

PAPER DETAILS

TITLE: Effect of Boron and Zinc Applications on Biomass Values of Dwarf Bean (*Phaseolus Vulgaris* L.) Genotypes

AUTHORS: Mehmet HAMURCU, Sait GEZGIN

PAGES: 11-22

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/3076597>



BOR VE ÇİNKO UYGULAMASININ BAZI BODUR FASULYE (*Phaseolus vulgaris* L.) GENOTİPLERİNİN BİYOLOJİK VERİM DEĞERLERİNE ETKİSİ¹

Mehmet HAMURCU²

Sait GEZGİN²

²Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Konya/Türkiye

ÖZET

Bu çalışma bazı bodur fasulye genotiplerine bor ve çinko uygulamalarının biyolojik verim değerleri üzerine etkisini 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 tekrürlü olarak yürütülmüştür.

Fasulye genotipleri bor ve çinko uygulamalarından önemli ölçüde etkilenmiştir. Bor uygulamasıyla fasulye genotiplerinin biyolojik verim değerlerinin değerlendirilmesinde 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 olduğu, çinko uygulamasının biyolojik verim değerleri üzerine etkisinin 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.

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

EFFECT OF BORON AND ZINC APPLICATIONS ON BIOMASS VALUES OF DWARF BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) GENOTYPES

ABSTRACT

This study was conducted in order to determine the effects of boron (B) and zinc (Zn) applications on biomass values of the plants of the dwarf bean species. 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 affect on the biomass values of dwarf dry bean varieties. 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. Zinc x variety interaction was found significant from the stand point of biomass was 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, Eskişehir-855, Yunus-90, Şehirali-90, Önceler-98, Zülbiye, Yakutiye, Romano and Kanada varieties were moderately sensitive to Zn deficiency, while the species of Akdağ, Sarıkız, Magnum, Seminis Gina, May Gina and Yalova-17 were highly sensitive.

Keywords: Boron deficiency, boron toxicity, zinc deficiency, dwarf bean.

GİRİŞ

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 or-

ganlarda 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.

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 (Çak-

¹ Bu makale Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Koordinatörlüğü tarafından 05101023 no’lu proje ile desteklenen ve Mehmet HAMURCU’nun doktora tezi olarak yürütülen çalışmadan alınmıştır.

mak ve ark., 1996), 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 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.

MATERYAL VE METOT

Sera koşullarında yapılan denemede Konya İli, Hüyük İlçesi, Mutlu Köyü’nden temin edilen ve özellikleri Tablo 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 (Tablo 1).

Araştırmada Türkiye’de ekimi yapılan tescilli ve yerel popülasyon niteliğindeki 25 bodur fasulye genotipi materyal olarak kullanılmıştır (Tablo 2). Tohumlar Türkiye’deki Araştırma Enstitüleri, Tarım İl

Tablo 2. Denemede Kullanılan Fasulye Çeşitleri ve Temin Edildiği Yerler

Ticari Çeşitler	Yerel Popülasyonlar	Araştırma Enstitüleri’nce Tescil Edilen Çeşitler				
		A T A	D T A	K T A	S T A	E T A
Nazende	Fasulye Sıra	Eskişehir 855	Aras 98	Zülbiye	Şahin 90	Yalova 17
Romano	Horoz Fasulye	Şehirali 90	Terzibaba	Akdağ		
Sarıköz	Kanada	Yunus 90	Yakutiye	Noyanbey		
Magnum		Akman 98				
Seminis Gina		Önceler 98				
May Gina		Göynük 98				
Efsane		Karacaşehir 90				

Saksı denemeleri ısı, ışık ve nispi nemi bilgisayar kontrollü serada yürütülmüştür. Araştırmanın yürütüldüğü serada vejetasyon süresi boyunca gündüzleri sera içi sıcaklığın 26 ± 2 °C, solar radyasyonun 1600 ± 50 kcal/m² 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

ve İlçe Müdürlükleri’yle özel şirketlerden temin edilmiştir.

Denemede bor ve çinko kaynağı olarak analitik kalitede %11 B içeren borik asit (H₃BO₃) ve %23 Zn içeren çinko sülfat (ZnSO₄·7H₂O) kullanılmıştır.

Tablo 1. Denemede Kullanılan Toprak Örneğinin Bazı Özellikleri

Toprak Özellikleri	Analiz Sonucu	Metot
pH (1:2.5 toprak:su)	7.1	
E.C. (1:5 toprak:su) (μS 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	Bouyoucos (1951)
Silt (%)	22.40	Bouyoucos (1951)
Kum (%)	53.10	Bouyoucos (1951)
1 N NH₄AOC ekstrakte edilebilir, mg kg⁻¹		
Ca	792.00	
Mg	235.00	Bayraklı (1987)
K	74.00	
Na	23.00	
mg kg⁻¹		
0.5 N NaHCO ₃ ile eks. edilen P	14.90	Bayraklı (1987)
DTPA ile eks. edilen Fe	0.40	Lindsay ve Norvell (1978)
DTPA ile eks. edilen Zn	0.01	Lindsay ve Norvell (1978)
DTPA ile eks. edilen Mn	0.70	Lindsay ve Norvell (1978)
DTPA ile eks. edilen Cu	0.10	Lindsay ve Norvell (1978)
CaCl ₂ + mannitol ile eks. edilen B	0.13	Bingham (1982)

mm’lik elekten geçirilmiş fırın kuru ağırlık esasına göre 3 kg toprak konulmuştur.

Denemede bor, H₃BO₃ çözeltisi halinde, çinko, ZnSO₄·7H₂O çözeltisi halinde aşağıdaki seviyelerde uygulanmıştır;

B₀ = Kontrol

B₁ = 5 mg B kg⁻¹ (85.8 mg H₃BO₃ saksı⁻¹)

B₂ = 10 mg B kg⁻¹ (171.6 mg H₃BO₃ saksı⁻¹)

Zn₀ = Kontrol

$Zn_1 = 5 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ (65.2 mg $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ saksı⁻¹)
 $Zn_2 = 10 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ (130.4 mg $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 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), 50 mg kg^{-1} P (TSP) ve 120 mg kg^{-1} K (KNO_3), 1300 mg kg^{-1} Ca ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), 130 mg kg^{-1} Mg ($MgSO_4 \cdot H_2O$, %25 MgO), 10 mg kg^{-1} Fe (Sequesterin), 15 mg kg^{-1} Mn ($MnSO_4 \cdot H_2O$) ve 2 mg kg^{-1} Cu ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) 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. Ekimden bir hafta sonra tohumların tamamı çimlenmiş daha sonra her bir saksıda 5 bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır.

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

Genotipler 06.09.2005 tarihinde ise hasat olgunluğuna ulaşmaya başlamışlar ve bütün genotipler 15 gün içerisinde olgunluk sürecini tamamlamışlardır.

Tablo 4. Farklı B Dozu Uygulamalarında Fasulye Genotiplerinde Tespit Edilen Biyolojik Verim Değerlerine Ait Ortalama Değerler ($mg \text{ kg}^{-1}$)

Genotipler	B mg kg ⁻¹					Ort.
	0		5	10		
	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹
Eskişehir 855	11.5	10.0	-12.9	6.1	-47.0	9.2
Şehirali 90	12.2	11.8	-2.9	12.0	-1.7	12.0
Yunus 90	11.7	12.6	7.5	11.5	-1.6	11.9
Akman 98	8.8	8.3	-4.9	5.0	-42.7	7.4
Önceler 98	12.4	13.3	6.7	10.4	-16.4	12.0
Göynük 98	13.0	11.3	-13.1	6.8	-47.9	10.4
Karacaşehir 90	9.4	6.7	-29.3	4.5	-52.0	6.9
Zülbiye	14.2	14.9	5.0	9.8	-30.8	13.0
Akdağ	10.7	9.3	-12.9	6.9	-35.7	9.0
Noyanbey	12.3	11.6	-5.7	6.5	-46.7	10.1
Aras 98	12.0	11.1	-7.6	9.1	-24.2	10.7
Terzibaba	7.9	6.0	-23.8	4.0	-48.9	6.0
Yakutiye	10.6	9.0	-15.3	7.3	-31.1	8.9
Şahin 90	9.3	9.2	-0.1	5.1	-44.8	7.9
Fasulye sıra	7.6	6.2	-18.7	5.0	-33.9	6.3
Horoz	9.0	8.4	-7.0	7.4	-18.4	8.3
Yalova 17	14.9	13.7	-8.0	7.8	-47.3	12.1
Nazende	11.4	10.1	-11.0	5.8	-48.9	9.1
Romano	8.1	6.5	-19.8	5.7	-29.8	6.7
Sarıköz	8.4	8.0	-4.5	4.0	-52.0	6.8
Magnum	10.0	12.3	22.1	7.2	-28.0	9.8
Seminis Gina	12.4	7.2	-41.6	5.5	-55.9	8.4
May Gina	12.6	11.9	-6.3	8.1	-36.1	10.9
Efsane	12.1	13.8	14.7	9.7	-19.3	11.9
Kanada	7.2	5.6	-23.1	4.4	-39.6	5.7
Genel Ortalama	10.8	10.0	-7.8	7.0	-34.8	9.3

LSD ($p < 0.01$) değerleri; G: 0.219; B: 0.0759; G x B: 0.379; Zn: 0.0759; G x Zn: 0.379; B x Zn: 0.132; B x Zn x G: 0.658

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).

ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Farklı B ve Zn dozlarının fasulye genotiplerinin biyolojik verim değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Farklı Seviyelerde Uygulanan Bor ve Çinkonun Bodur Fasulye Genotiplerinin Biyolojik Verim Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Uygulamalar	S.D.	Biyolojik Verim
Genotip (A)	24	130.3**
Bor (B)	2	876.0**
A x B İnt.	48	12.4**
Çinko (C)	2	65.7**
A x C İnt.	48	2.7**
B x C İnt.	4	2.4**
A x B x C İnt.	96	2.2**
Hata	450	0.1**
Toplam	674	
C.V. (%)	3.36	

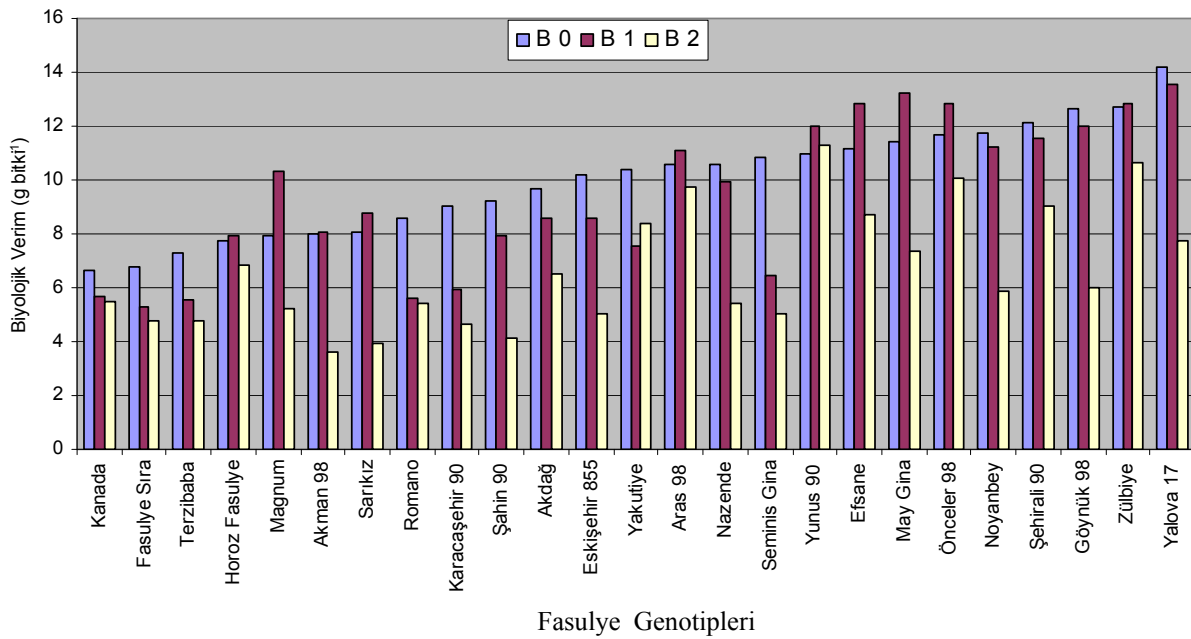
** $p < 0.01$; * $p < 0.05$

Biyolojik verim bakımından genotipler arasındaki fark %1 seviyesinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Tablo 3). 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 (Tablo 4). 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 (Tablo 4).

Bor dozlarının biyolojik verim değerleri üzerine etkisi %1 seviyesinde istatistiki olarak önemli bulun-

muştur (Tablo 3). Genotiplerin ve çinko dozlarının ortalaması olarak en yüksek biyolojik verim 10.8 g ile B₀ (Kontrol) uygulamasından elde edilmiş, bunu azalan sıra ile B₁ (10.0 g) ve B₂ (7.0 g) uygulamaları takip etmiştir (Tablo 4). B₂ (10 mg kg⁻¹) dozu fasulye genotiplerinin biyolojik verim değerlerinin önemli ölçüde azalmasına sebep olmuştur. Uygulanan B dozlarının ortalamaları dikkate alındığında B₁ dozunda kontrole göre %7.8 oranında bir azalma olurken bu değer B₂ dozunda %34.8 oranında olmuştur. Yapılan LSD testine göre B₀ uygulaması birinci grupta, B₁ uygulaması ikinci grupta ve B₂ uygulaması son grupta yer almıştır (Tablo 4, Şekil 1 ve 2).

Bor x genotip interaksyonu istatistiki bakımdan %1 ihtimal sınırında önemli bulunmuştur (Tablo 3). Bor x genotip interaksyonunda en yüksek biyolojik verim 14.9 g ile B₀ dozu uygulamasındaki Yalova 17 genotipinden elde edilirken en düşük biyolojik verim değeri 4.0 g ile B₂ dozu uygulamasındaki Akman 98 genotipinden elde edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çinko uygulanmayan muamelelerde bor dozlarının bodur fasulye genotiplerinin biyolojik verim değerlerine (g bitki⁻¹) etkisi

Bor x genotip interaksyonunun önemli çıkması, uygulanan borun biyolojik verim üzerine etkisinin bodur fasulye genotiplerine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Nitekim, çinko uygulanmayan (Zn₀) muameleler incelendiğinde biyolojik verim kontrole göre B₂ dozunda (10 mg B kg⁻¹) B uygulamasıyla sadece Yunus-90 genotipindeki %3.3'lük artış hariç bütün genotiplerde çok önemli düzeylerde azalırken, B₁ 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. (Tablo 4, Şekil 1, Şekil 2).

Yapılan çalışmalarda bitki türleri arasında olduğu gibi aynı türün genotipleri arasında da B toksisitesine duyarlılıkta büyük farklılıklar olduğu bildirilmiştir (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 az da 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.

Genotipler içerisinde B dozlarının ortalamasına göre Yunus - 90, Şehirali - 90, Horoz fasulye genotipleri daha az tepki gösterirken, Seminis Gina genotipi en fazla tepkiyi göstermiştir (Tablo 4, Şekil 1). Bu farklılık kontrole göre B₁ dozu uygulamasında ortalama %41.6 oranında bir azalışla kendini gösterirken B₂ dozu uygulamasında ortalama %55.9 oranında bir azalışla kullanılan genotipler içerisinde en yüksek orandaki azalışı göstermektedir (Tablo 4). Bor dozlarına en az tepki veren Yunus - 90 genotipinde ise bu fark 0.2 g olmakla birlikte kontrole göre B₁ dozu uygulamasında %7.5 oranında bir artış olur iken B₂ dozu uygulamasında %1.6 oranında bir azalış olmuştur (Tablo 4). Bu sonuçlara göre fasulye genotipleri içerisinde bor uygulaması yapılmadan yetiştirilebilecek genotipler Eskişehir - 855, Göynük - 98, Karacasehir 90, Akdağ, Noyanbey, Terzibaba, Yakutiye, Fasulye sıra, Yalova - 17, Nazende, Seminis Gina, Romano, Şehirali 90, Şahin 90 ve Kanada genotipleri söylenebilir (Tablo 4, Şekil 1).

Fasulye bitkisi üzerine daha önce yapılan çalışmalarda mikro element etkisini araştıran araştırmacılar çeşitlerin bora tepkileri yönünden geniş bir genetik varyasyonun olduğunu bildirmişlerdir. Ceyhan ve ark. (2006) altı çeşit fasulye ile 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., 1988; Nable ve Paull, 1991; Paull ve ark., 1990; 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. Hakkıoymaz (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 ark. (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.



Kontrol 5 mg kg⁻¹ B 10 mg kg⁻¹ B



Kontrol 5 mg kg⁻¹ B 10 mg kg⁻¹ B

Şekil 2. Çinko uygulanmayan muamelelerde bor dozlarının bodur fasulye genotiplerinin gelişimi üzerine etkisine ait resimler

Çinko dozlarının biyolojik verim değerleri üzerine etkisi istatistiki olarak ($p < 0.01$) önemli bulunmuştur (Tablo 3). Genotiplerin ve bor dozlarının ortalama-

sı olarak en yüksek biyolojik verim 9.8 g ile Zn₁ dozu uygulanan bitkilerden elde edilirken, bunu azalan sıra ile Zn₂ dozu (9.3 g) ve Zn₀ dozu (8.7 g) takip etmiştir

(Tablo 5). Fasulye genotiplerinin uygulanan çinko dozlarına tepkilerinin ortalamaları dikkate alındığında kontrole göre Zn_1 dozu uygulamasıyla biyolojik verim değerinde %12.3 oranında bir artış elde edilirken, Zn_2 uygulamasında bu artış %7.5 oranında kalmıştır. Bu değerler göz önünde bulundurulduğunda çinko uygulaması Tablo 5. Farklı Zn Dozu Uygulamalarında Fasulye Genotiplerinde Tespit edilen Biyolojik Verim Değerlerine Ait Ortalama Değerler ($mg\ kg^{-1}$).

lamasının 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.

Genotipler	Zn $mg\ kg^{-1}$					Ort. $mg\ kg^{-1}$
	0	5	10			
	$mg\ kg^{-1}$	$mg\ kg^{-1}$	%	$mg\ kg^{-1}$	%	
Eskişehir 855	7.9	10.3	29.5	9.4	18.9	9.2
Şehirali 90	10.9	12.3	12.5	12.8	17.1	12.0
Yunus 90	11.4	12.1	6.0	12.3	7.4	11.9
Akman 98	6.6	7.7	18.2	7.8	18.8	7.4
Önceler 98	11.5	12.7	9.9	11.9	3.2	12.0
Göynük 98	10.2	10.9	7.0	10.0	-2.2	10.4
Karacaşehir 90	6.5	7.5	15.3	6.6	0.7	6.9
Zülbiye	12.1	14.2	17.7	12.7	5.5	13.0
Akdağ	8.3	8.9	7.2	9.8	19.1	9.0
Noyanbey	9.6	10.7	11.1	10.1	4.6	10.1
Aras 98	10.5	11.5	10.0	10.2	-2.8	10.7
Terzibaba	5.9	6.5	11.8	5.6	-4.9	6.0
Yakutiye	8.8	8.8	1.0	9.2	5.3	8.9
Şahin 90	7.1	8.6	21.1	7.9	11.6	7.9
Fasulye sıra	5.6	6.7	18.7	6.6	18.2	6.3
Horoz	7.5	8.3	11.0	8.9	18.6	8.3
Yalova 17	11.8	12.9	9.5	11.6	-1.5	12.1
Nazende	8.6	9.7	12.5	8.9	2.7	9.1
Romano	6.5	7.1	7.8	6.6	1.1	6.7
Sarıköz	6.9	7.2	3.9	6.4	-7.3	6.8
Magnum	7.8	11.5	46.7	10.2	29.9	9.8
Seminis Gina	7.4	8.6	15.6	9.1	21.8	8.4
May Gina	10.7	11.3	6.1	10.6	-0.9	10.9
Efsane	10.9	12.1	10.5	12.7	16.1	11.9
Kanada	5.9	5.7	-3.9	5.5	-7.2	5.7
Genel Ortalama	8.7	9.8	12.3	9.3	7.5	9.3

LSD ($p < 0.01$) değerleri; G: 0.219; B: 0.0759; G x B: 0.379; Zn: 0.0759; G x Zn: 0.379; B x Zn: 0.132; B x Zn x G: 0.658

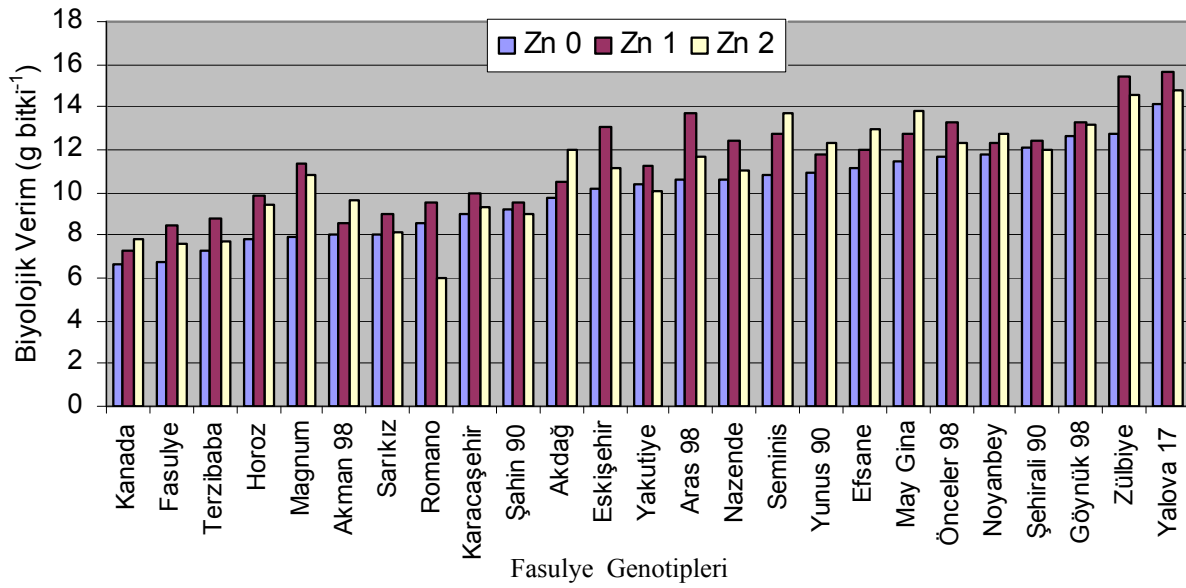
Yapılan LSD testine göre, Zn_1 uygulaması birinci grupta, Zn_2 uygulaması ikinci grupta yer alırken, Zn_0 uygulaması ise son grupta yer almıştır (Tablo 5).

Biyolojik verim bakımından, genotip x çinko etkileşimini istatistiki olarak %1 ihtimal seviyesinde önemli bulunmuştur. Bu durum çinko uygulamasının biyolojik verim üzerine etkisinin genotiplere bağlı olarak değiştiğini diğer bir deyişle 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 (Tablo 5, Şekil 3, Şekil 4).

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 (Tablo 5, Şekil 3). 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, Sarıköz, 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 (Tablo 5, Şekil 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 araştırmacılar (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 artırmasındaki 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 artırdığı yeterli seviyenin üzerinde ise biyolojik verim değerlerinde bir artış olmadığını belirlemişlerdir.



Şekil 3. Bor uygulanmayan muamelelerde çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin biyolojik verim değerlerine (g bitki⁻¹) etkisi

Biyolojik verim değerleri üzerine B x Zn interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak önemli ($p < 0.01$) bulunmuş (Tablo 3) 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 $B_0 \times Zn_1$ uygulamasından elde edilirken en düşük biyolojik verim ise 6.6 g ile $B_2 \times Zn_0$ uygulamasından elde edilmiştir. Bor x çinko interaksiyonu sonucunda en yüksek biyolojik verim değerinin elde edildiği $B_0 \times Zn_1$ uygulamasında kontrole göre %13.8 oranında bir artış elde edilirken, en düşük biyolojik verim değerinin elde edildiği $B_2 \times Zn_0$ uygulaması sonucunda %33.8 oranında bir azalış

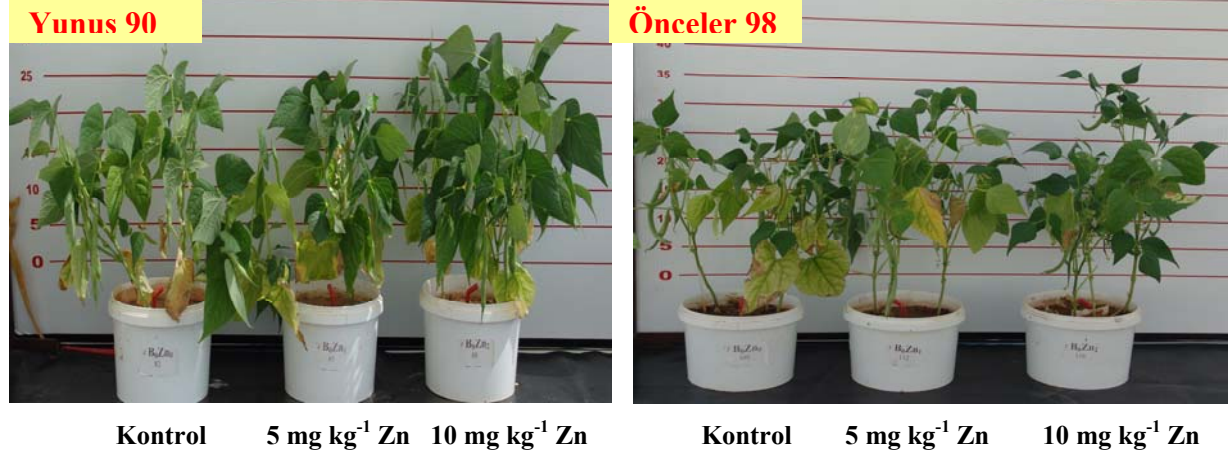
belirlenmiştir. Bu azalma B ve Zn'nin en yüksek uygulandığı dozlarda %29.1 oranında olmuştur (Tablo 6, Şekil 5, Şekil 6). Buradan da görülmektedir ki bor uygulamasındaki artışa bağlı olarak fasulye genotiplerinin biyolojik verim değerlerinde belirgin bir azalış görülürken bu azalma çinko uygulamasıyla azda olsa geriletilebilmektedir. Yapılan LSD testine göre $B_0 \times Zn_1$ uygulaması birinci grupta yer alırken, $B_0 \times Zn_2$ uygulaması ikinci grupta, $B_2 \times Zn_2$ uygulaması ise son grupta yer almıştır (Tablo 6).

Biyolojik verim değerleri üzerine istatistiki olarak önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur (Tablo 3). Bor x çinko x genotip interaksiyonunda biyolojik verim 17.7 g

(Zülbiye genotipinde $B_1 \times Zn_1$ uygulamasında) ile 3.4 g (Terzibaba genotipinde $B_2 \times Zn_2$ uygulamasında) arasında değişmiştir.

Önemli $B \times Zn$ ve $B \times Zn \times$ genotip 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.



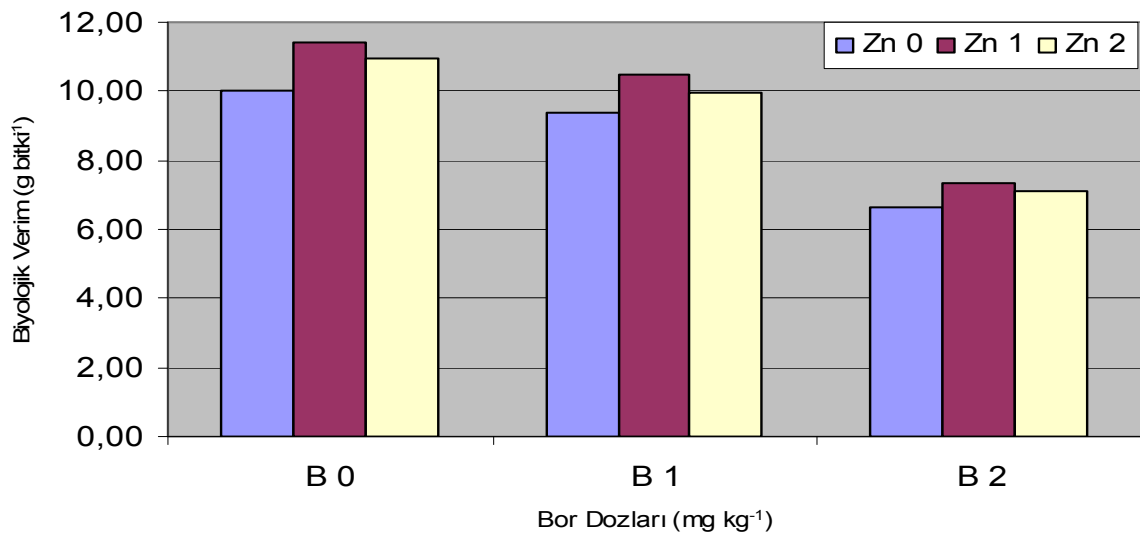
Şekil 4. Bor uygulanmayan muamelelerde çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin gelişimi üzerine etkisine ait resimler

Tablo 6. Farklı B ve Zn Dozu Uygulamalarında Fasulye Genotiplerinde Tespit Edilen Biyolojik Verim Değerlerine Ait Ortalama Değerler ($mg\ kg^{-1}$)

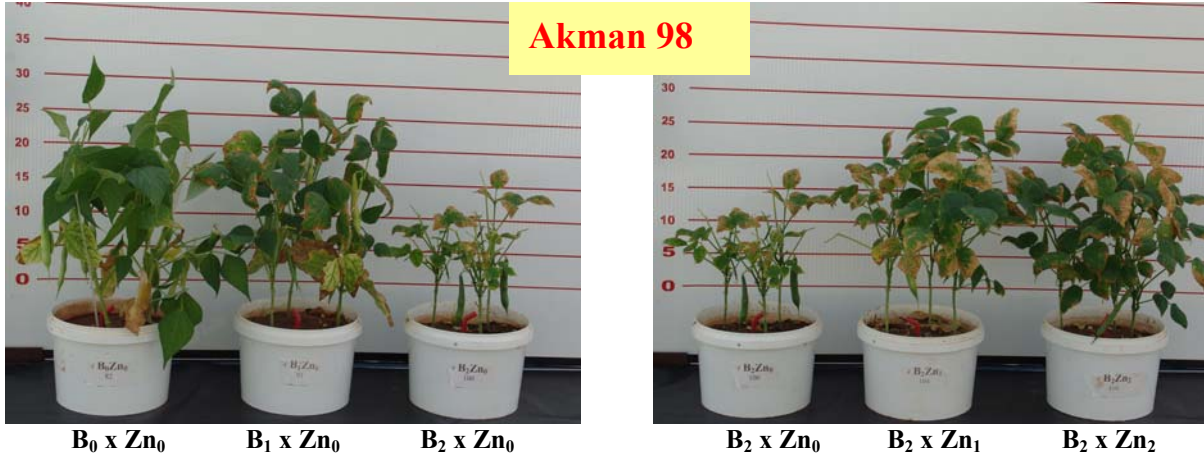
B $mg\ kg^{-1}$	Zn $mg\ kg^{-1}$						Ortalama	
	0		5		10		$mg\ kg^{-1}$	%
	$mg\ kg^{-1}$	%	$mg\ kg^{-1}$	%	$mg\ kg^{-1}$	%		
0	10,0		11,4	13,8	11	9,4	10,8	
5	9,4	-6,1	10,5	4,9	9,9	-0,7	10	-7,8
10	6,6	-33,8	7,4	-26,5	7,1	-29,1	7	-34,8
Ortalama	8,7		9,8	12,3	9,3	7,5	9,3	

LSD (%1) değerleri; G: 0.219; B: 0.0759; G x B: 0.379; Zn: 0.0759; G x Zn: 0.379; B x Zn: 0.132; B x Zn x G: 0.658

Bor x çinko x genotip interaksiyonunun etkisi de



Şekil 5. Farklı bor ve çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin biyolojik verim değerlerine ($g\ bitki^{-1}$) etkisi



Şekil 6. Farklı bor ve çinko dozlarının bodur fasulye genotiplerinin gelişimi üzerine etkisine ait resimler

Fasulye dışında diğer tarla bitkileri kullanılarak yapılan denemelerde araştırmacılar (Mursanov 1975, Stratieva ve ark. 1990, Sakal ve Singh 1995, Gezgin ve Hamurcu. 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 Alpaslan (2000), benzer bir 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 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 mısırdaki 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.

SONUÇ

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 araştırmada 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 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 (B₀) dozunda, Yunus-90, Akman-98, Önceler-98, Aras-98, Horoz Fasulye, Zülbiye, Sarıkız, Magnum, May Gina ve Efsane genotiplerinde 5 mg kg⁻¹ bor (B₁) dozunda olduğu, buna ilaveten 10 mg kg⁻¹ bor dozunda ise bütün genotiplerin biyolojik verim değerlerinde önemli düzeylerde azalmalar olduğu belirlenmiştir.

Elde edilen biyolojik verim, değerleri 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 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 (Zn₁) dozunda, Yunus-90, Akman-98, Akdağ-98, Noyanbey, May Gina, Efsane, Kanada genotiplerinde ise 10 mg kg⁻¹ çinko (Zn₂) dozunda olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında Şehirali-90, Yakutiye, Şahin – 90 ve Romano genotiplerinde Zn₂ dozunda (10 mg kg⁻¹) çinko uygulamasıyla biyolojik verim değerlerinde kontrole göre azalmıştır.

Araştırmamızda bodur fasulye genotiplerinden elde edilen biyolojik verim değerleri bakımından bor x çinko ve bor x çinko x genotip interaksyonlarının önemli çıkması, söz konusu verim değerleri üzerine bor ve çinko uygulamalarının etkilerinin hem birbirlerine hem de bodur fasulye genotiplerine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir.

Bu çalışma bünyesinde yukarda özetlemeye çalıştığımız sonuçlar 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 kullanılabileceği somut tavsiyeler yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- 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.
- 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.
- 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.
- Ceyhan, E., Önder, M., Hamurcu, M., Harmankaya, M., Gökmen, F. ve Gezgin, S., 2006. Response of Dry Bean (*Phaseolus vulgaris* L) Cultivars to Foliar and Soil Applied in Boron Deficient Calcareous Soils. (in Press).
- Çakmak, İ., 2002. Plant nutrition Research: Priorities to Meet Human Needs for Food in Sustainable Ways. Plant and Soil 247: 3-24.
- 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: 173-181.
- Çakmak, İ., Yılmaz, A., Kalaycı, M., Ekiz, H. Torun, B., Erenoglu, B. and Brawn, H.J, 1996.a Zinc Deficiency as Critical Problem in Wheat Production in Central Anatolia. Plant and Soil. 180: 167-1 72.
- Eyüpoğlu, F., Kurucu, N., ve Talaz, S., 1995. Türkiye Topraklarının Bitkiye Yararışlı Mikroelementler Bakımından Genel Durumu. Toprak Gübre Araştırma Ens. 620/A-002 Projesi Toplu Sonuç Raporu. Ankara
- Gezgin, S.; Dursun, N.; Hamurcu, M.; Harmankaya, M.; Önder, M.; Sade, B.; Topal, A.; Soylu, S.; Akgün, N.; Yorgancılar, M.; Ceyhan, E.; Çiftçi, N.; Acar, B.; Gültekin, İ; Işık, Y.; Şeker, C. and Babaoglu, M., 2002. Determination of B Contents of Soils in Central Anatolian Cultivated Lands and its Relations Between Soil and Water Characteristics. In Boron 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
- Gezgin, S.ve Hamurcu, M., 2006. Bitki Beslemede Besin Elementleri Arasındaki Etkileşimin Önemi ve Bor ile Diğer Besin Elementleri Arasındaki Etkileşimler. S.Ü Ziraat Fakültesi Dergisi 20 (39): 24.31.
- Graham RD., Welch, RM., Grunes, D.L., Cary, E.E., and Norvell, W. A, 1987. Effect of Zinc Deficiency on the Accumulation of Boron and Other Mineral Nutrients in Barley. Soil Sel Soc. Am. J. 51: 652-657.
- Graham. R.D., Welch, R.M., Grunes, D.L., Cary, E.E. and Norvell, W. A, 1992. Selected Zinc Efficient Cereal 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
- Gülümser, A., 1981. Bezelyede Azotlu Gübreleme ve Sulamanın Verim ve Verim Unsurları ile Tanenin Protein Oranlarına Etkileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Basılmış Doktora Tezi.
- Güneş, A. and Alpaslan, M. 2000 a. Boron Uptake and Toxicity and Maize Genotypes in Relation to Boron and Phosphorus Supply. Journal of Plant Nutrition. 23. (4): 541-550.
- Hacisalihoglu, G., Ozturk L., Çakmak, İ., Welch, R.M., and Koçhian L.. 2004. Genotypi Variation in Bean in Response to Zinc Deficiency in Calcareous Soil. Plant Soil 259:71-83.
- Hakkoymaz, O., 2005. Konya Ekolojik Şartlarında Yazlık Mercimek Çeşitlerinin Adaptasyonu ve Bor Toksisitesine 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, Konya.
- 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.
- Huang, C. and Graham, R.D. 1990. Resistance of Wheat Genotypes to Boron Toxicity is Expressed At Cellular Level. Plant Soil 26:-295-300.
- Jackson, M.L., 1962. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Inc. 183. New York.
- 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 Artificial 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.
- 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.
- Meyer, R.D., and Martin, W.E., 1976. Plant Analysis as a Guide for Fertilization of Alfalfa, Univ. Calif. Berkeley Publ. Agric. Sci. 1879-32.
- 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 Toxicity in Plants, Curr. Top. Plant Biochem. Physiol., 10:257-273.
- Nable, R.O., 1991. Distribution of Boron Within Barley Genotypes With Differing Susceptibilities to Boron Toxicity, J. Plant Nutr., 14: 453-461.
- Özbek, N. 1969. Deneme Tekniği: 1. Sera Denemesi Tekniği ve Metodları. A.Ü. Zir. Fak. Yayınları. 406, Ders Kitapları:138. A.Ü. Basımevi, Ankara.
- 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, A.J., Cartwright, B., and Nable, R.O., 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 Netherlands.
- Rerkasem, B., Lordkaew S., and Jamjod, S., 1991. Assessment 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
- Sakal, R.;Singh, A.P., 1995. Boron Research and Agricultural Production. In Micronutrients Res. Agric. Prod. (Ed., Tandon. Hs) P: 1-31 Fert. Dev. And Cons. Org, New Delhi, India
- Shelp, B.J., Shattuc, V.I. and Proctor, A., 1987. Boron Nutrition and Mobility and its Relation to Elemental Composition of Greenhouse Grown Root - Crops. in. Radish. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 18: 203-219.
- 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. and Singh B., 1990. Response of French Bean to Phosphorus and Boron in acid Alfisols in Meghalaya. J. Indian Soc. Soil Sci., 38 (4), 769-771.
- 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, 27, (6), 1077-1106.
- Stratieva, S., Sedlerka, B., Stoyanov, D., (1990). Effect of Zinc and Boron on Sugar Beet Grown on a Leached Chernozem Soil. Pochvoznanie; Agrokimiya. 25 (1): 9-14, ,
- Taban, S., Erdal, İ., 2000. Bor Uygulamasının Değişik Buğday Çeşitlerinde Gelişme ve Toprak Üstü Akşamda Bor Dağılımı Üzerine Etkisi. Turkish. J. Agric. For. 24: 255-262
- Thomson, W.W., and Weiwer, T.E., 1962. The Fine Structure of Chloroplasts from Mineral-Deficient Leaves of *Phaseolus Vulgaris*. Am. J. Bot. 49:1047-1055.
- Toğay, N., Çiftçi, V., ve Toğay, Y., 2004. The Effect of Zinc Fertilization on Yield and Some Yield Components of Dry Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Asian Journal of Plant Sciences 3 (6): 701-704, ISSN 1682-3974.
- 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.
- 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 Graham, R.D., 2002. Breeding Crops for Enhanced Micronutrient Content. *Plant Soil* 245, 205-214.

Yılmaz, A., Gültekin, İ., Ekiz, H., Çakmak, İ., 1998. Tohumla Uygulanan Farklı Konsantrasyonlardaki

Çinko Sülfatın Buğday Verimine Etkilerinin Belirlenmesi. I. Ulusal Çinko Kongresi, 273-278, Eskişehir 12-16 Mayıs.