amaçla hesaplanan F değerleri Çizelge 4.17' de verilmiş olup %1 ihtimal sınırına göre istatistikî olarak önemlidir. Genotiplerin ve çinko dozlarının ortalaması olarak en yüksek tane çinko konsantrasyonu 42.1 mg kg^{-1} ile B_2 dozu uygulamasından elde edilmiş, bunu azalan sıra ile B_1 (41.6 mg kg^{-1}) ve B_0 (kontrol) (40.8 mg kg^{-1}) uygulamaları takip etmiştir (Çizelge 4.18). Denemede B_0 (kontrol) uygulamasına göre B_1 dozu kıyaslandığında fasulye genotiplerinin tane çinko konsantrasyonlarında %1.9 oranında bir artış belirlenirken, B_2 dozu uygulamasıyla %3.1 oranında bir artış olduğu belirlenmiştir. Yapılan LSD testine göre çinko konsantrasyonları sınıflandırıldığında B_2 uygulaması birinci grupta, B_1 uygulaması ikinci grupta ve B_0 (kontrol) uygulaması son grupta yer almıştır (Çizelge 4.18).

Bor x genotip interaksiyonunun tane çinko konsantrasyonuna etkisi istatistiki bakımdan %1 ihtimal sınırında önemli olup, bu amaçla hesaplanan F değeri çizelge 4.17' de verilmiştir. Genotip x bor interaksiyonunda en yüksek çinko konsantrasyonu 58.3 mg kg^{-1} ile B_2 dozu uygulamasındaki Göynük - 98 genotipinden elde edilirken en düşük çinko konsantrasyonu 28.6 mg kg^{-1} ile B_1 dozu uygulamasındaki Nazende genotipinden elde edilmiştir (Çizelge 4.18). Artan dozlarda bor uygulamasıyla fasulye genotiplerinin tane çinko konsantrasyonları Şehirali–90, Yunus–90, Karacaşehir–90, Noyanbey, Yakutiye, May Gina, Yalova 17, Zülbiye ve Kanada genotiplerinde %1.4 ile %41.4 arasında değişen oranlarda artarken, Akdağ, Sarıkız ve Şahin 90 genotiplerinde ise %-3.5 ile %-17.4 arasında değişen oranlarda azalmıştır (Çizelge 4.18, Şekil 4.28). Kullanılan genotipler içerisinde bor uygulaması sonucunda B_1 dozu uygulamasında çinko konsantrasyonunda en yüksek artış %20.2 ile Akman–98 genotipinde olmuştur. B_2 dozu uygulamasında ise tane çinko konsantrasyonunda kontrole göre en yüksek artış %26.7 oranıyla Yakutiye genotipinde gerçekleşmiştir (Çizelge 4.18, Şekil 4.28).



Şekil 4.28. Çinko uygulanmayan muamelelerde bor dozlarının bodur fasulye genotiplerinin tane çinko konsantrasyonlarına (mg kg^{-1}) etkisi

Çinko dozlarının tane çinko konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) olup, bu amaçla hesaplanan F değeri çizelge 4.17' de verilmiştir. Genotiplerin ve bor dozlarının ortalaması olarak en yüksek tane çinko konsantrasyonu 61.6 mg kg^{-1} ile Zn_2 dozu uygulanan bitkilerden elde edilirken, bunu azalan sıra ile Zn_1 dozu (39.8 mg kg^{-1}) ve Zn_0 (kontrol) dozu (23.1 mg kg^{-1}) takip etmiştir (Çizelge 4.18). Genotiplerin çinko dozları ortalamaları dikkate alındığında kontrole göre Zn_1 dozu uygulamasıyla tane çinko konsantrasyonu değerinde %72.5 oranında bir artış elde edilirken, Zn_2 uygulamasında tane çinko konsantrasyonu değerinde %167.1 oranında (2.67 kat) bir artış olmuştur. Yapılan LSD testine göre, Zn_2 uygulaması birinci grupta, Zn_1 uygulaması ikinci grupta ve Zn_0 (kontrol) dozu son grupta yer almıştır (Çizelge 4.18).

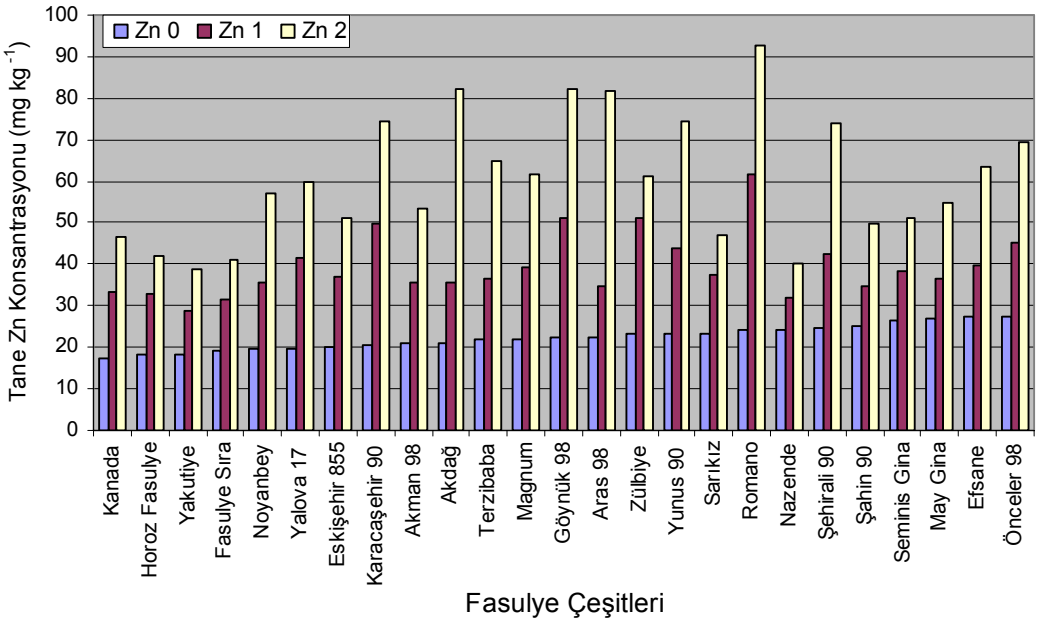
Çizelge 4.18. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Tane Çinko Konsantrasyonlarına (mg kg^{-1}) Etkileri

Genotipler	Bor mg kg^{-1}	Uygulamalar						Ortalama	
		Zn mg kg^{-1}							
		0		5		10			
		mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%
Eskişehir 855	0	20,22 ± 0,55		36,93 ± 1,00	*82,6*	50,95 ± 1,39	*151,98*	35,86 ± *13,4*	
	5	24,16 ± 0,51	*19,49*	43,49 ± 0,93	*115,1*	60,89 ± 1,30	*201,14*	42,85 ± *15,9*	*19,5*
	10	23,90 ± 1,87	*18,20*	43,03 ± 3,37	*112,8*	60,24 ± 4,71	*197,92*	42,39 ± *16,0*	*18,2*
	Ort.	22,76		40,97	*80,0*	57,36	*152,01*	40,37	
Şehirali 90	0	24,85 ± 0,65		42,25 ± 1,11	*70,0*	73,94 ± 1,94	*197,55*	47,01 ± *21,6*	
	5	25,19 ± 1,25	*1,37*	42,83 ± 2,13	*72,4*	74,96 ± 3,73	*201,65*	47,66 ± *22,0*	*1,4*
	10	26,06 ± 0,54	*4,87*	44,31 ± 0,92	*78,3*	77,55 ± 1,60	*212,07*	49,31 ± *22,6*	*4,9*
	Ort.	25,37		43,13	*70,0*	75,48	*197,53*	47,99	
Yunus 90	0	23,42 ± 1,20		43,61 ± 2,87	*86,2*	74,62 ± 2,45	*218,62*	47,22 ± *22,4*	
	5	23,98 ± 0,32	*2,39*	42,42 ± 1,96	*81,1*	77,52 ± 1,00	*231,00*	47,97 ± *23,6*	*1,6*
	10	24,90 ± 0,83	*6,32*	45,07 ± 1,51	*92,4*	80,22 ± 2,70	*242,53*	50,06 ± *24,3*	*6,0*
	Ort.	24,10		43,70	*81,3*	77,46	*221,38*	48,42	
Akman 98	0	20,88 ± 1,07		35,50 ± 1,82	*70,0*	53,25 ± 2,73	*155,03*	36,54 ± *14,1*	
	5	25,09 ± 0,65	*20,16*	42,67 ± 1,11	*104,4*	64,00 ± 1,66	*206,51*	43,92 ± *16,9*	*20,2*
	10	22,99 ± 1,48	*10,11*	39,09 ± 2,52	*87,2*	58,64 ± 3,78	*180,84*	40,24 ± *15,6*	*10,1*
	Ort.	22,99		39,09	*70,0*	58,63	*155,04*	40,24	
Önceler 98	0	27,26 ± 0,56		45,01 ± 0,65	*65,1*	69,51 ± 1,42	*154,99*	47,26 ± *18,4*	
	5	23,32 ± 1,07	*-14,45*	40,98 ± 0,70	*50,3*	59,47 ± 2,73	*118,16*	41,26 ± *15,7*	*-12,7*
	10	26,42 ± 1,40	*-3,08*	44,93 ± 2,37	*64,8*	67,40 ± 3,56	*147,25*	46,25 ± *17,9*	*-2,1*
	Ort.	25,67		43,64	*70,0*	65,46	*155,03*	44,92	
Göynük 98	0	22,28 ± 0,36		51,24 ± 0,83	*130,0*	81,99 ± 1,32	*268,00*	51,84 ± *25,9*	
	5	21,15 ± 0,55	*-5,07*	48,66 ± 1,26	*118,4*	77,86 ± 2,02	*249,46*	49,22 ± *24,6*	*-5,0*
	10	25,05 ± 0,41	*12,42*	57,61 ± 0,94	*158,6*	92,17 ± 1,49	*313,70*	58,28 ± *29,1*	*12,4*
	Ort.	22,83		52,50	*130,0*	84,01	*268,04*	53,11	
Karacaşehir 90	0	20,73 ± 0,82		49,75 ± 1,97	*140,0*	74,62 ± 2,95	*260,03*	48,37 ± *23,4*	
	5	23,80 ± 0,98	*14,83*	57,13 ± 2,37	*175,6*	85,70 ± 3,56	*313,47*	55,54 ± *26,9*	*14,8*
	10	24,25 ± 0,78	*16,98*	58,20 ± 1,86	*180,8*	87,31 ± 2,79	*321,24*	56,59 ± *27,4*	*17,0*
	Ort.	22,93		55,03	*140,0*	82,54	*260,04*	53,50	
Zülbiye	0	23,17 ± 0,83		50,98 ± 1,84	*120,0*	61,17 ± 2,20	*164,01*	45,11 ± *17,1*	
	5	25,72 ± 0,81	*10,99*	56,58 ± 1,77	*144,2*	67,89 ± 2,13	*193,01*	50,06 ± *19,0*	*11,0*
	10	27,40 ± 1,06	*18,24*	49,32 ± 1,91	*112,8*	72,33 ± 2,79	*212,17*	49,68 ± *19,5*	*10,1*
	Ort.	25,43		52,29	*105,6*	67,13	*164,01*	48,28	
Akdağ	0	21,02 ± 0,70		35,73 ± 1,18	*70,0*	82,20 ± 2,73	*291,06*	46,32 ± *27,7*	
	5	19,45 ± 0,37	*-7,48*	31,93 ± 0,40	*51,9*	73,44 ± 0,92	*249,38*	41,60 ± *24,5*	*-10,2*
	10	19,67 ± 1,33	*-6,42*	33,44 ± 2,27	*59,1*	76,93 ± 5,23	*265,98*	43,35 ± *26,1*	*-6,4*
	Ort.	20,05		33,70	*68,1*	77,52	*286,70*	43,76	
Noyanbey	0	19,81 ± 1,13		35,66 ± 2,05	*80,0*	57,06 ± 3,28	*188,04*	37,51 ± *16,3*	
	5	20,21 ± 0,44	*2,02*	36,37 ± 0,80	*83,6*	58,21 ± 1,29	*193,84*	38,26 ± *16,5*	*2,0*
	10	20,68 ± 1,10	*4,39*	37,22 ± 1,98	*87,9*	59,55 ± 3,17	*200,61*	39,15 ± *17,0*	*4,4*
	Ort.	20,23		36,42	*80,0*	58,27	*188,04*	38,31	
Aras 98	0	22,57 ± 0,65		34,76 ± 1,00	*54,0*	81,70 ± 2,35	*261,98*	46,34 ± *27,1*	
	5	23,16 ± 0,81	*2,61*	35,66 ± 1,24	*58,0*	83,81 ± 2,92	*271,33*	47,54 ± *27,8*	*2,6*
	10	21,30 ± 0,30	*-5,63*	32,80 ± 0,47	*45,3*	77,09 ± 1,10	*241,56*	43,73 ± *25,5*	*-5,6*
	Ort.	22,34		34,41	*54,0*	80,87	*261,93*	45,87	
Terzibaba	0	22,05 ± 0,55		36,39 ± 0,91	*65,0*	64,78 ± 1,62	*193,79*	41,08 ± *18,9*	
	5	21,41 ± 0,61	*-2,90*	39,62 ± 1,12	*79,7*	66,43 ± 1,88	*201,27*	42,49 ± *19,7*	*3,4*
	10	24,38 ± 1,33	*10,57*	35,35 ± 1,93	*60,3*	63,55 ± 3,47	*188,21*	41,09 ± *17,6*	*0,0*
	Ort.	22,61		37,12	*64,1*	64,92	*187,09*	41,55	
Yakutiye	0	18,37 ± 0,04		28,65 ± 0,06	*56,0*	38,97 ± 0,08	*112,14*	28,66 ± *8,9*	
	5	21,57 ± 1,05	*17,42*	33,65 ± 1,64	*83,2*	45,77 ± 2,23	*149,16*	33,67 ± *10,6*	*17,5*
	10	23,27 ± 1,10	*26,67*	36,30 ± 1,72	*97,6*	49,37 ± 2,33	*168,75*	36,31 ± *11,4*	*26,7*
	Ort.	21,07		32,87	*56,0*	44,70	*112,17*	32,88	

Çizelge 4.18. (Devam)

Genotipler	Bor mg kg^{-1}	Uygulamalar						Ortalama	
		Zn mg kg^{-1}							
		0		5		10			
		mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%
Şahin 90	0	24,98 ± 0,51		34,72 ± 0,71	*39,0*	50,00 ±	*100,15*	36,56 ± *1,9*	
	5	24,65 ± 1,12	*-1,32*	34,27 ± 1,56	*37,2*	49,35 ± 2,24	*97,56*	36,09 ± *10,9*	*-1,3*
	10	21,34 ± 0,75	*-14,57*	29,67 ± 1,04	*18,8*	42,72 ± 1,50	*71,02*	31,24 ± *9,4*	*-14,6*
	Ort.	23,66		32,89	*39,0*	47,36	*100,18*	34,63	
Fasulye Sıra	0	19,04 ± 0,59		31,61 ± 0,98	*66,0*	41,09 ± 1,28	*115,81*	30,58 ± *9,6*	
	5	20,98 ± 0,65	*10,19*	34,83 ± 1,08	*82,9*	45,29 ± 1,39	*137,87*	33,70 ± *10,6*	*10,2*
	10	20,56 ± 0,82	*7,98*	34,13 ± 1,36	*79,3*	44,38 ± 1,77	*133,09*	33,02 ± *10,4*	*8,0*
	Ort.	20,19		33,53	*66,0*	43,58	*115,83*	32,43	
Horoz Fasulye	0	18,15 ± 0,32		32,77 ± 1,18	*80,6*	41,95 ± 1,52	*131,13*	30,96 ± *10,4*	
	5	21,55 ± 0,26	*18,73*	38,43 ± 1,43	*111,7*	49,20 ± 1,84	*171,06*	36,39 ± *12,1*	*17,6*
	10	21,49 ± 1,03	*18,40*	36,54 ± 1,76	*101,3*	46,77 ± 2,26	*157,69*	34,94 ± *11,1*	*12,8*
	Ort.	20,40		35,92	*76,1*	45,97	*125,38*	34,10	
Yalova 17	0	19,83 ± 0,36		41,66 ± 0,67	*110,1*	59,68 ± 0,40	*200,96*	40,39 ± *17,3*	
	5	20,57 ± 0,26	*3,73*	36,20 ± 0,50	*82,6*	55,29 ± 0,99	*178,82*	37,35 ± *15,1*	*-7,5*
	10	22,18 ± 0,75	*11,85*	35,05 ± 1,18	*76,8*	48,37 ± 1,63	*143,92*	35,20 ± *11,4*	*-12,8*
	Ort.	20,86		37,64	*80,4*	54,45	*161,00*	37,65	
Nazende	0	24,27 ± 0,77		32,12 ± 0,58	*32,3*	40,16 ± 4,99	*65,47*	32,18 ± *7,3*	
	5	21,51 ± 0,34	*-11,37*	26,61 ± 0,75	*9,6*	37,63 ± 0,94	*55,05*	28,58 ± *7,2*	*-11,2*
	10	26,58 ± 0,59	*9,52*	31,48 ± 0,97	*29,7*	37,07 ± 0,51	*52,74*	31,71 ± *4,6*	*-1,5*
	Ort.	24,12		30,07	*24,7*	38,29	*58,74*	30,83	
Romano	0	24,00 ± 0,65		61,67 ± 4,06	*156,9*	92,51 ± 6,10	*285,41*	59,40 ± *29,9*	
	5	19,82 ± 0,26	*-17,43*	52,69 ± 2,09	*119,5*	94,85 ± 3,76	*295,16*	55,79 ± *32,6*	*-6,1*
	10	26,12 ± 1,18	*8,82*	47,01 ± 2,13	*95,9*	75,22 ± 3,41	*213,38*	49,45 ± *21,4*	*-16,8*
	Ort.	23,31		53,79	*130,7*	87,53	*275,44*	54,88	
Sarıkız	0	23,44 ± 1,16		37,52 ± 1,86	*60,1*	46,89 ± 2,33	*100,04*	35,95 ± *10,4*	
	5	22,62 ± 0,36	*-3,50*	36,19 ± 0,58	*54,4*	45,24 ± 0,73	*93,00*	34,68 ± *9,9*	*-3,5*
	10	21,00 ± 2,07	*-10,42*	33,59 ± 3,32	*43,3*	42,00 ± 4,15	*79,17*	32,20 ± *9,6*	*-10,4*
	Ort.	22,35		35,77	*60,0*	44,71	*100,02*	34,28	
Magnum	0	22,10 ± 1,11		39,13 ± 1,96	*77,1*	61,44 ± 3,08	*178,01*	40,89 ± *17,2*	
	5	21,77 ± 0,56	*-1,49*	38,55 ± 1,00	*74,4*	60,52 ± 1,57	*173,85*	40,28 ± *16,9*	*-1,5*
	10	24,90 ± 0,65	*12,67*	44,08 ± 1,15	*99,5*	69,22 ± 1,80	*213,21*	46,07 ± *19,3*	*12,7*
	Ort.	22,93		40,59	*77,0*	63,73	*177,96*	42,41	
Seminis Gina	0	26,42 ± 0,97		38,32 ± 1,41	*45,0*	50,96 ± 1,88	*92,88*	38,57 ± *10,7*	
	5	24,95 ± 0,86	*-5,56*	36,18 ± 1,24	*36,9*	48,12 ± 1,66	*82,13*	36,42 ± *10,1*	*-5,6*
	10	25,57 ± 1,01	*-3,22*	37,08 ± 1,47	*40,3*	49,32 ± 1,96	*86,68*	37,33 ± *10,4*	*-3,2*
	Ort.	25,65		37,19	*45,0*	49,47	*92,87*	37,44	
May Gina	0	27,10 ± 1,22		36,59 ± 1,65	*35,0*	54,88 ± 2,47	*102,51*	39,52 ± *12,3*	
	5	28,57 ± 1,01	*5,42*	38,58 ± 1,36	*42,4*	57,87 ± 2,04	*113,54*	41,67 ± *13,0*	*5,4*
	10	28,71 ± 1,19	*5,94*	38,76 ± 1,60	*43,0*	58,13 ± 2,40	*114,50*	41,87 ± *13,1*	*5,9*
	Ort.	28,13		37,97	*35,0*	56,96	*102,51*	41,02	
Efsane	0	27,23 ± 0,76		39,76 ± 0,84	*46,0*	63,62 ± 1,34	*133,64*	43,54 ± *16,0*	
	5	24,36 ± 1,44	*-10,54*	36,82 ± 1,09	*35,2*	58,92 ± 1,75	*116,38*	40,03 ± *15,2*	*-8,0*
	10	27,70 ± 1,45	*1,72*	40,35 ± 0,26	*48,2*	64,56 ± 0,42	*137,09*	44,20 ± *16,2*	*1,5*
	Ort.	26,43		38,98	*47,5*	62,37	*135,98*	42,59	
Kanada	0	17,14 ± 0,14		33,38 ± 1,68	*94,7*	46,74 ± 2,34	*172,70*	32,42 ± *12,9*	
	5	18,68 ± 0,33	*8,98*	34,30 ± 1,81	*100,1*	54,89 ± 2,90	*220,25*	35,95 ± *15,8*	*10,9*
	10	24,23 ± 0,91	*41,37*	37,32 ± 1,40	*117,7*	51,60 ± 1,08	*201,05*	37,72 ± *11,9*	*16,3*
	Ort.	20,02		35,00	*74,8*	51,08	*155,16*	35,37	
Genel Ort.	0	22,41		39,41	*75,8*	60,59	*170,31*	40,80	
	5	22,73	*1,41*	39,83	*77,7*	62,13	*177,17*	41,56	*1,9*
	10	24,03	*7,19*	40,07	*78,8*	62,07	*176,92*	42,06	*3,1*
	Ort.	23,06		39,77	*72,5*	61,59	*167,14*		

LSD (%1) değerleri; G: 1.262; B: 0.4371; G x B:2.185; Zn: 0.4371; G x Zn: 2.185; B x Zn: 0.7571; B x Zn x G: 0.3636

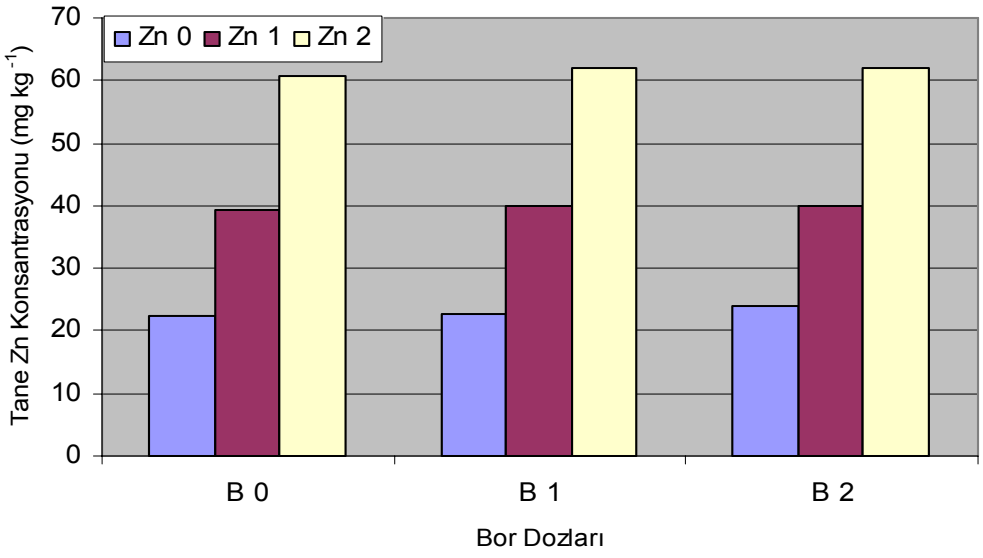


Şekil 4.29. Bor uygulanmayan muamelelerde çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin tane çinko konsantrasyonuna (mg kg^{-1}) etkisi

Çinko konsantrasyonu değerleri itibariyle, genotip x çinko interaksiyonu istatistiki olarak %1 ihtimal sınırında önemli bulunmuştur (Çizelge 17). Bu durum uygulanan çinko dozlarının bitki tane çinko konsantrasyonu üzerine etkisinin bodur fasulye genotiplerine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Nitekim bor uygulanmayan (B_0) muamelelerinin incelenmesiyle görülebileceği gibi bitkilerin tane çinko konsantrasyonlarının Zn_0 dozunda ortalama 22.4 mg kg^{-1} olup, 17.1 mg kg^{-1} (Kanada) ile 27.3 mg kg^{-1} (Önceler-98), Zn_1 dozunda ortalama 39.4 mg kg^{-1} olup, 28.7 mg kg^{-1} (Yakutiye) ile 61.7 mg kg^{-1} (Romano) ve Zn_2 dozunda ortalama 60.6 mg kg^{-1} olup, 39.0 mg kg^{-1} (Yakutiye) ile 92.5 mg kg^{-1} (Romano) arasında değiştiği belirlenmiştir. Fasulye genotiplerine çinko uygulaması beklenildiği gibi tane çinko konsantrasyonlarının artmasına sebep olmuştur (Çizelge 4.18, Şekil 4.29). Buna ilaveten fasulye genotiplerinin tane çinko konsantrasyonu değerleri ile bitki biyolojik verimi (0.133**), kuru ağırlık (0.200**) ve tane verimi (0.080) değerlerinin ilişkilendirilmesi sonucunda pozitif önemli ilişkilerin bulunması da sonuçlarımızı destekler nitelikte olmuştur. Elde edilen bu sonuçlara göre bitki gelişimi ve tane kalitesi üzerine çinkonun çok daha etkili bir mikro besin elementi olduğunu göstermektedir. Bitki bünyesinde bor artışının kuru madde ağırlığında azalmalara neden olurken bitkide çinko artışının bitkilerde önemli kuru ağırlık artışlarına yol

açtığı daha öncede belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Fasulye bitkisi üzerine mikro element etkisini araştıran araştırıcılarda (Welch, 2002; Welch ve Graham, 2002) fasulye çeşitlerinin çinkoya tepkileri yönünden geniş bir genetik varyasyon gösterdiğini belirlemişlerdir.

Bor x çinko interaksiyonunun tane çinko konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) olup bu amaçla hesaplanan F değeri Çizelge 4.17'de verilmiştir. Bor x çinko interaksiyonunda en yüksek tane çinko konsantrasyonu 62.1 mg kg^{-1} ile B_1 x Zn_2 uygulamasından elde edilirken en düşük tane çinko konsantrasyonu 22.4 mg kg^{-1} ile B_0 x Zn_0 uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.18, Şekil 4.30). Bor x çinko interaksiyonu sonucunda en yüksek tane çinko konsantrasyonunun elde edildiği B_1 x Zn_2 uygulamasında kontrole göre %177.2 oranında (2.77 katlık) bir artış belirlenmiştir. Yapılan LSD testine göre B_1 x Zn_2 ve B_2 x Zn_2 uygulamaları birinci grupta, B_0 x Zn_2 uygulamaları ikinci grupta, B_0 x Zn_1, B_1 x Zn_1 ve B_2 x Zn_1 uygulamaları üçüncü grupta, B_2 x Zn_0 uygulamaları dördüncü grupta, B_0 x Zn_0 ve B_1 x Zn_0 uygulamaları son grupta yer almıştır (Çizelge 4.18).



Şekil 4.30. Farklı bor ve çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin tane çinko konsantrasyonlarına (mg kg^{-1}) etkisi

Bor x çinko x genotip interaksiyonunun etkisi de tane çinko konsantrasyonu üzerine istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) olup, bu amaçla hesaplanan F değeri çizelge 4.17'de verilmiştir. Bor x çinko x genotip interaksiyonunda tane çinko

konsantrasyonu 94.9 mg kg^{-1} (Romano genotipinde B_1 x Zn_2 uygulamasında) ile 17.1mg kg^{-1} (Kanada genotipinde B_0 x Zn_0 uygulamasında) arasında değişmiştir (Çizelge 4.18).

4.6. Bor ve Çinko Uygulamalarının Fasulye Çeşitlerinin Tane Protein Oranları Üzerine Etkisi

Farklı bor ve çinko dozlarının fasulye genotiplerinin tane protein oranlarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.19'da, elde edilen ortalama tane protein oranları Çizelge 4.20'de, bu değerlere ait grafikler Şekil 4.31, Şekil 4.32 ve Şekil 4.33'te verilmiştir.

Çizelge 4.19. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Tane Protein Oranlarına Ait Varyans Analiz Sonuçları

Uygulamalar	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genotip (A)	24	1581.029	65.876	3647.00**
Bor (B)	2	399.220	199.610	11050.72**
A x B İnt.	48	897.093	18.689	1034.68**
Çinko (C)	2	426.468	213.234	11804.95**
A x C İnt.	48	130.157	2.712	150.12**
B x C İnt.	4	52.073	13.018	720.71**
A x B x C İnt.	96	116.843	1.217	67.38**
Hata	450	8.128	0.018	
Toplam	674	3611.013		
C.V. (%)	**0.61**			

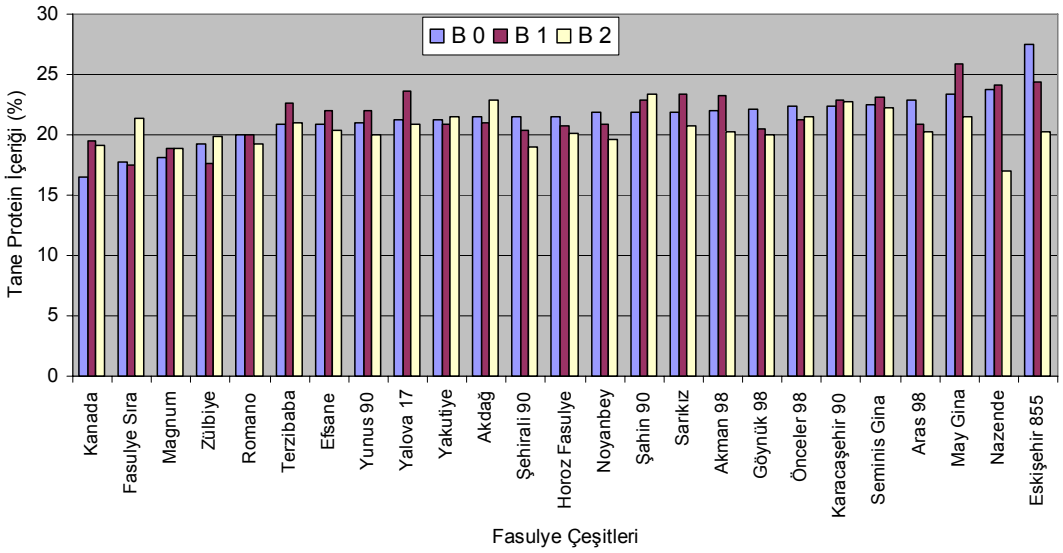
**İşareti, işlemler arasındaki farkın %1, * işareti ise işlemler arasındaki farkın %5 seviyesinde önemli olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.19'un incelenmesinden de görüleceği gibi, tane protein içeriği bakımından genotipler arasındaki fark %1 seviyesinde istatistiki olarak önemli olup, bu amaçla hesaplanan F değeri ise 3647.0'dir. Bor ve çinko dozlarının ortalaması olarak en yüksek tane protein oranı %26.0 ile Eskişehir - 855 genotipinden elde edilmiştir. Bunu azalan sıra ile May Gina (%24.6), Yalova - 17 (23.8), Şahin - 90 (23.7), Seminis Gina (23.3), Efsane (%23.2), Karacaşehir - 90 (%23.0), Terzibaba (%22.9), Sarıkız (%22.9), Akman - 98 (%22.7), Yunus - 90 (%22.6) genotipleri takip etmiştir. Diğer genotiplerin protein oranları ise %19.4 ile %22.5 arasında değişim göstermiştir. En düşük protein oranı ise %19.4 ile Kanada genotipinden elde edilmiştir. Yapılan LSD testine göre Eskişehir - 855 genotipi birinci grupta, May Gina genotipi ikinci grupta, Seminis Gina genotipi üçüncü grupta, Şahin - 90 genotipi dördüncü grupta, Kanada genotipi ise son grupta yer almıştır (Çizelge 4.20).

Uygulanan bor dozlarının fasulye genotiplerinin protein içeriği üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Bu amaçla hesaplanan F değerleri Çizelge 4.19' da verilmiş olup %1 ihtimal sınırına göre istatistiki olarak önemlidir. Genotiplerin ve çinko dozlarının ortalaması olarak en yüksek tane protein oranı %22.9 ile B_1 dozu uygulamasından elde edilmiş, bunu azalan sıra ile B_0 (kontrol) (%22.6) ve B_2 (%21.1) uygulamaları takip etmiştir (Çizelge 4.20). Denemede B_0 (kontrol) uygulamasına göre B_1 dozu kıyaslandığında fasulye genotiplerinin tane protein oranlarında %1.4 oranında bir artış belirlenirken, B_2 dozu uygulamasıyla %6.4 oranında bir azalış olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.20). Yapılan LSD testine göre protein oranları sınıflandırıldığında B_1 uygulaması birinci grupta, B_0 (kontrol) uygulaması ikinci grupta ve B_2 uygulaması son grupta yer almıştır (Çizelge 4.20). Yapılan deneme sonucunda tane protein oranı ile çiçeklenme dönemi, hasat dönemi ve tane B konsantrasyonu değerleri arasında negatif önemli ilişkilerin (sırasıyla -0.225**, -0.279**, -0.257**) bulunmuş olması da sonuçlarımızı desteklemektedir. Elde ettiğimiz sonuçlarla ilgili olarak Ceyhan ve ark. (2006)'nın fasulye çeşitleriyle yaptıkları tarla denemsinde bor uygulamasıyla bitkilerin tane protein oranı değerleri ile yaprakta B konsantrasyonları arasında önemli negatif ilişkiler belirlemişlerdir.

Genotip x Bor interaksiyonu istatistiki bakımdan %1 ihtimal sınırında önemli olup, bu amaçla hesaplanan F değeri Çizelge 4.19' da verilmiştir. Nitekim çinko uygulanmayan (Zn_0) muamelelerinin incelenmesiyle görülebileceği gibi tane protein oranlarının B_0 dozunda ortalama %21.5 olup, %16.6 (Kanada) ile %27.5 (Eskişehir-855), B_1 dozunda ortalama %21.6 olup, %17.5 (Fasulye Sıra) ile %25.9 (May Gina) ve B_2 dozunda ise ortalama %20.6 olup, %17.0 (Nazende) ile %23.3 (Şahin-90) arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.20, Şekil 31). Çinko uygulanmayan (Zn_0) muamelelerde fasulye genotipleri ayrıntılı olarak değerlendirildiğinde tane protein oranlarının Eskişehir – 855, Şehirali – 90, Önceler – 98, Göynük – 98, Noyanbey, Aras – 98, Horoz Fasulye ve Romano genotiplerinde hiç bor uygulanmamış muamelelerde en yüksek protein oranı belirlenirken, Yunus – 90, Akman – 98, Karacaşehir – 90, Terzibaba, Yalova – 17, Nazende, Sarıkız, Seminis Gina, May Gina, Efsane ve Kanada genotiplerinde B_1 dozu uygulamasında en yüksek protein oranı elde edilmiştir. Zülbiye, Akdağ, Yakutiye, Şahin–90, Fasulye Sıra, ve Magnum genotiplerinde ise B_2 dozunda en yüksek protein oranına ulaşılmıştır (Çizelge 4.20, Şekil 4.31).

Fasulye genotipleri arasında tane protein oranları bakımından büyük farklılıklar olduğu görülmektedir. Bu farklılığında en önemli sebebi genotipler arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Nitekim Ceyhan ve ark., 2006 altı fasulye çeşidi kullanarak yaptıkları tarla denemesinde kullanılan çeşitlerin tane protein oranlarının birbirlerinden farklı olduğunu ve bu farklılığın genotipler arasındaki farklılıktan kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Benzer sonuçlar France ve Tay (1986); Thung (1993) tarafından da bildirilmiştir. Benzer çalışmalarda Ayvaz (2002), arpa çeşitleri üzerine yaptıkları çalışmada uygulanan bor dozlarına bağlı olarak kullanılan arpa çeşitlerinin farklılık gösterdiğini ve bu farklılığın genotipik farklılıklardan kaynaklandığını belirtmişlerdir.



Şekil 4.31. Çinko uygulanmayan muamelelerde bor dozlarının bodur fasulye genotiplerinin tane protein oranlarına (%) etkisi

Ceyhan ve ark. (2006), fasulyede yaptıkları tarla denemesinde bor uygulamasına bağlı olarak en yüksek protein oranını Karacaşehir – 90 çeşidinde belirlerken, en düşük protein oranını Öncüler – 98 çeşidinde elde etmişlerdir. Yapılan denemede bor uygulama şeklinin protein verimi üzerine etkili olduğunu, B'un topraktan uygulanmasıyla protein oranının % 6, yapraktan uygulanmasıyla %13 oranında arttığını belirlemişlerdir. Gülümser ve ark. (2005), fasulyede yaptıkları tarla denemesinde 0, 0.5, 1.0, 1.5 ve 2.0 kg ha^{-1} dozlarında bor uygulamış uygulama sonucunda tanenin protein içeriğinin bor uygulamasından etkilenmediğini bildirmiştir. Fasulye dışında diğer bitki türleri kullanılarak yapılan araştırma

sonuçlarına göre Ayvaz (2002), arpada yaptıkları sera çalışmasında uygulanan farklı bor dozlarının (0; 1; 10 ve 20 mg kg^{-1}) toplam protein miktarı bakımından en düşük toplam protein içeriğini 1mg kg^{-1} bor uygulamasından elde edildiğini buna karşın borsuz ortamda yetiştirilen bitkilerin 1 mg kg^{-1} bor uygulamasından daha fazla toplam protein içerdiğini bulmuşlardır. Bununla birlikte bor dozlarının artışına bağlı olarak toplam protein oranının artığını da ifade etmişlerdir. Mahboobi ve ark., (2000), toksik bor etkisinde kalan bitkilerde protein miktarının arttığı ve bitkilerde bir takım yeni proteinlerin sentezlendiğini ortaya koymuşlardır. Kacar ve ark. (1998), bor'un nitrat indirgenmesiyle bitkilerin değişik organlarında bulunan amino asit ve protein miktarları üzerine doğrudan etki yapmadığını bor etkinliğinin protein miktarı üzerine dolaylı bir etkisinin bulunduğunu bildirmişlerdir.

Çinko dozlarının protein oranı üzerine etkisi istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) olup, bu amaçla hesaplanan F değeri Çizelge 4.19' da verilmiştir. Genotiplerin ve bor dozlarının ortalaması olarak en yüksek protein oranı %23.1 ile Zn_2 dozu uygulanan bitkilerden elde edilirken, bunu azalan sıra ile Zn_1 dozu (%22.3) ve Zn_0 (kontrol) dozu (%21.2) takip etmiştir. Fasulye genotiplerinde çinko dozları ortalamaları dikkate alındığında kontrole göre Zn_1 dozu uygulamasıyla protein değerinde %5.2 oranında bir artış elde edilirken, Zn_2 uygulamasında protein değerinde %9.1 oranında bir artış olduğu belirlenmiştir. Yapılan LSD testine göre, Zn_2 uygulaması birinci grupta, Zn_1 uygulaması ikinci grupta ve Zn_0 (kontrol) uygulaması son grupta yer almıştır (Çizelge 4.20). Çalışmada elde edilen sonuçlara göre tane protein oranı ile çiçeklenme dönemi, hasat dönemi ve tane Zn konsantrasyonu değerlerinin ilişkilendirilmesi sonucunda aralarında pozitif ve önemli ilişkiler (sırasıyla 0.266^{**}, 0.297^{**}, 0.232^{**}) belirlenmiştir. Aynı şekilde Zn ile ilgili farklı bitkiler kullanılarak yapılan araştırmalarda sonuçlarımızı desteklemiştir. Mungan (2003), makarnalık buğday ve arpada yaptıkları tarla çalışmasında farklı dozlarda uyguladıkları çinkonun etkisini araştırmışlar ve araştırma sonucunda bitkilerde artan çinko dozlarıyla birlikte tane protein oranlarının bizim bulduğumuz sonuçlarla benzerlik gösterecek şekilde arttığını belirlemişlerdir. Daha öncede ifade edildiği gibi bu sonuçlar bitkilere yeterli seviyede çinko sağlanmasının esansiyel amino asitlerden olan triptofan sentezini arttırması bununla birlikte çinkonun amino asit sentezi üzerindeki olumlu etkisinin protein sentezine yansımış olabileceği düşüncesini oluşturmaktadır (Akçin, 1974).

Çizelge 4.20. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Sera Koşullarında Yetiştirilen Bodur Fasulye Genotiplerinin Tane Protein Oranlarına (%) Etkileri

Genotipler	Bor mg kg^{-1}	Uygulamalar							
		Zn mg kg^{-1}						Ortalama	
		0		5		10			
		%	%	%	%	%	%	%	%
Eskişehir 855	0	27,52 ± 0,03		29,50 ±	*7,18*	31,37 ± 0,06	*13,99*	29,46 ± *1,7*	
	5	24,37 ± 0,06	*-11,45*	27,29 ± 0,10	*-0,84*	28,77 ± 0,03	*4,54*	26,81 ± *1,9*	*-9,0*
	10	20,29 ± 0,10	*-26,27*	21,35 ± 0,10	*-22,42*	23,13 ± 0,04	*-15,95*	21,59 ± *1,3*	*-26,7*
	Ort.	24,06		26,05	*8,26*	27,76	*15,37*	25,95	
Şehirali 90	0	21,54 ± 0,03		22,04 ± 0,13	*2,31*	22,95 ± 0,10	*6,55*	22,18 ± *0,6*	
	5	20,35 ± 0,10	*-5,52*	21,95 ± 0,10	*1,90*	23,25 ± 0,13	*7,94*	21,85 ± *1,3*	*-1,5*
	10	19,06 ± 0,12	*-11,51*	20,29 ± 0,10	*-5,80*	20,73 ± 0,10	*-3,76*	20,02 ± *0,8*	*-9,7*
	Ort.	20,32		21,43	*5,46*	22,31	*9,81*	21,35	
Yunus 90	0	20,94 ± 0,11		21,95 ± 0,20	*4,82*	24,77 ± 0,10	*18,29*	22,52 ± *1,7*	
	5	21,95 ± 0,10	*4,84*	23,75 ± 0,06	*13,42*	25,19 ± 0,08	*20,30*	23,63 ± *1,4*	*4,9*
	10	20,00 ± 0,06	*-4,50*	21,89 ± 0,10	*4,54*	22,58 ± 0,10	*7,83*	21,49 ± *1,2*	*-4,6*
	Ort.	20,96		22,53	*7,48*	24,18	*15,35*	22,56	
Akman 98	0	22,00 ± 0,12		22,54 ± 0,10	*2,47*	24,45 ± 0,10	*11,15*	23,00 ± *1,1*	
	5	23,26 ± 0,16	*5,74*	23,89 ± 0,11	*8,59*	24,95 ± 0,10	*13,44*	24,03 ± *0,8*	*4,5*
	10	20,29 ± 0,10	*-7,77*	22,43 ± 0,06	*1,97*	20,21 ± 0,11	*-8,12*	20,97 ±*1,1*	*-8,8*
	Ort.	21,85		22,95	*5,04*	23,21	*6,22*	22,67	
Önceler 98	0	22,33 ± 0,10		23,06 ± 0,06	*3,27*	23,35 ± 0,10	*4,57*	22,91 ± *0,5*	
	5	21,31 ± 0,06	*-4,57*	21,99 ± 0,17	*-1,52*	24,12 ± 0,07	*8,03*	22,48 ± *1,3*	*-1,9*
	10	21,48 ± 0,10	*-3,81*	21,35 ± 0,13	*-4,39*	20,62 ± 0,06	*-7,66*	21,15 ± *0,4*	*-7,7*
	Ort.	21,71		22,14	*1,98*	22,70	*4,57*	22,18	
Göynük 98	0	22,11 ± 0,15		22,48 ± 0,09	*1,67*	23,29 ± 0,15	*5,34*	22,62 ± *0,5*	
	5	20,52 ± 0,10	*-7,19*	20,91 ± 0,10	*-5,43*	21,64 ± 0,10	*-2,13*	21,02 ± *0,5*	*-7,1*
	10	20,01 ± 0,08	*-9,50*	18,57 ± 0,13	*-16,01*	18,12 ± 0,06	*-18,05*	18,90 ± *0,9*	*-16,5*
	Ort.	20,88		20,65	*-1,08*	21,02	*0,67*	20,85	
Karacaşehir 90	0	22,39 ± 0,10		22,71 ± 0,08	*1,43*	23,55 ± 0,07	*5,18*	22,88 ± *0,5*	
	5	22,91 ± 0,10	*2,32*	24,15 ± 0,09	*7,86*	24,40 ± 0,09	*8,98*	23,82 ± *0,7*	*4,1*
	10	22,72 ± 0,10	*1,47*	21,93 ± 0,05	*-2,05*	21,79 ± 0,10	*-2,68*	22,15 ± *0,5*	*-3,2*
	Ort.	22,67		22,93	*1,13*	23,25	*2,53*	22,95	
Zülbiye	0	19,31 ± 0,06		21,79 ± 0,10	*12,84*	22,35 ± 0,10	*15,74*	21,15 ± *1,4*	
	5	17,65 ± 0,08	*-8,60*	17,99 ± 0,06	*-6,84*	20,83 ± 0,09	*7,87*	18,82 ± *1,5*	*-11,0*
	10	19,93 ± 0,06	*3,21*	22,78 ± 0,09	*17,97*	21,58 ± 0,10	*11,76*	21,43 ± *1,2*	*1,3*
	Ort.	18,96		20,85	*9,98*	21,59	*13,84*	20,47	
Akdağ	0	21,53 ± 0,11		22,04 ± 0,19	*2,37*	22,91 ± 0,10	*6,41*	22,16 ± *0,6*	
	5	21,00 ± 0,06	*-2,48*	21,54 ± 0,10	*0,05*	22,42 ± 0,06	*4,13*	21,65 ± *0,6*	*-2,3*
	10	22,82 ± 0,14	*5,99*	23,54 ± 0,14	*9,34*	23,87 ± 0,16	*10,87*	23,41 ± *0,5*	*5,6*
	Ort.	21,78		22,37	*2,72*	23,07	*5,92*	22,41	
Noyanbey	0	21,88 ± 0,07		22,31 ± 0,06	*1,97*	22,70 ± 0,09	*3,76*	22,30 ± *0,4*	
	5	20,83 ± 0,10	*-4,80*	21,71 ± 0,13	*-0,79*	22,04 ± 0,13	*0,72*	21,52 ± *0,6*	*-3,5*
	10	19,58 ± 0,13	*-10,53*	20,12 ± 0,16	*-8,03*	20,43 ± 0,06	*-6,61*	20,04 ± *0,4*	*-10,1*
	Ort.	20,76		21,38	*2,98*	21,72	*4,64*	21,29	
Aras 98	0	22,91 ± 0,10		23,44 ± 0,05	*2,31*	24,12 ± 0,12	*5,28*	23,49 ± *0,5*	
	5	20,87 ± 0,06	*-8,92*	21,89 ± 0,10	*-4,45*	22,62 ± 0,16	*-1,27*	21,80 ± *0,8*	*-7,2*
	10	20,20 ± 0,09	*-11,83*	19,93 ± 0,06	*-13,01*	19,62 ± 0,16	*-14,36*	19,92 ± *0,3*	*-15,2*
	Ort.	21,33		21,76	*2,01*	22,12	*3,72*	21,74	
Terzibaba	0	20,91 ± 0,10		21,45 ± 0,10	*2,55*	24,68 ± 0,22	*18,00*	22,34 ± *1,8*	
	5	22,68 ± 0,12	*8,46*	23,50 ± 0,06	*12,36*	26,28 ± 0,12	*25,66*	24,15 ± *0,6*	*8,1*
	10	21,04 ± 0,10	*0,61*	22,63 ± 0,08	*8,22*	23,27 ± 0,16	*11,26*	22,31 ± *1,0*	*-0,1*
	Ort.	21,55		22,53	*4,55*	24,74	*14,81*	22,94	
Yakutiye	0	21,31 ± 0,06		22,75 ± 0,06	*6,74*	24,04 ± 0,10	*12,80*	22,70 ± *1,2*	
	5	20,86 ± 0,07	*-2,11*	21,85 ± 0,07	*2,55*	22,33 ± 0,13	*4,79*	21,68 ± *0,7*	*-4,5*
	10	21,50 ± 0,23	*0,89*	22,37 ± 0,12	*4,97*	23,41 ± 0,22	*9,85*	22,43 ±*0,9*	*-1,2*
	Ort.	21,22		22,32	*5,18*	23,26	*9,58*	22,27l	

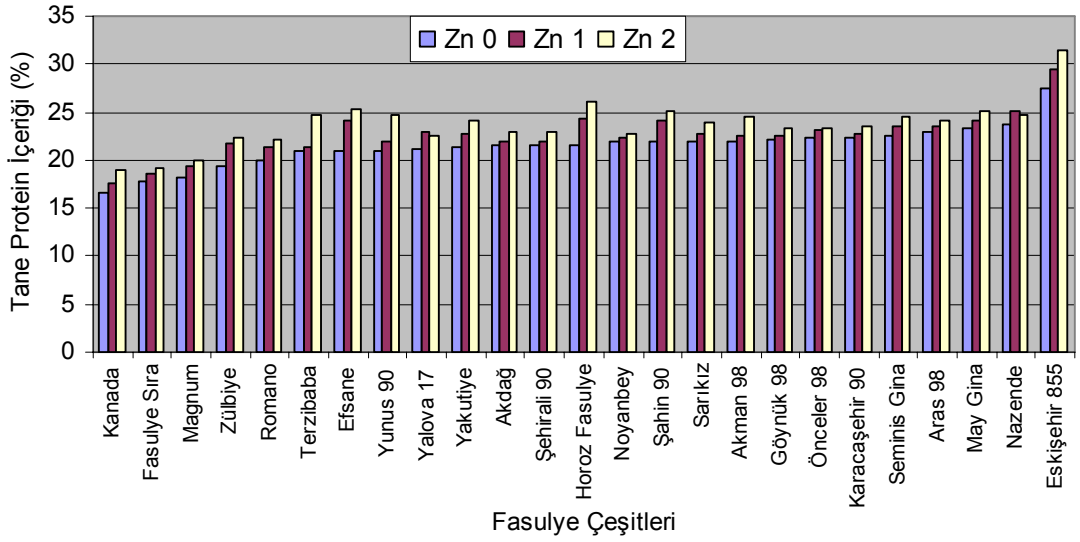
Çizelge 4.20. (Devam)

Genotipler	Bor mg kg^{-1}	Uygulamalar						Ortalama	
		Zn mg kg^{-1}							
		0		5		10			
		%	%	%	%	%	%	%	%
Şahin 90	0	21,93 ± 0,06		24,03 ± 0,08	9,55	25,12 ± 0,06	14,53	23,69 ± 1,4	
	5	22,91 ± 0,10	4,47	24,08 ± 0,10	9,79	24,41 ± 0,24	11,31	24,47 ± 1,6	3,3
	10	23,32 ± 0,13	6,32	22,89 ± 0,10	4,36	22,18 ± 0,06	1,14	22,80 ± 0,5	-3,8
	Ort.	22,72		23,67	4,16	24,57	8,14	23,65	
Fasulye Sıra	0	17,75 ± 0,23		18,62 ± 0,06	4,90	19,26 ± 0,16	8,51	18,54 ± 0,7	
	5	17,50 ± 0,06	-1,43	19,07 ± 0,15	7,44	19,76 ± 0,10	11,32	18,78 ± 1,0	1,3
	10	21,38 ± 0,05	20,43	20,96 ± 0,17	18,08	20,33 ± 0,22	14,54	20,89 ± 0,5	12,7
	Ort.	18,87		19,55	3,59	19,79	4,84	19,40	
Horoz Fasulye	0	21,54 ± 0,23		24,29 ± 0,20	12,77	26,05 ± 0,07	20,94	23,96 ± 2,0	
	5	20,74 ± 0,16	-3,71	22,29 ± 0,10	3,48	24,10 ± 0,12	11,88	22,38 ± 1,5	-6,6
	10	20,12 ± 0,16	-6,58	21,05 ± 0,07	-2,27	21,35 ± 0,10	-0,88	20,84 ± 0,6	-13,0
	Ort.	20,80		22,54	8,36	23,83	14,58	22,39	
Yalova 17	0	21,25 ± 0,06		22,87 ± 0,06	7,62	22,52 ± 0,10	5,98	22,21 ± 0,7	
	5	23,58 ± 0,13	10,96	25,69 ± 0,07	20,89	23,95 ± 0,09	12,71	24,41 ± 1,0	9,9
	10	20,85 ± 0,20	-1,88	21,93 ± 0,06	3,21	22,19 ± 0,05	4,42	24,66 ± 0,6	11,0
	Ort.	21,89		23,50	7,33	22,89	4,54	22,76	
Nazende	0	23,74 ± 0,05		25,19 ± 0,11	6,12	24,70 ± 0,09	4,04	24,54 ± 0,7	
	5	24,18 ± 0,07	1,85	25,16 ± 0,13	5,99	25,50 ± 0,17	7,40	24,95 ± 0,6	1,6
	10	16,98 ± 0,09	-28,48	17,87 ± 0,06	-24,73	18,82 ± 0,11	-20,72	17,89 ± 0,8	-27,1
	Ort.	21,63		22,74	5,14	23,01	6,36	22,46	
Romano	0	19,98 ± 0,10		21,33 ± 0,10	6,76	22,18 ± 0,13	11,03	21,16 ± 1,0	
	5	19,94 ± 0,06	-0,20	20,70 ± 0,09	3,62	21,80 ± 0,08	9,11	20,81 ± 0,8	-1,7
	10	19,31 ± 0,06	-3,35	20,16 ± 0,07	0,92	20,64 ± 0,03	3,30	20,04 ± 0,6	-5,3
	Ort.	19,74		20,73	5,01	21,54	9,11	20,67	
Sarıkız	0	21,93 ± 0,06		22,73 ± 0,09	3,63	23,86 ± 0,07	8,79	22,84 ± 0,8	
	5	23,43 ± 0,05	6,83	23,83 ± 0,10	8,65	24,66 ± 0,10	12,43	23,97 ± 0,6	5,0
	10	20,72 ± 0,13	-5,53	21,60 ± 0,18	-1,53	22,87 ± 0,16	4,27	21,73 ± 0,9	-4,9
	Ort.	22,03		22,72	3,13	23,80	8,04	22,85	
Magnum	0	18,10 ± 0,28		19,39 ± 0,16	7,16	19,93 ± 0,05	10,11	19,14 ± 0,8	
	5	18,85 ± 0,10	4,18	21,53 ± 0,10	18,99	23,25 ± 0,06	28,47	21,21 ± 1,9	10,8
	10	18,92 ± 0,13	4,55	20,13 ± 0,17	11,25	21,23 ± 0,09	17,31	20,09 ± 1,0	5,0
	Ort.	18,62		20,35	9,30	21,47	15,28	20,15	
Seminis Gina	0	22,52 ± 0,03		23,52 ± 1,10	4,44	24,43 ± 0,06	8,48	23,49 ± 1,0	
	5	23,12 ± 0,05	2,68	25,92 ± 0,11	15,10	27,86 ± 14,54	23,71	22,86 ± 7,8	-2,7
	10	22,24 ± 0,06	-1,24	23,29 ± 0,13	3,42	25,13 ± 0,18	11,59	23,55 ± 1,3	0,3
	Ort.	22,63		24,24	7,13	23,03	1,78	23,30	
May Gina	0	23,41 ± 0,89		24,20 ± 0,09	3,37	25,16 ± 0,13	7,48	24,26 ± 0,8	
	5	25,89 ± 0,10	10,59	26,54 ± 0,10	13,37	28,27 ± 0,16	20,76	26,90 ± 1,1	10,9
	10	21,56 ± 0,13	-7,90	22,59 ± 0,10	-3,50	23,94 0,12	2,26	22,70 ± 1,0	-6,4
	Ort.	23,62		24,44	3,48	25,79	9,18	24,62	
Efsane	0	20,92 ± 0,10		24,16 ± 0,10	15,49	25,25 ± 0,17	20,70	23,45 ± 2,0	
	5	21,95 ± 0,08	4,92	25,87 ± 0,12	23,66	26,33 ± 0,10	25,86	24,72 ± 2,1	5,4
	10	20,39 ± 0,10	-2,52	21,27 ± 0,03	1,67	22,66 ± 0,12	8,32	21,44 ± 1,0	-8,6
	Ort.	21,09		23,77	12,71	24,75	17,36	23,20	
Kanada	0	16,55 ± 0,08		17,56 ± 0,07	6,10	18,95 ± 0,09	14,50	17,69 ± 1,1	
	5	19,44 ± 0,08	17,46	20,38 ± 0,07	23,14	23,97 ± 0,09	44,82	21,26 ± 2,1	20,2
	10	19,10 ± 0,19	15,41	19,79 ± 0,10	19,56	18,44 ± 0,11	11,42	19,11 ± 0,6	8,0
	Ort.	18,36		19,24	4,79	20,45	11,39	19,35	
Genel Ort.	0	21,45		22,64	5,54	23,68	10,39	22,59	
	5	21,60	0,72	22,94	6,94	24,19	12,77	22,91	1,4
	10	20,55	-4,19	21,31	-0,66	21,57	0,54	21,14	-6,4
	Ort.	21,20		22,30	5,16	23,14	9,14		

LSD (%1) değerleri; G: 0.09446; B: 0.03272; G x B: 0.1636; Zn: 0.03272; G x Zn: 0.1636; B x Zn: 0.05667; B x Zn x G: 0.1211

Protein oranları itibariyle, genotip x çinko interaksiyonu istatistiki olarak %1 ihtimal sınırında önemli olup, bu amaçla hesaplanan F değeri Çizelge 4.19' da verilmiştir. Nitekim bor uygulanmayan (B_0) muamelelerinin incelenmesiyle görülebileceği gibi bitkilerin protein oranlarının Zn_0 dozunda ortalama %21.5 olup, %16.6 (Kanada) ile %27.5 (Eskişehir-855), Zn_1 dozunda ortalama %22.6 olup, %17.6 (Kanada) ile %29.5 (Eskişehir-855) ve Zn_2 dozunda ise ortalama %23.7 olup %19.0 (Kanada) ile %26.1 (Eskişehir 855) arasında değiştiği belirlenmiştir. Bor uygulanmayan (B_0) muamelelerde fasulye genotipleri ayrıntılı olarak değerlendirildiğinde en yüksek tane protein oranı Yalova-17 ve Nazende genotiplerinde 5 mg kg^{-1} (Zn_1), diğer bütün genotiplerde ise 10 mg kg^{-1} (Zn_2) çinko uygulamasıyla elde edilmiştir. Elde edilen bu veriler çinko uygulamasıyla fasulye genotiplerinin tane protein oranlarının kontrole (Zn_0) göre önemli düzeylerde arttığını, ancak bu artışın genotiplere bağlı olarak değiştiğini göstermektedir (Çizelge 4.20, Şekil 4.32). Akçin (1974), 10 fasulye çeşidi kullanarak yaptığı araştırmada ham protein oranının çeşitler arasında çok farklı olarak %18.3 ile %31.5 arasında değiştiğini belirlemiştir. Önder (1992), benzer toprak şartlarında farklı fasulye çeşitlerini kullanarak yapmış olduğu tarla denemesinde 10 fasulye çeşidinin ham protein oranlarının %20.0 – 27.1 arasında değiştiğini tespit etmiş ve bu farklılığın genotipik varyasyondan kaynaklandığını bildirmiştir. Bitkilere yeterli seviyede çinko sağlanmasının esansiyel amino asitlerden olan triptofan sentezini arttırdığı daha önceki çalışmalarda ifade edilmekte olup (Akçin, 1974), çinkonun amino asit sentezi üzerindeki olumlu etkisinin protein sentezine yansımış olabileceği düşünülmektedir. Fasulye dışında diğer bitki türleri kullanılarak yapılan çinko çalışmalarında da, Mungan (2003), makarnalık buğday ve arpada yaptıkları tarla çalışmasında farklı dozlarda uyguladıkları çinkonun etkisini araştırmışlar ve araştırma sonucunda bitkilerde artan çinko dozlarıyla birlikte tane protein oranlarının da arttığını belirlemişlerdir. El Hattab ve Geith (1985), Abdel – Aziz ve ark., (1986), hububatlar üzerine yapmış oldukları çalışmalarda çinko sülfat uygulamasıyla tane ham protein oranlarının arttığını ifade etmişlerdir. Gezgin (1998), buğdayda yaptıkları tarla denemesinde beş çinko dozunu (0, 390.6; 781.2; 1171.8 ve 1562.4 g Zn da^{-1}) yapraktan uygulamış, tane protein kapsamı üzerine çinko dozlarının etkisinin $ZnSO_4$ formunda uygulanan muamelelerde artan çinko dozlarıyla tane protein oranlarının

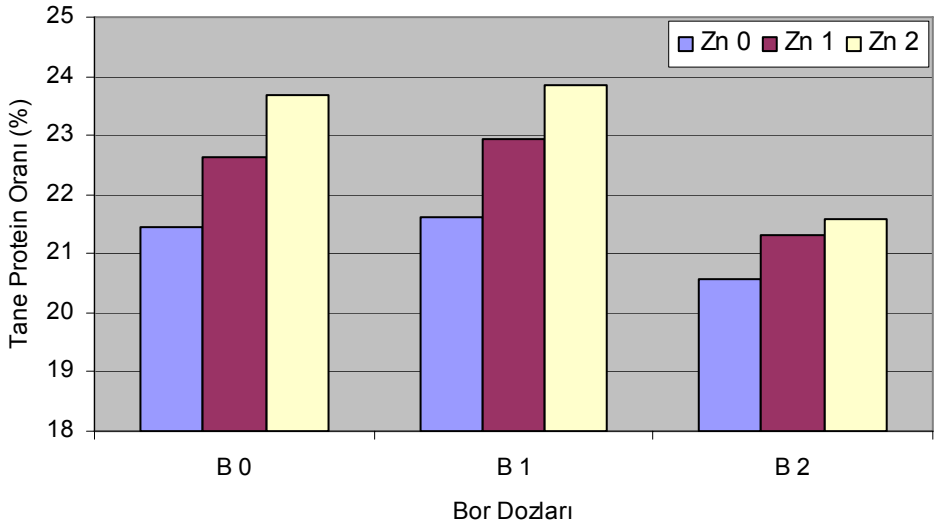
artma eğiliminde olduğunu belirlemişlerdir. Aydın ve ark., (2005), mısırda yaptıkları sera denemesinde bitkiye artan seviyelerde çinko uygulamışlar, uygulama sonucunda çinko dozları ile protein miktarının düzenli bir artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Çinko uygulamasının bitkilerde protein miktarı üzerine olumlu etkileri Pandey ve ark. (2002); Hacısalihoğlu ve Kochian (2003), tarafından da rapor edilmiştir. Gerek fasulyede gerekse diğer bitki türlerinde yapılan çalışma sonuçlarında elde edilen sonuçlar bizim araştırma sonuçlarımızı teyit etmektedir.



Şekil 4.32. Bor uygulanmayan muamelelerde çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin tane protein oranlarına (%) etkisi

Bor x çinko interaksiyonunun protein oranı üzerine etkisi istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) olup bu amaçla hesaplanan F değeri çizelge 4.19' da verilmiştir. Bor x çinko interaksiyonunda en yüksek protein oranı %24.2 ile B_1 x Zn_2 uygulamasından elde edilirken en düşük protein oranı %20.6 ile B_2 x Zn_0 uygulamasından elde edilmiştir. Bor x çinko interaksiyonu sonucunda en yüksek protein oranının elde edildiği B_1 x Zn_2 uygulamasında kontrole göre %12.8 oranında bir artış olurken en düşük protein oranının elde edildiği B_2 x Zn_0 uygulamasında %4.2 oranında bir azalış olduğu belirlenmiştir. Yapılan LSD testine göre B_1 x Zn_2 uygulaması birinci grupta, B_0 x Zn_2 uygulaması ikinci grupta, B_1 x Zn_1 uygulaması üçüncü grupta yer alırken, B_2 x Zn_0 uygulaması son grupta yer almıştır (Çizelge 4.20, Şekil 4.33).

Bor x çinko x genotip interaksiyonunun etkisi de tane protein oranı üzerine istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) olup, bu amaçla hesaplanan F değeri Çizelge 4.19'da verilmiştir. Bor x çinko x genotip interaksiyonunda protein oranı %31.4 (Eskişehir - 855 genotipinde B_0 x Zn_2 uygulamasında) ile %16.6 (Kanada genotipinde B_0 x Zn_0 uygulamasında) arasında değişmiştir (Çizelge 4.20). Hem ikili hemde üçlü interaksiyonlar neticesinde fasulye genotiplerinin protein oranları üzerine bor ve çinkonun etkisinin yukarıda da açılandığı gibi çinko uygulamasıyla bitkilerin protein oranlarının arttığı, bor uygulamasıyla ise bitkilerde protein oranlarının B_1 dozu uygulamasında en yüksek seviyede olduğu bu dozun üzerindeki seviyelerde ise protein oranlarında azalmalar olduğu görülmüştür. Bu azalmalar üzerinde de çinkonun çok fazla bir sınırlayıcı etkisinin olmadığı belirlenmiştir.



Şekil 4.33. Farklı bor ve çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin tane protein oranlarına (%) etkisi

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırma sonuçları ülkemizde fasulye tarımı açısından bor eksikliği ve toksisitesi yanında çinko noksanlığının da çiftçilerimiz açısından önemli bir problem olacağını göstermektedir. Besin elementleri arasındaki etkileşimlerin gübre uygulamasında iki önemli meselenin sonuçlarını ve gidişatını belirlemede anahtar role sahip olduğu bilinmektedir. Bu iki önemli faktör dengeli ve etkili gübre kullanımıdır. Özellikle belirtilmelidir ki denge, yüksek ve kaliteli ürün elde etmek için olmazsa olmaz bir faktördür ve aynı zamanda etkili gübre kullanımının ana unsurudur. Bundan dolayı bu tezde bor ve çinko besin elementleri arasındaki etkileşim konusuna dikkat çekmek ve yüksek kalitede ürün elde etmek için bu etkileşimlerin oranları ve şekillerini ortaya koymak amaçlanmıştır.

Elde edilen sonuçlar bodur fasulye genotiplerinin bor ve çinko dozlarından önemli ölçüde etkilendiğini göstermektedir. Denemede kullanılan fasulye genotiplerinin bor dozlarına tepkilerinin genotiplere bağlı olarak değiştiği, en yüksek biyolojik verim ve kuru madde değerlerinin Eskişehir-855 Şehirali-90, Göynük-98, Karacaşehir-90, Akdağ, Noyanbey, Terzibaba, Yakutiye, Şahin-90, Fasulye sıra, Yalova-17, Romano, Nazende, Seminis Gina ve Kanada genotiplerinde kontrol (B_0) dozunda, Yunus-90, Akman-98, Önceler-98, Aras-98, Horoz Fasulye, Zülbiye, Sarıkız, Magnum, May Gina ve Efsane genotiplerinde 5 mg kg^{-1} bor (B_1) dozunda olduğu, buna ilaveten 10 mg kg^{-1} bor dozunda ise bütün genotiplerin biyolojik verim ve kuru madde değerlerinde önemli düzeylerde azalmalar olduğu belirlenmiştir. Kullanılan fasulye genotiplerinin tane verimi bakımından da bor dozlarına tepkileri değerlendirildiğinde en yüksek tane verimi Eskişehir-855, Karacaşehir-90, Noyanbey, Terzibaba, Yakutiye, Fasulye Sıra, Horoz Fasulye, Yalova-17, Nazende, Romano, Seminis Gina ve Kanada genotiplerinde kontrol (B_0) dozunda, Şehirali-90, Önceler-98, Göynük-98, Zülbiye, Akdağ, Şahin-90, Sarıkız, Magnum, May Gina ve Efsane genotiplerinde 5 mg kg^{-1} bor (B_1) dozunda, Aras-98 ve Kanada genotiplerinde ise 10 mg kg^{-1} bor (B_2) dozunda elde edilmiştir. Bor dozu uygulamasıyla bodur fasulye genotiplerinin biyolojik verim, kuru madde ve tane verimlerinde meydana gelen değişmeleri birlikte değerlendirdiğimizde ve bu değerlendirmede en yüksek verim değerleri ile diğerleri arasındaki farkların istatistiki bakımdan önemli olup olmadığını da göz önünde bulundurduğumuzda Eskişehir-855 Karacaşehir-90, Noyanbey, Terzibaba, Yakutiye, Fasulye sıra, Yalova-17, Romano, Nazende,

Seminis Gina Yunus-90, Akman-98, Zülbiye, Horoz Fasulye ve Kanada genotiplerinin bor noksanlığına toleranslı olduğunu yani bor noksan topraklarda bor gübrelemesi yapmadan yetiştirilebileceğini, Şehirali-90, Göynük-98, Akdağ, Şahin-90, Önceler-98, Aras-98, Sarıkız, Magnum, May Gina ve Efsane genotiplerinin ise bor noksanlığına hassas yani bor gübrelemesine ihtiyaç duyabileceğini, bu genotiplerden en yüksek tane verimini 10 mg kg^{-1} bor (B_1) uygulamasında veren Aras-98 ve Kanada genotiplerinin ise bor toksisitesine toleranslı olduğunu ifade edebiliriz.

Elde edilen biyolojik verim, kuru madde ve tane verimi bakımından çinko x genotip interaksiyonlarının önemli çıkması, çinko uygulamasının söz konusu verim değerleri üzerine etkilerinin bodur fasulye genotiplerine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Nitekim en yüksek biyolojik verim ve kuru madde değerleri Eskişehir-855, Şehirali-90, Önceler-98, Göynük-98, Karacaşehir-90, Zülbiye, Aras-98, Terzibaba, Yakutiye, Şahin-90, Fasulye Sıra, Horoz Fasulye, Yalova-17, Nazende, Romano, Sarıkız, Magnum genotiplerinde 5 mg kg^{-1} çinko (Zn_1) dozunda, Yunus-90, Akman-98, Akdağ-98, Noyanbey, May Gina, Efsane, Kanada genotiplerinde ise 10 mg kg^{-1} çinko (Zn_2) dozunda olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında Şehirali-90, Yakutiye, Şahin – 90 ve Romano genotiplerinde Zn_2 dozunda (10 mg kg^{-1}) çinko uygulamasıyla biyolojik verim ve kuru madde verimleri kontrole göre azalmıştır. Fasulye genotiplerinin tane verimi bakımından çinko dozlarına tepkileri değerlendirildiğinde en yüksek tane verimi Akman-98, Karacaşehir-90, Noyanbey, Terzibaba, Şahin-90, Horoz Fasulye, Nazende ve Efsane genotiplerinde kontrol (Zn_0) dozunda, Eskişehir-855, Şehirali-90, Yunus-90, Önceler-98, Zülbiye, Yakutiye, Romano ve Kanada genotiplerinde5 mg kg^{-1} çinko (Zn_1) dozunda, Akdağ, Sarıkız, Magnum, Seminis Gina, May Gina ve Yalova-17 genotiplerinde ise 10 mg kg^{-1} çinko (Zn_2) dozundan elde edilmiştir. Elde edilen en yüksek tane verimleri ile diğer çinko dozlarındaki tane verimleri arasındaki farklar istatistiki olarak önemli düzeydedir. Bunun yanında Göynük-98, Aras-98 ve Fasulye sıra genotiplerinde en yüksek tane verimi 5 mg kg^{-1} çinko (Zn_1) dozunda elde edilmesine rağmen bu verim değerleri ile kontrol (Zn_0) uygulamasındaki tane verimleri arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Araştırmamızda farklı dozlarda çinko uygulamasıyla elde edilen biyolojik verim, kuru madde ve tane verimlerinin değişimleri benzer olmakla birlikte bodur fasulye yetiştiriciliğinde önemli olan tane

verimi olduğu için genotiplerin çinkoya tepkilerini belirlerken öncelikle tane verimlerindeki değişim dikkate alınabilir. Buna göre çinko noksanlığına Akman-98, Karacaşehir-90, Noyanbey, Terzibaba, Şahin-90, Horoz Fasulye, Nazende ve Efsane genotiplerinin toleranslı Göynük-98, Aras-98 ve Fasulye sıra genotiplerinin orta toleranslı, Eskişehir-855, Yunus-90, Şehirali-90, Önceler-98, Zülbiye, Yakutiye, Romano ve Kanada genotiplerinin orta hassas, Akdağ, Sarıkız, Magnum, Seminis Gina, May Gina ve Yalova-17 genotiplerinin ise çok hassas olduğunu söyleyebiliriz.

Araştırmamızda bodur fasulye genotiplerinden elde edilen biyolojik verim, kuru madde ve tane verimleri bakımından bor x çinko ve bor x çinko x genotip interaksiyonlarının önemli çıkması, söz konusu verim değerleri üzerine bor ve çinko uygulamalarının etkilerinin hem birbirlerine hem de bodur fasulye genotiplerine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Nitekim aralarındaki farkların istatistiki bakımdan önemli olması koşuluyla en yüksek tane verimleri Karacaşehir-90, Noyanbey, Terzibaba, Nazende genotiplerinde B_0 x Zn_0 (0 mg kg^{-1} B ve Zn) uygulamasıyla, Eskişehir-855, Yunus-90, Romano, Kanada genotiplerinde B_0 x Zn_1 (0 mg kg^{-1} B ve 5 mg kg^{-1} Zn) uygulamasıyla, Seminis Gina genotipinde B_0 x Zn_2 (0 mg kg^{-1} B ve 10 mg kg^{-1} Zn) uygulamasıyla, Akman-98, Akdağ, May Gina genotiplerinde B_1 x Zn_0 (5 mg kg^{-1} B ve 0 mg kg^{-1} Zn) uygulamasıyla, Şehirali-90, Zülbiye, Yakutiye, Şahin-90, Sarıkız, Magnum genotiplerinde B_1 x Zn_1 (5 mg kg^{-1} B ve 5 mg kg^{-1} Zn) uygulamasıyla, Göynük-98, Fasulye sıra genotiplerinde B_1 x Zn_2 (5 mg kg^{-1} B ve 10 mg kg^{-1} Zn) uygulamasıyla, Önceler-98, Aras-98, Horoz fasulye, Efsane genotiplerinde B_2 x Zn_1 (10 mg kg^{-1} B ve 5 mg kg^{-1} Zn) uygulamasıyla ve Yalova-17 genotipinde B_2 x Zn_2 (10 mg kg^{-1} B ve 10 mg kg^{-1} Zn) uygulamasıyla elde edilmiştir.

Çiçeklenme döneminde ve hasatta bordur fasulye genotiplerinin vejetatif aksam ve tanelerinin bor ve çinko konsantrasyonları uygulanan bor ve çinko dozlarına ve genotiplere bağlı olarak değişmiştir. Genellikle bütün genotiplerin vejetatif aksam ve tanelerindeki bor ve çinko miktarı, kontrol uygulamalarında (B_0 x Zn_0) noksan düzeylerde bulunmasına rağmen uygulanan çinko ve bor miktarının artışına bağlı olarak artmış olup 5 mg kg^{-1} bor uygulamasında bazı genotiplerde ve 10 mg kg^{-1} bor uygulamasında da bütün genotiplerde toksik düzeylere ulaşmıştır. Ancak aynı düzeyde çinko uygulamalarında vejetatif aksam ve tanelerinin çinko konsantrasyonları toksik düzeye ulaşmamıştır. Bunun yanında biyolojik verim, kuru

madde, tane verimi ve tane protein içeriği ile çiçeklenme döneminde ve hasatta vejetatif aksam ve tanelerinin bor konsantrasyonları arasında istatistiki olarak önemli negatif, çinko konsantrasyonları arasında ise önemli pozitif ilişkiler bulunmuştur. Ayrıca hemen hemen bütün genotiplerde çinko uygulaması bitkilerin hem vejatatif aksam hem de tanelerinin bor konsantrasyonlarının düşmesine ve bor toksisitesi zararlarının azalmasına neden olmuştur.

Bodur fasulye genotiplerinin tane protein kapsamları bor ve çinko uygulamalarına bağlı olarak değişmiştir. Çinko uygulanmayan (Zn_0) muamelelerde fasulye genotipleri ayrıntılı olarak değerlendirildiğinde tane protein oranlarının Eskişehir – 855, Şehirali – 90, Önceler – 98, Göynük – 98, Noyanbey, Aras – 98, Horoz Fasulye ve Romano genotiplerinde hiç bor uygulanmamış muamelelerde en yüksek protein oranı belirlenirken, Yunus – 90, Akman – 98, Karacaşehir – 90, Terzibaba, Yalova – 17, Nazende, Sarıkız, Seminis Gina, May Gina, Efsane ve Kanada genotiplerinde B_1 dozu uygulamasında en yüksek protein oranı elde edilmiştir. Zülbiye, Akdağ, Yakutiye, Şahin–90, Fasulye Sıra, ve Magnum genotiplerin ise B_2 dozunda en yüksek protein oranına ulaşılmıştır. Bor uygulanmayan (B_0) muamelelerde fasulye genotipleri ayrıntılı olarak değerlendirildiğinde en yüksek tane protein oranı Yalova-17 ve Nazende genotiplerinde 5 mg kg^{-1} (Zn_1), diğer bütün genotiplerde ise 10 mg kg^{-1} (Zn_2) çinko uygulamasıyla elde edilmiştir Elde edilen bu veriler çinko uygulamasıyla fasulye genotiplerinin tane protein oranlarının kontrole (Zn_0) göre önemli düzeylerde arttığını, ancak bu artışın genotiplere bağlı olarak değiştiğini göstermektedir.

Bu çalışma bünyesinde yukarda özetlemeye çalıştığımız verim ve kalite sonuçları bize göstermektedir ki verimli ve yüksek kaliteli fasulye tarımında bor ve çinko vazgeçilmez mikro besin elementleridir. Aynı zamanda yüksek verim ve kaliteyi bir arada yakalamak için dengeli bir bitki besleme programının uygulanması gerektiği araştırmamız sonucunda bir kez daha teyit edilmiştir. Çalışmamız kontrolü sera şartlarında yapılmasından dolayı elde edilen bilgilerin pratiğe intikal etmesi ve fasulye tarımı ile uğraşan çiftçilerimizin bu bilgilerden faydalanabilmesi için çalışmanın benzer tarla denemelerinden elde edilecek sonuçlarla bütünleştirilerek çiftçilerimize uygulamalı tarımda kullanabileceği somut tavsiyeler yapılmalıdır.

6. KAYNAKLAR

Abdel-Aziz, I.M. Mahmoud, M.H., Ashoub, M.A. and Osman, A.O, 1986.Growth and yield of corn (Zea mays L.)as influenced by nitrogen and zinc fertilization. Annals of Agricultural Science, Field Crops Abs., 040-05652,31 (2):1211-1226.

Adriano, D.C., 1986. Trace Elements in the Terrestrial Environment Pp. 73-105. Springer-Verlag, New York. USA.

Akçin. A., 1974. A Research on the Effects of Fertilization, Sowing Date and Row Spacing on Seed Yield of Various Dry Bean Cu1tivars Grown Under Erzurum Ecological Conditions and Their Phonologic, Morphologic and Technological Characteristics. Publication of Fac. Agric., No. 157. pp. 1-112. Erzurum, Turkey.

Aktaş, M., 1991. Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları: 1202. Ders Kitabı: 347, Ankara.

Alkan, A., 1998. Farklı Tahıl Türleri ile Buğday ve Arpa Çeşitlerinin Bor toksisitesine Dayanıklılığının Araştırılması ve Dayanıklılıkta Rol Alan Faktörlerin Belirlenmesi. Doktora Tezi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Ambler, I. E., and Brown, I. C., 1969. Cause of Differential Susceptibility to Zinc Deficiency İn Two Varieties of Navy Beans. Agr. J., 61: 41-43.

Apaydın, M., 1998. Konya Altınekin Ovası Topraklarında Yetiştirilen Şeker Pancarının Verim Ve Kalitesi Üzerine Farklı Şekil ve Miktarlarda Uygulanan Borun Etkisi. Yüksek Lisans Tezi S.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya

Aubert, H. and Pinta, M., 1977. Trace elements in soils; Elseviers, Amsterdam, 395.

Aydın, M., Demiral, M.A., Başal, H., Merken, Ö., Gökhan, Ş., 2005. Aydın Koşullarında Mısırda Beslenme Durumu, Çinkolu Gübreleme ve Çinko Noksanlığına Dayanıklılık. TÜBİTAK Sonuç Raporu. Proje No:TOGTAG-2822, Aydın.

Ayvaz, M., 2002. Bazı Arpa Çeşitlerinde Borun Büyüme ve Gelişme Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Bayraklı, F. 1987. Toprak ve Bitki Analizleri.O.M.Ü. Ziraat Fak. Yayınları No: 17, Samsun.

Bayraklı, F.,Sade, B., Gezgin, S., Önder, M. ve Topal, A., 1995. Çinko, Fosfor ve Azot Uygulamasının 'Gerek 79' Ekmeklik Buğday Çeşidinin (*Triticum Aestivum* L.) Tane Verimi ve Verim Unsurları Üzerine Etkileri. S.Ü. Ziraat Fak. Dergisi, 6(8): 160-172, Konya

Bell, R.W., and Frost, K., 2002. Low boron supply depresses seed viability in canola (*Brassica napus* L.) and lupin (*Lupinus angustifolius*). Boron in Plant and Animal Nutrition. Kluwer Academic/Plnum Publishers. New York. USA.

Bergmann, W., 1992. Nutritional Disorders of Plants Colout Atlas. pp 204-239. Gustav Fischer, New York, USA.

Boawn, L.C., Rasmussen, P.C. and Brown, L.W., 1969. Relationship Between Tissue Zinc Levels and Maturity Period of Field Beans. Ag. I., 61: 49-51.

Bouyoucus, G.J.1951. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils. Argon. J. 43: 434-438.

Bremner, J. M., 1965. Total Nitrogen. in Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties. Eds. C A Black and D D Evans. pp. 1149-1178. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. USA.

Brown, L.C. 1979. Effect of Zinc Stress Factors a Effecting Iron Uptake in Navy Bean. J. Plant Nutr., 1: 171-183.

Brown, L.C., and Mcdaniel, M.E., 1978. Factors Associated with Differential Response to Two Oat Cultivars to Zinc and Copper Stress. Crop. Sc., 18: 811820.

Bukov, M.L, and Riga, A.L, 1962. Redistribution of Cotyledonary Phosphorus, Calcium and Zinc During Germinatian and Early Seedlings Development of Phaseolus Vulgaris. Int. Horticultural Con. Proc. xvı. 2: 280-285.

Burvill, G.H. 1965. Plant Nutrition in Western Australia. 1. Dept. Agr., West. Aust., 6: 353-371.

Cartwright, B, Zarcinas, R. and Spoucer, L.R., 1986. Boron Toxicity in South Australian Barley Crops. Aust. Lagric. Res. 37:351-359.

Cartwright, B., Zarcinas, R. and Mayfield, A.H., 1984. Toxic Concentrations of Boron in a Red-Brown Earth at Gladstone, South Australia. Aust. J. Soil Res. 22:261-72.

Cattanach, A., 1990. Boron Fertilization of Sugar Beets in The Red River Valley. Sugar Beet Research and Extension Reports. Volume 21, Page 118.

Ceyhan, E., Önder, M., Hamurcu, M., Harmankaya, M., Gökmen, F. ve Gezgin, S., 2006. Response of Dry Been (*Phaseolus vulgaris* L) Cultivars to Foliar and Soil Applied in Boron Defficient Calcareous Soils.Plant and Soil (in Press).

Chapman, H.D., Edwars, D.G., Blamey, F.P.C., and Asher, C.I., 1997. Chalienging The Dogma of A Narrow Supply Range Between Deficiencyand Toxicity of Boron. Boron in Soils and Plants. Proceedings Eds. R W. Beli and B. Rerkasem, Pp. 151-155. Kluwer Academic Publ., Dordrecht, The Nether1ands.

Clark, R.B., 1978. Differential Response of Maize in Breads to Zn. Agr. J., 70: 1057-1060.

Coetzer, LA, Robbertse, P.J., Stoftberg, E., Holtzhausen, C.S., Bemard R.O. 2000. The effect of Boron on Reproduction in Tomato (Lycopersicum esculentum L.) and Bean (*Phaseolus vulgaris* L). South-African J. Plant & Soi1, 7 (4), 212-217

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

Çakmak, İ., and Marschner, H., 1987. Mechanism of phosphorus-İnduced Zinc Deficiency in Cotton Changes İn Physiological Availability of Zinc in Plants. Physiol. Plant, 70: 13-20.

Çakmak, İ., and Marschner, H., 1988. Enhanced Superoxide Radical Production in Roots of Zinc Deficient Plants. J. Experimental Botany, 39: 1449-1460.

Çakmak, İ., and Marschner, H., 1988a. Zinc Dependent Changes in Esr Signals, Nadph Oxidase and Plasma Membrane P.ermeability in Cotton Roots. J. Plant Ph., 73: 182-186.

Çakmak, İ. and Marschner, H., 1988b. Increase in Membrane Permeability and Exudation in Roots of Zinc Deficient Plants. J. Plant. Ph., 132: 356-361.

Çakmak, İ., and Römheld, V., 1997. Boron Deficiency-Induced Impairments of Cellu1ar Functions in Plants. In Plant and Soil. Proceedings Eds. R W. Beli and B. Rerkasem, pp. 193: 71-83. Kluwer Academic PubL., Dordrecht, the Netherlands.

Çakmak, İ., Kalaycı, M., Ekiz, H., Brawn, H.J., Kılınç, Y. ve Yılmaz, A., 1999. Zinc Deficiency as a Practical Problem in Plant and Human Nutrition in Turkey: A Na To-Science for Stability Project Field Crops Research 60, I 75-188.

Çakmak, İ., Sarı, N., Marschner, H., Kalaycı, M., Yılmaz, A., and Gülüt, K.Y., 1996. Dry Matter Production and Distribution of Zinc in Bread and Durum Wheat Genotypes Differing in Zinc Efficiency. Plant and Soil, 180: ı 73-181.

Çakmak, İ., Yılmaz, A., Kalaycı, M., Ekiz, H. Torun, B., Erenoglu, B. and Brawn, H.J, 1996. Zinc Deficiencya as Critical Problem in Wheat Production in Central Anatolia. Plant And Soil. 180: 167-1 72.

Çiftçi, C. Y., 2004. Dünyada ve Türkiye'de Yemeklik Tane Baklagiller Tarımı. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Teknik Yayınlar Dizisi No:5, Ankara

Deka, B.C., Shadeque, A.,1991. Influence of Micronutrient on Growth and Yield of Frenc Bean var. Pusa Parvati. Seeds and Farms : 17: 11-12, 17-18.

Duczmal, K. 1994. Legumes. Bean. Output of Polish Bean Breeding and Seed Production. Mat. konf., , 12-19.

Edwards, L.H., and .Kamprath, E.L., 1974. Lin C Accumulation by Com Seedlings As Influenced with Sewage Sludge, 1. Environ. Oval., 4: 229-233.

El-Hattab, A.H., Geith, E.M.S.,1985. Response of Corn to Nitrogen and Zinc Fertilization as Soil Applications. Beitrage Zuitrospischen Landwirt Schaft und Veterinarmedizin. Field Crops Abs. 038-03442,22 (3):255-261.

Ellis, B. G., 1965. Zinc Deficiency A Symposium: Response and Susceptibility. Crops and Soils., 8: 13.

Elstner, E.F., 1982. Oxygen Activation and Toxicity. Annu. Rev. Plant Physiol., 33:73-96.

Ersoy, A., 1997. Çinko Dozları ve Uygulama Şekillerinin Yunus-90 Fasulye Çeşidine Tane Verimi, Verim Unsurları ve Kalite Üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. S. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Ersoy, A., Önder, M., 1999. Çinko Dozları ve Uygulama Şekillerinin Yunus-90 Fasulye Çeşidine Tane Verimi, Verim Unsurları ve Kalite Üzerine etkisi. S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi 8(7): 54-59, Konya. .

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

Fageria, N.K., 2002. The Effect of Zinc on Alleviation of Boron Toxicity in Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Plant Ph., 111: 611-621.

France, A.A., Tay, J., 1986. Determinacion del problema de 'bronceado' en porotoysu relacion conla 'marea negra' de la lenteja. XXXVII Jornadas Agronomicas de Chile, 13p.

Francois, L. E. 1989. Boron Tolerance of Snap Bean and Cowpea. J. Amer. Soc. Hort. Sci.,114 (4),615-619.

Gezgin, S., 1998. Farklı Form ve Dozlarda Yapraktan Uygulanan Çinkonun Buğdayın Verim ve Bazı Verim Unsurlarına Etkisi. I. Ulusal Çinko Kongresi, 213-221, 12-16 Mayıs 1997. Eskişehir.

Gezgin, S., Bayraklı, F., Önder, M., Sade, B., Uyanöz, Ş., Topal, A., 1995. Şeker Pancarı Yapraklarının Bazı Besin Elementi Kapsamına Fosfor ve Çinko Gübrelemesinin Etkisi. S.Ü. Ziraat Fak. Dergisi, 7(9): 184-196, Konya.

Gezgin, S., Hamurcu, M. ve Apaydın, M., 2001. Bor Uygulamasının Şeker Pancarının Verim ve Kalitesine Etkisi. Turk J. Agriculture and Forestry. 25:89-95.

Gezgin, S.ve Hamurcu, M., 2006. Bitki Beslemede Besin Elementleri Arasındaki Etkileşimin Önemi ve Bor ile Diğer Besin Elementleri Arasındaki Etkileşimler. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 20 (39): 24.31.

Gezgin, S.; Dursun, N.; Hamurcu, M.; Harmankaya, M.; Önder, M.; Sade, B.; Topal, A.; Soylu, S.; Akgün, N.; Yorgancilar, M.; Ceyhan, E.; Çiftçi, N.; Acar, B.; Gültekin, İ; Işık, Y.; Şeker, C.; Babaoglu, M. 2002. Determination of B Contents of Soils in Central Anatolian Cultivated Lands and Its Relations Between Soil and Water Characteristics. in Boran in Plant and Animal Nutrition; Goldbach, H.E., Brawn, P.H., Rerkasem, B., Thellier, M., Wimmer, M.A., Ben, R.W., Eds.; Kluwer Academic(Plenum Publishers:, 391-400. New York

Goldberg, S., 1997. Reactions of boron in Soils. In Plant and Soil. Proceedings Eds. R W. Bell and B. Rerkasem, Pp. 193: 35-48. Kluwer Academic Publ., Dordrecht, The Netherlands.

Görmüş, Ö., 2005. Interactive Effect of Nitrogen and Boron on Cotton Yield and Fiber Quality. Turk J. Agriculture and Forestry. 29: 51-59.

Graham Rd., Welch, Rm., Grunes, D.L., Cary, E.E., and Norvell, W. A, 1987. Effect of zİnc deficiency on the accumulation of boron and other mineral nutrients İn barley. Soil SeL Soc. Am. J. 51: 652-657.

Graham, R.D., and Rengel, Z., 1993. Genotypic Variation in Zinc Uptake and Utilization By Plants. In: (A.D. Rohson Ed.) Zinc in Soils and Plants. Kluwer Pub., The Netherlands, Pp. 107-118.

Graham. R.D., Welch, R. M., Grunes, D., Cary, E.E., and Norvell, W. A, 1992. Plant and Soil, 146:241-250

Graham. R.D., Welch, R.M., Grunes, D.l., Cary, E.E., and Norvell, W. A, 1992. Selectedzinc Efticient Cerea1 Genotypes for Soils Low Zinc Status. Plant Soil 146, 241-250.

Gupta, U.C., 1971. Boron and Molybdenum Nutrition of Wheat, Barley and Oats Grown in Prince Edward Island Soils, Can. 1. Soil Sci., 51: 415.

Gupta, U.C., 1983. Boron Deficiency and Toxicity Symptoms for Several Crops as Related to Tissue Boron Levels, J. Plant Nutrition, 6: 387

Gupta, U.C., Jame, Y.W., Campbell, C.A., Leyson, A.J.And Nıcholaıchuk, W. 1985. Boron Toxicity and Deficiency: A Rewiew. Canadian Journal of Soil Science. 65:381-409.

Gupta, V.K., and Potlia, B.S.,1988. Relative Effect of Zinc Carries on Clusterbean and Their Residual Effect on Succeding Wheat crop. Agricultural Science Digest, India. 8:(1),31-33.

Gülümser, A., 1981. Bezelyede Azotlu Gübreleme ve Sulamanın Verim ve Verim Unsurları ile Tanenin Protein Oranlarına Etkileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Basılmamış Doktora Tezi.

Gülümser, A., Odabaş, M. S., Özturan, Y., 2005. Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L) Yapraktan ve Topraktan Uygulanan Farklı Bor Dozlarının Verim ve Verim Unsurlarına etkileri. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 18 (2) 163-168.

Güneş, A., Alpaslan, M. 2000 a. Boron Uptake and Toxicity and Maize Genotypes in Relation to Boron and Phosphorus Supply. Journal of Plant Nutrition. Vol: 23. 4: 541-550.

Güneş, A., Alpaslan, M., Çıkılı, Y., Özcan, H., 2000 b. The Effect of Zinc on Alleviation of Boron Toxicity in Tomato Plants (*Lycopersicon esculentum* L.). Turk. J. Agric For 24 (2000) 505-509

Güneş, A., Alpaslan, M., İnal, A., Adak, M.S., Eraslan, F., Çiçek, N., 2003. Effect of Boron Fertilization on the Yield and Some Yield Components of Bread and Durum Wheat. Turk J. Agriculture and Forestry. 27: 329-335.

Günlü, H., 2004. Bor Uygulamasının Bazı Haşhaş (Papaver somniferum L) Çeşitlerinin Verim ve Kaliteis Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Konya.

Hacısalihoğlu, G. and Kochian L. 2003. How Do Some Plants Tolerate Low Lewels of Soil Zinc Mechanisms of Zinc Efficiency in Crop Plants. New Physologist. 159:341:350.

Hacisalihoglu, G., Ozturk L., Çakmak, İ., Welch, R.M., and Koçhian L.. 2004. Genotypie Variation in Bean in Response to Zinc Deficiency in Caleareous Soil. Plant Soil 259:71-83.

Hakkoymaz, O., 2005. Konya Ekolojik Şartlarında Yazlık Mercimek Çeşitlerinin Adaptasyonu ve Bor Toksitesine Tepkilerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Konya.

Hamurcu, M., Gezgin, S., 2001. Şeker Pancarının Verim ve Kalitesi Üzerine Çinko ve Bor Uygulamasının Etkisi. S.Ü. Ziraat Fakültesi dergisi, 15(26): 116-128, Konya

Hamurcu, M., Harmankaya, M., Soylu, S., Gökmen, F., Gezgin, S., 2006 a. Makarnalık Buğdayın (*Triticum durum* L) Bazı besin Elementleri Kapsamına Farklı Dozlarda Bor ve Demir Uygulamalarının Etkisi.Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 20 (38):1-8

Hamurcu, M., Tamkoç, A.,Gökmen, F., Gezgin, S., Özbek, Z., Babaoğlu, M., Hakkı, E.E., 2006 b. Farklı Bor ve Demir Uygulamalarının Bezelye Hatlarının Gelişimi Üzerine Etkisi. 3. Uluslararası Bor Sempozyumu Bildiriler Kitabı s: 145-153. 02 -04 Kasım Ankara.

Hartwig, E.E., Jones, W.F., and Klien, T.E., 1991. Identification and Inheritance of Inefficient Zinc Absorption in Soybean. Crop. Sc. 31: 61 -63.

Hodgson, I.F., Lindsay, WL., and Trierweiler, L.F., 1966. Micronutrient Cation Complexing in Soil Solution. Soil Sci. Soc. of Am. Proc., 30: 723-6.

Hu, H., Brown, Ph., and Labavitch, J.M., 1996. Species Variability in Boron Requirement is Correlated With Cell Wall Pectin. Journal of Experimental Botany, Vol.47, No.295, Pp.227-232, Oxford University Press.

Huang, C. and Graham, R.D. 1990. Resistrance of Wheat Genotypes to Boron Toxicity is Expressed At Ceııular Level. Plant Soil 26-:295-300.

İşler, F., 1997. Değişik Fasulye Çeşitlerinin Çinko Eksikliğine Duyarlılığının ve Çinko Biriktirme Kapasitesinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Adana.

Jackson, M.L., 1962. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Inc. 183. New York.

Jenne, E.A., 1977. In Symposium on Mo. in Environment, Marcel Dekkar Inc, New York, Pp. 425-453.

Jolley, V.D., and Brown, IE., 1991. Factors in İron-Stress Response Mechanism Enhanced by Zn-Deficiency Stress in Sanilac, but Not Saginaw Navy Bean. in Plant. Plant Nutr., 14: 256-265.

Jones, J.B.Jr., Wolf, B., and Mills, H.A., 1991. Plant Analysis Handbook. P.1-213. Micro-Macro Publishing, Inc., USA.

Jyung, W.H., Camp, M.E:, Polson, D.E., Adams, M.W., and Wittwer, S.H., 1972. Differential Response Oftwo Bean Varieties to Zinc As Revealed By Electrophoretic Protein Partem. Crop Sc., 12: 26-29.

Jyung, W.H., Ehmann, A., Schlender, K.K., and Scala, 1., 1975. Zinc Nutrition and Starch Metabolism in *Phaseolus Vulgaris* L. Plant Pys., 55: 414-420.

Kacar, B. ve Katkat, A.V., 1998. Bitki Besleme. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı, Yayın No. 127:417-441.

Kacar, B., 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri 1-2. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları 468. Yardımcı Ders Kitabı 161.

Kalaycı, M., Alkan, A., Çakmak, İ., Bayramoğlu, O., Yılmaz, A., Aydın, M., Özbek, V., Ekiz, H., Özberısoy, F., 1998. Studies·of Differential Response of Some Wheat Cultivars to Boron Toxicity. Euphytica 100: 123-129.

Kalaycı, M., Torun, B., Eker, S., Aydın, M., Öztürk, L. ve Çakmak, İ., 1999. Grain Yield, Zinc Efficieney and Zinc Concentration of Wheat Cultivars Grown in A Zinc-Deficient Calcareous Soil in Field and Greenhouse. Field Crops Research 63, 87-98.

Karaman, M.R, M.R Brohi, A. Inal and S. Taban, 1998. Effect of Iron and Zinc on the Growth and Nutrient Status of Bean (*Phaseolus vulgaris* L) Grown in Artmcial Siltation Soils. in: Proceeding of the 1st National Zinc Congress, 12-16 May 1998, Anatolian Agricultural Research Institute, Eskişehir, Turkey. (In Turkish), pp: 191-200.

Kenbaev, B., 1997. Konya Ekolojik Şartlarında Arpa Çeşitlerinin (*Hordeum vulgare* L) Farklı Çinko Dozlarına Tepkilerinin Tespiti. Doktora Tezi. S. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Konya.

Kenbaev, B., Sade, B., 1997. Konya Kıraç Koşullarında Arpa Çeşitlerinin (Hordeum Vulgare L) Çinko Dozlarına Tepkilerinin Belirlenmesi. S No: 50., Ulusal Çinko Kongresi, Anadolu Tarımsal Arş. Ens. 12-16 Mayıs Eskişehir.

Keren, R. and Bingham, F.T. 1985. Boron in Water, Soil and Plants. Adv. So İl Sci 1. 229-276.

Khan, T.N., Young, K.J. and Gartrell, J.W. 1985 Boron Toxicity in Barley. Farmnote, Western Australian Deratmentof Agriculture. No.1o/85:All.

Kınacı, G., 2000. Orta Anadolu'da Yetiştirilen Bazı Buğday Çeşitlerinde Çinko İz Elementinin Kalite Üzerine Etkileri. Turk J. Agriculture and Forestry. 24: 601-606.

Kotur, S.C. 1998. EvaIuation of lime, Boron and Their Residue on Three Cropping Sequences of non-cruciferous Vegetables for Yield, Composition of Leaf and Soil Properties on an Alfisol. Indian 1. Agr. Sci., 68 (ll), 718-721.

Lachowski, J., 1960. The Effects of Different Rates of Zinc Sulphate on Sugar-Beet Yields in Poland. Soils and Fertilizer, Abst., Xxıv: 2252.

Leggett, G.E., and Westermann, D.T., 1986. Effects of com, Sugarbeets and Fallow on Zinc Availability in Subsequent Crops. Soil Sc. Soc. Am. J., 50: 963968.

Leggett, G.E., and Westermann, D.T., 1986. Effects of Com, Sugarbeets and Fallow on Zinc Availability in Subsequent Crops. Soil Sc. Soc. Am. J., 50: 963968.

Li, Z. and Shuman, L.M. 1996. Extractability of Zinc, Cadmium and Nickel in Soils Amended with EDTA. SoiI Science Vol 161, No: 4 226-232.

Lindsay, W.L. ve Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA Soil Test for Zn, Fe, Mn ve Cu. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 42: 421-428.

Litnsyki, A; Kaczkowska, M. 1960. Effect of Boron Doses on Soybean Seed Yield and Qua1ity. Hod. Ros. Aklim. Nas.,4 (3), 309-320.

LoomisW.D.and Durst, R.W., 1992. Chemistry and Biology of Boron Biofactors 3: 229-239.

Mahboobi, H., Yucel, M. and Öktem, H. A., 2000. Changes in Total Protein Profiles of Barley Cultivars in Responce to Toxic Boron Concentration, J. Plant Nutr., 23 (3):391-399.

Marentes, E., Shelp, R., Vanderpool, R., and Spıers, G.A., 1997.Retranslocation of Boron in Broccoli and Lupin During Early Reproductive Growth. Physiol. Plant. (In Press).

Mariano ED, Faquin V, Neto AEF, Andrade AT, Mariano IOD (2000) Critical levels of Boron in Lowland Soils for Culture of Bean Pesq. Agrop Bras, 35 (8): 1637-1644.

Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants, ıncided. Academic Press, New York. Pp. 379-396.

Marschner, H., Treeby, M., and Römheld, V., 1989. Role of root-İnduced Changes in the Rhizosphere For Iron Acquisition in Higher Plants. Pflanzenemahr, Bodenk, 152: 197-204.

Mckenzie, R.H., A.B. Middleton, K.W. Savard, R.GaudieL, C. Wildschut and E. Bremer, 2001. F ertilizer responses of Dry Bean in southem Alberta. Canadian J. Plant Scİ., 81: 343-350.

Meyer, R.D., and Martin, W.E., 1976. Plant Analysis as a Guide for fertilization of Alfalfa, Univ. Calif. Bertkeley Publ. Agric. Sci. 1879-32.

Moraghan J Tand Grafton K 1999. Seed-Zinc Concentration and Zinc-Efficiency Trait in navy bean. Soil SeL Soc. Am. J. 63, 918922.

Moraghan J Tand Grafton K 2003 Plant Zinc and the Zinc-Efficiency Trait in Navy Bean :j. Plant Nutr. 26 (8): 1649-1663.

Mstat-C., 1980. MStat User's Quides Statistics (Version 5 ed.) Michigan State Universty. Michigan, USA.

Mugawaira, L.M., and Knezek, B.D., 1971. Growth and Plant Zinc Distribution in 2 Navy Beans Varieties Fertilized With Zinc. Com. İn Soil Sc. And P1ant An., 2: 407-13.

Mungan, S. ve Doran, İ., 2003. Farklı Doz ve Yöntemlerle Uygulanan Çinkonun Makarnalık Buğday ve Arpanın Verim ve Verim Unsurlarına Etkileri. Türkiye 5. Tarla Bitkileri Kongresi 13-17 Ekim, Syf: 510-515.

Mursanov, V.P, (1975). Effect of Trace Element Fertilizers on Yield and Quality of Irrigated Sugar Beet Field Crop. Abstr, 29: 1963.

Nable, R.O. and Paull, J.G., 1991. Mechanism of Genetics of Tolerance to Boron Toxicty in Plants, Curr. Top. Plant Biochem. Physiol., 10:257-273.

Nable, R.O.,1991. Distribution of Boron Within Barley Genotypes With Differing Susuceptibilities to Boron Toxicity, J. Plant Nutr., 14: 453-461.

Noppakoowong, R.N., Bell, R.W., Dell, B. And Loneragan, J.F. 1993. An Effect of Shade on the Boron Requirement for Leaf Blade Elongation in Blackgram. in Plant. Nutrition from Genetic Engineering to Field Practice. Kluwer Academic Pp: 413-416.

Obata, H., and Umebayaski, M., 1988. Effect of Zinc Deficiency on Protein Synthesis in Cultured Tobacco Plant Cells. Soil Sci. Plant Nutr., 34: 351-357.

Oktay, M., Akdemir, H., Ceylan, Ş., İrget, M.E., Ünübol, H., Kalkan, H.,1997. Ege Bölgesi Koşullarında Patates Yetiştiriciliğinde Çinko Sülfat Gübresi Uygulamalarının Verim ve Bazı Kalite Unsurları Üzerinde Etkinliği. S No: 36, Ulusal Çinko Kongresi, Anadolu Tarımsal Arş. Ens. 12-16 Mayıs 1997, Eskişehir.

Ozanne, P.G., 1955. The Effect of Light on Zinc Deficiency in Subterranean Clover. Aust.,1. Biol. Sci., 8: 344-353.

Önder, M., 1992. Bakteri Aşılaması ve Azot Uygulamasının Bodur Fasulye Çeşitlerinin Tane Verimi ve Bazı Özellikleri Üzerine Etkileri. Doktora Tezi. S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Konya

Özbek, N. 1969. Deneme Tekniği: 1. Sera Denemesi Tekniği ve Metodları. A.Ü.Zir. Fak. Yayınları. 406, Ders Kitapları:138. A.Ü. Basımevi, Ankara.

Özgüven, A. ve Katkat, A.V., 2001. Artan Miktarlarda Uygulanan Çinkonun Mısır Bitkisinin Verim ve Çinko Alımı Üzerine Etkisi. Uludağ Ünv. Ziraat Fakültesi Dergisi 15: 85-97.

Pandey, N., Singh, A.K., Pathak, G.C. and Sharma, C.P., 2002. Effect of Zinc on Antioxidant Response in Maize (*Zea mays* L) Leaves. Indian J. Exp Biol.Aug;40(8):954-6.

Paull, J.G., Cartwright, B. and Rathjen, A.J. 1988. Responses of wheat and barley genotypes to toxic concentrations of soil boron. Euphytica. 39, 137-144.

Paull, J.G., Rathjen, Al, Cartwrıght, B., and Nable, RO., 1990. Selection parameters for assessing the tolerance of wheat to high concentrations of boron. in Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition. Ed. N El Bassam. pp 361-369. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Nether1ands.

Peaslee, D.E., and Leggett, Le., 1980. Utilization of Seed Zinc by *Zea mays* Seedlings. Com. in Soil Sci. and Plant An., Ll: 223-229.

Polson, D.E., and Adams, N.W., 1970. Differential response of navy beans to zinc I. Differential growth and elementel composition at excessive Zn levels. Ag.J., 62:557-560.

Prask, J.A. and Plocke, D.J., 1971. A role of zinc in the structural integrity of the cttoplasmic ribosomes of euglena gracilis. Plant Phsiology.

Price, E.A, 1962. RNA-Synthesis Zinc Deficiency and The Kinetics of Growth. Plant Physiol., 37. Xxı.

Reed, H.S., 1942. The Relation of Zinc to Seed Production. 1. Ag. R., 64: 635-644.

Reinbott, T.M., Blevins, D.G., 1995. Response of soybean to foliar-applied boran and magnesium and soil-applied boron. J. PlantNutr., 18,179-200.

Reisenauer, H. M., Walsh, L. M., and Hoeft, R. G., 1973. Testing Soils For Sulphur, Boron, Molybdenum, and Chlorine. in Walsh L.M., and Beaton J.D. (Eds.), Soil Testing And Plant Analysis. Soil Science Society Of America. Madison, Wisconsin, Usa, Pp. 173-200.

Rerkasem, B., and Jamyod, S., 1997. Genotypic Variation In Plant Respance to Low Boron and Implications For Plant Breeding. Kluwer Acamedic Publisters. Printed Nederland.

Rerkasem, B., D.A. Sounders and B. Dell, 1989. Grain Set Failure and Boron Deficiency İn Wheat. J. Agric. (Chiang Mai University) 5, 1-10.

Rerkasem, B., Jamyod, S., 2004. Boron Deficiency İn Wheat: A Review. Field Crops Research Xxx (2004) Xxx–Xxx, İn Press, Accepted 31 January 2004. Elsevier.

Rerkasem, B., Lordkaew S., and Jamjod, S., 1991. Assesment of grain set failure and diagnosis for boron deficiency in wheat. In: Wheat for non-traditional warm areas. (Ed D.A. Saunders). Mexico D.F.:CIMMYT, pp. 500-504

Reuter, D.L, Loneragan, Lf., Robson, Ad., and Plaskett, D., 1982. Zinc in Subterranean Dover. L. Effects Of Zinc Supply On Distribution Of Zinc And Dry Weight Among Plant Parts. Aust., 1. Ag. R., 33: 989-999.

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 Bruın, 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.

Römheld, V., and Marshner, H. 1991. Function of Micronutrients in Plants. Mortvedt (Ed.) Micronutrients in Agriculture. 297-324. Published Soil Science Society of America. Madison, Usa.

Sade, B., Gezgin, S., Topal, A., Soylu, S., Babaoğlu, M., Akgün, N., ve Dursun, N., 2003. Bor Eksik Kireçli Topraklarda Bor Uygulamalarının Makarnalık ve Ekmeklik Buğday ile Arpa Çeşitlerinin Tane Verimi Üzerine Etkileri, Türkiye 5. Tarla Bitkileri Kongresi 13-17 Ekim 2003, Diyarbakır.

Sakal, R, Singh, A.P (1995). Boron research and agricultural production. In micronutrient res. Agrie. Prod. (Ed. Tandon, His) P: 1-31 Fert. Dev. And Cons. Org. New Delhi. India,.

Sakal, R.;Singh, A.P., 1995. Boron Research and Agricultural Production. In Micronutrients Res. Agric. Prod. (Ed., Tandon. Hls) P: 1-31 Fert. Dev. And Cons. Org, New Delhi, India

Schon, M.K.; Blevins, D.G. 1987. Boron stem infusions stimulate soybean yield by increasing pods on lateral branches. Plant Physiol.,84:969-971.

Sharma, P.N., Chatterjee, C., Agarwala, S.C. and Sharma, C.P. 1990. Zinc deficiency and polen fertility maize. In : Plant nutr. (M.L. Van Beusichem Ed.), 261-265.

Shaw, E., Menzel, R.G., and Dean, L.A.,1954. Plant uptake of ^{65} Zn from soils and fertilizers in the greenhouse. Soil Sc., 77:205-214.

Shelp, B.J., Shattuc, V.I. and Proctor, .A, 1987. Boron Nutrition and Mobilityand its Relation to Elemental Composition of Greenhouse Grown Root - Crops. in. Radish. Comm. Soil SeL Plant Anal. 18: 203-219.

Shukla, U.C. and Raj, H., 1974. Zinc Response in Corn as Influenced by Genetic Variabilty.

Shukla, U.C., and Raj H., 1976. Zinc Response in Corn as Influenced by Genetic Variability. Agr. J., 68: 20-22.

Shukla, U.C., Arora, S.K., Singh, Z., Prasad, K.G., and Safaya, N.M., 1973. Differential Susceptibilty of Some Sorghum Genotypes to Zinc Deficiency in Soil. Plant Soil, 39:423-427.

Shuman, L.M., 1975. The effects of Soil Properties on the Absorption by Soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 39: 454-458.

Shwartz, S.M., Welch, R.M., Grunes, D.L., Cary, E.E., Norvell, W.A., Gilbert, M.D., Meredith, M.P., Sanchhirico, C., 1987. Effect of Zinc Phosphorus and Root-Zone Temperature on Nutrient Uptake by Barley. Soil Sci.Soc.Am.J.51:372-375.

Sillanpaa, M., 1982. Micronutrients And The Nutrients Status of Soils. A Global Study, Fao Soils Bull No: 48: 43-93.

Silva, D.A.R. and Andrade,J.M.V. 1983. Influence of Microstrients on The Male Sterility on Upland Wheat and Rice And Soybean Yields İn Red Yellow Latosal. Pesq. Agropec Bras Brasilia 18, 593-601. (İn Portuquese With English Abstract).

Sing, S.P., Dahiya, D.J., and Narwal, R.P., 1990. Boron Uptake and Toxicity in Leaves in Relation to Zinc Supply. Fertilizer Research 24: 105-110.

Singh, S.P., Singh B., 1990. Response of French Bean to Phosphoms and Boron in acid Alfisols in Meghalaya. J. Indian Soc. Soil Sci.,38 (4), 769-771.

Singh, S.P. and Westermann, D.T., 2002. A single Dominant Gene Controlling Resistance to Soil Zinc Deficiency in Common Bean. Crop Sci.42.1071-1074.

Smith, H.G. and Weldon, M.D. 1941. A Comparison of Some Methods for the Determination of Soil Organic Matter. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 5:177-182.

Soil Survey Manual. 1951. U.S. Department of Agriculture Handbook 18: 235

Soil Survey Laboratory Methods Manual, 2004. Soil Survey Investigation Report United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Sevice No:42, Version 4.0 Nowember 2004.

Soylu, S., Topal, A., Sade, B., Akgün, N., Gezgin, S., Babaoğlu, M., 2004. Yield and Yield Attributes of Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) Genotypes as Affected by Boron Application in Boron-Deficient Calcareous Soils: An Evaluation of Major Turkish Genotypes for B Efficiency. Journal of Plant Nutrition, Vol. 27, No. 6, pp.1077-1106.

Srivastava, S. P., Yadav, C. R., Rego, T. J., Johansen, C., Saxena, N. P., 1997. Diagnosis and Alleviation of Boron Deficiency Causing Flower and Pod

Abortion in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Nepal. Boron in Soils and Plants. Bell, R. W., Rerkasem B. (ed.), 95-99.

Sternberg PD, Ulery AL, and Villa M 2001. Salinity and Boron Effects on Growth and Yield of Tepary and Kidney Beans Hort Sci., 36 (7): 1269-1272.

Stratieva, S .. Sedlerka, B, Stoyanov, D, (1990). Effect of Zinc and Boron on Sugar Beet Grown on a Leached Smonitsa Chernozem Soil. Pochvoznanie; Agrokhimiya. 25 (1): 9-14, ,

Swietlik, D., 1995. Interaction Between Zinc Deficiencyand Boron Toxicity on Growth and Mineral Nutrition of Sour Orange Seedlings. J. Plant Nutrition 18: 1191-1207.

Taban, S., Erdal, İ., 2000. Bor Uygulamasının Değişik Buğday Çeşitlerinde Gelişme ve Toprak Üstü Aksamda Bor Dağılımı Üzerine Etkisi.Turkish. J. Agric. For. 24: 255-262

Takkar, P.N., Singh, M.V. and Ganeshamurthy, A.N., 1997. In P1ant Nutrient Needs, Supply, Efficiency and Policy Issues: 2000-2025, (Kanwar, J.S. and Katy-aI~ J.C Eds.). NAAS, New Delhi.

Thomson, W.W., and Weiwer, T.E., 1962.The Fine Structure of Chloroplasts from Mineral-Deficient Leaves of Phseolus Vulgaris. Am. J. Bot.49:1047-1055.

Thung, M.,1993. Bean Agronomy in Monoculture. In Common Beans: Research for Crop Improvoment; van Schoonhoven, A. and Voysest O. Ed. CIAT, Colombia.

Tiwari, K.N. and Dwivedi, B.J., 1990. Response of Eight Winter Crops to Zn Fertilizers on a Typic Ustocherpt soil. J. Ag. Sc. 115:383-387.

Toğay, N., Çiftçi, V., ve Toğay, Y., 2004. The Effect of Zinc Fertilization on Yield and Some Yield Components of Dry Been (*Phaseolus vulgaris* L.).Assian Journal of Plant Sciences 3 (6): 701-704, ISSN 1682-3974.

Torun B, Bozbay G, Gultekin I, Braun H J, Ekiz H and Cakmak İ., 2000 Differences in Shoot Growth and Zinc Concentration of 64 Bread Wheat Genotypes in a Zinc-Deficient Caleareous Soil. J. Plant Nutrition. 23, 1251-1265.

Torun, A. A., Yazıcı, A., Erdem, H., Çakmak, İ., 2006. Genotypic Variation in Tolerance to Boron Toxicity in 70 Durum Wheat Genotypes. Turk J. Agriculture and Forestry. 30: 49-58.

Torun, A., Yılmaz, A., Kalaycı, M., Gültekin, İ., Torun, B., Eker, S., Çakmak, İ., 1999. Konya Koşullarında Yetiştirilen Farklı Buğday Çeşitlerinin Bor Toksitesine Duyarlılığının Sera ve Tarla Koşullarında Araştırılması. Hububat Sempozyumu, Altıncı Oturum: Hububat Yetiştirme, 317-327 8-11 Haziran, Konya

Turhan, M., 1991. Konya Ovasında Yetiştirilen Şeker Pancarının Verimliliğine Çinkonun Etkisi. A. Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Anabilim Dalı Doktora Tezi (Yayınlanmamış) Ankara.

U.S. Salinity Lab. Staff., 1954. Diagnosis and Improvement of Salina and Alkali Soils. Agricultural Handbook, No: 60, U.S.D.A.

Vesek, M., Possingham, I.V., and Mercer, F.Y., 1966. The Effect of Mineral Nutrition Deficiencies on The Structure of The Leaf Cells of Tomato, Spanich and Maize. Aust. 1., Bot., 14: 1-18.

Viets, F.G., and Boawn, L.C., cnd Crawford, C.L., 1954. Zinc Content of Bean Plants in Relation to Deficiency Symptoms and Yield. Plant Ph., 29: 76-79.

Viets, F.G., Jr., 1962. Chemistry and Availability of Micronutrients in Soils. 1. Agr., Lo: 174-8.

Wade, L.J. and Bath, S.J.,1985. Zinc Deficiency in Navy Beans in the Dawson – Calide. Z. Response to Zinc Application in the Field. Qu.J. Ag. and Ser., 42:63-69.

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

Welch R.M. 2002 The Impact of Mineral Nutrients in Food Crops on Global Human Health Plant and Soil 247: 83–90

Welch, R. M., and Norvell, W.A., 1993. Growth and Nutrient Uptake by Barley. II. Role of Zinc in the Uptake and Root Leakage of Mineral Nutrients. Plant Ph., 101: 627-631.

Welch, R.M. and Graham, R.D., 2002. Breeding Crops for Enhanced Micronutrient Content. Plant Soil 245, 205-214.

Welch, R.M, Webb, M.J., and Loneragan, J.F., 1982. Zinc in Membrane Function and Its Role in P Toxicity. In: Proc. Int. Plant Nutr. Co ll. 9 th (Ed. A. Scaife). Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham, Royal Rueks, pp. 710-715.

Yazıcı, M. A., 2001. Sera Koşullarında Toprağa Uygulanan Gyttja'nın Buğdayın Büyümesi ve Yeşil Aksam Bor ve Çinko Konsantrasyonu Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Adana.

Yılmaz, A., Gültekin, İ., Ekiz, H., Çakmak, İ., 1998. Tohuma Uygulanan Farklı Konsantrasyonlardaki Çinko Sülfatın Buğday Verimine Etkilerinin Belirlenmesi. I. Ulusal Çinko Kongresi, 273-278, Eskişehir12-16 Mayıs.

Zavrel, V., 1978. Effect of Zinc on The Yield and Thecnological Qality Of Sugar Beet. Soils and Fertilizers Abstr., 43: 4201.

Zavrel, V., 1979. Effect Of Zinc On The Yield and Technological Value Of Sugar Beet. Einfluss Von Zinc Aut Ertrag und Tecnologischen Wert Der Zukkerrübe. Compte Rendu, Cangres D'hiver, İnstitut İnternational De Recerches Betteraviers.

Zhang, F., Romheld, V, and Marschner, H., 1991b. Release of Zinc Mobilizing Root Exudates in Different Plant Species as Affected by Zinc Nutritional Status. in Plant. Plant Nutr., 14: 675-686.

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet HAMURCU

1974 yılında Konya ili Kulu ilçesinde doğdu. İlkokulu Kulu, Ortaokul'u Konya ve Lise öğrenimini ise Bingöl'de tamamladı. 1992 yılında Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümüne kayıt oldu ve 1996 yılı Haziran döneminde mezun oldu. 1997 yılı Kasım ayında Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı ve halen aynı kurumda çalışmaktadır. 2000 yılında Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalında Yüksek Lisans çalışmasını tamamladı. Aynı yıl aynı Anabilim Dalında Doktora öğrenimine başladı. Evli ve bir çocuk babası olup İngilizce bilmektedir.