



Araştırma Makalesi / Research Article

Yem Bezelyesinin Çimlenme Döneminde Çinko ve Bor Gübrelere Tepkileri

The Response of Forage Pea to Zinc and Boron Fertilizers during Germination

Negar EBRAHİM POUR MOKHTARI ¹, Ferhat KIZILGEÇİ ^{2,*}

¹ Gaziantep Üniversitesi, İslahiye MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 27800, Gaziantep, Türkiye

² Mardin Artuklu Üniversitesi, Kızıltepe MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 47060, Mardin, Türkiye

<https://doi.org/10.55007/dufed.1079539>

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihi

Alınış, 26 Şubat 2022

Revize, 28 Mart 2022

Kabul, 04 Nisan 2022

Online Yayınlama, 15 Nisan 2022

Anahtar Kelimeler

Mikro element, Fide, Kök,
Çimlenme

ÖZ

Yem bezelyesi (*Pisum sativum spp. arvense* L.), yüksek ot verimi ve içeriğinde %20 civarında ham proteine sahip bir yem bitkisidir. Yem bezelyesi tüm yetiştirme dönemlerinde mikro elementlere ihtiyaç duyduğu herkes tarafından bilinse de bu elementlerin bitki yetiştiriminin en hassas dönemi yani çimlenme ve fide gelişim dönemindeki rolü pek fazla araştırılmamıştır. Bu çalışmada, bor ve çinko mikro elementlerinin yem bezelyesi tohumuna uygulanmasının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkileri araştırılmıştır. Deneme tesadüf parseller deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Çalışmada Kiraz yem bezelyesi çeşidine 6 farklı dozda (0, 0.2, 0.4, 0.8, 1.6, 3.2 ppm) borik asit (H_3BO_3) ve 5 farklı dozda (kontrol, 2mM, 4mM, 6mM, 8mM) çinko ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) uygulanmıştır. Varyans analizi sonuçlarına göre, çinko uygulamasının kök uzunluğu, çimlenme hızı, sürme hızı ve fide uzunluğuna etkisinin önemli olduğu görülmüştür. Bor uygulamasının ise çimlenme hızı ve çimlenme gücü üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur. Uygulanan çinko dozlarının incelenen özellikler üzerinde benzer etki gösterdiği görülmüştür. Bor uygulamasında ise 0.8 ppm uygulamasından sonraki dozların çimlenme hızında azaltıcı etkisi neden olduğu görülmüştür.

ARTICLE INFO

Article History

Received, 26 February 2022

Revised, 28 March 2022

Accepted, 04 April 2022

Available Online, 15 April 2022

Keywords

Microelement, Seedling, Root,
Germination

ABSTRACT

Forage pea (*Pisum sativum spp. arvense* L.) is a forage crop with a high grass yield and a crude protein content of around 20%. Although everyone knows that forage peas require microelements throughout the growing season, the role of these elements during the most sensitive period of plant growth, germination and seedling development, has received little attention. The effects of boron and zinc microelements to forage pea seed on germination and seedling growth were investigated in this study. The experiment was set up with three replications in a completely randomized plot design. In the study, 6 different doses of boric acid (H_3BO_3) (0, 0.2, 0.4, 0.8, 1.6, 3.2 ppm) and 5 different doses of zinc ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$)

***Sorumlu Yazar**

E-posta Adresleri: nmokhtari@gantep.edu.tr (Negar EBRAHİM POUR MOKHTARI),
ferhatkizilgeci@artuklu.edu.tr (Ferhat KIZILGEÇİ)

(control, 2mM, 4mM, 6mM, 8Mm) were applied to cv. Kiraz pea variety. Germination rate, seedling emergence rate, root length and seedling height were shown to be significantly affected by zinc application, according to the results of a statistical analysis. Boron application had a significant effect on germination rate and germination vigour. The doses following 0.8 ppm of boron treatment were found to have a reducing effect for germination vigour.

1. GİRİŞ

Dünya genelinde 800 milyon insan yetersiz beslenme nedeniyle günlük enerji ve protein gereksinimini karşılayamazken, yaklaşık olarak 2 milyar insan ise ‘gizli açlık’ olarak adlandırılan mikro element (bor, çinko, demir, selenyum vb.) ve vitamin yoksunluğu çekmektedir [1]. Bu eksiklik ya mikro elementlerin toprakta uygun miktarda bulunmamasından ya da bu elementlerin toprakta yararlanılabilecek konsantrasyonda olmadığından kaynaklanmaktadır. Türkiye’nin İç Anadolu Bölgesinde çinko eksikliğinin sebebi topraktaki çinko miktarındaki yetersizlikten kaynaklanırken, GAP bölgesindeki topraklarda ise çinkonun yarayışlılık konsantrasyonunun düşük olmasından kaynaklanmaktadır [2]. Mikro elementler içerisinde çinko ve bor elementleri bitkiler üzerinde önemli role sahiptir. Temel element olan bor (B)’un rolü esas olarak bitkilerdeki mekanik özellikler ile ilgilidir ve hücre duvarının sentezi ve yapısal bütünlüğünde kritik bir rol oynar. B, bitkilerin generatif gelişmesinde özellikle polenin canlılığı, çimlenmesi ve polen tüpünün gelişmesindeki görevi en iyi bilinen fizyolojik görevlerinden biridir [3,4]. Bor fenol metabolizması, doku farklılaşması, indol asetik asit metabolizması, şekerlerin taşınması, kök büyümesi ve baklagillerdeki nodül oluşumuna sebep olmaktadır [5,6,7,8]. Tohumlarda ise çimlenme hızını artırır ve ekim ile çıkış arası süreyi kısaltarak verim artışına sebep olmaktadır [9]. B eksikliği neticesinde meydana gelen semptomlar türler arasında farklılık göstermekle birlikte bu elementlerin alt ve üst sınırları da bitkiden bitkiye değişiklik göstermektedir. Ayrıca Bor noksanlığı bitkilerde anormal fideler oluşturur ve yapraklardaki fotosentez hızını düşürür. Borun noksan oldu koşullarda bezelye kökündeki nodül oluşumu önemli düzeyde azalır ve bu sebepten dolayı nitrogenaz enziminin aktivitesi de düşüş gösterir. Soya fasulyesinde ve yer fıstığında içi boş baklaların oluşumuna sebep olmaktadır. Şeker pancarında köklerde çatlama, çürüklük ve yumruların iç kısmında kararmalar meydana getirir [10].

Diğer önemli bir mikro element olan çinko, tüm canlılar için ihtiyaç duyulan Dünya’da ve Türkiye’de eksikliği en çok rastlanan bir mikro besin elementidir [11]. Bitkideki etkileri magnezyum ve mangan elementlerinin etkisine benzerlik göstermektedir. Çinko bitkide metabolik süreçleri, enzimatik aktiviteleri, protein ve karbonhidrat sentezini, nükleik asit, lipid ve azot metabolizmasını, nişasta oluşumunu ve tohumların olgunlaşmasını etkiler. Çinko sayesinde Oksin gibi bitkide büyüme hormonlarının oluşumu tam olmakta ve buna bağlı olarak tohum veriminde artış görülmektedir [5, 6, 7, 12]. Düşük dozda Zn konsantrasyonu, tohum çimlenmesini, tohum canlılığını ve nihai verimi

arttırmaktadır [13, 14, 15]. Çinko ile muamele gören tohumların çimlenme ve fide gelişiminin arttığı, mısır [16,17], çeltik [18], nohut [19], buğday [20] ve arpa [21] bitkilerinde rapor edilmiştir. Kunjam ve ark. [22] yem bezelyesi üzerinde yaptıkları çalışmada, tohum çimlenmesi açısından çinkonun herhangi bir etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir. Afrayeem ve Chaurasia [23], *Capsicum annuum* L. üzerinde elde ettikleri sonuçlarda yüksek konsantrasyonlarda (0.5 ve 0.75g) ZnO uygulamasının tohum çimlenmesi üzerinde artış sağladığı, aynı zamanda yüksek konsantrasyonlardaki ZnO, kök, sürgün ve fide uzunluğunun maksimum seviyeye ulaştığı belirtilmiştir. Tahıllarda çinko noksanlığı kuru madde ve dane veriminde azalmaya sebep olur. Bezelyede ise çinko noksanlığı sonucu baklada oluşan tohum sayısında azalma meydana getirir. Bu iki mikro besin elementinin (B ve Zn) nohut, mercimek, maş fasulyesi vb. baklagil bitkiler üzerindeki olumlu etkileri belirtilmiştir [24, 25]. Ancak Zn ve B'un yem bezelyesine etkisini değerlendirildiği çalışma sayısı sınırlıdır.

Bu çalışmada yem bezelyesi tohumlarına farklı dozlarda çinko ve bor uygulamalarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1 Araştırma Yeri, Kullanılan Materyal ve Yöntem

Araştırma, Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğüne ait laboratuarda gerçekleştirilmiştir. Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Tohum materyali olarak Kirazlı yem bezelyesi (*Pisum sativum ssp. arvense* L.) çeşidi kullanılmıştır. Kimyasal materyal olarak 6 farklı (0, 0.2, 0.4, 0.8, 1.6, 3.2 ppm) bor dozu (H_3BO_3) ve 5 farklı (kontrol, 2 mM, 4 mM, 6 mM, 8n mM) çinko dozu ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) tohuma uygulanmıştır. Her uygulama için $50 \times 3 = 150$ adet tohum sayılıp hazırlandıktan sonra, tohumlar petri kaplarına yerleştirilerek 5 ml solüsyon eklenmiştir. Daha sonra sıcaklığı $20 \pm 1^\circ C$ ve %70 nem hassasiyetinde çalışan çimlendirme kabinine yerleştirilmiştir. ISTA kurallarına göre beşinci ve sekizinci gün çimlenen tohum sayımları yapılarak sırasıyla çimlenme hızı ve çimlenme gücü hesaplanmıştır. Ayrıca sekizinci günün sonunda kök uzunluğu ve fide uzunluğu (cm), kök yaş ağırlığı ve fide yaş ağırlığı (g) hassas terazide tartılmıştır. Kök ve fide kuru ağırlığının hesaplanması için, yaş ağırlıkları hesaplanan örnekler $70^\circ C$ sıcaklığa ayarlanmış olan etüvde 48 saat süre ile bırakılmıştır. Numuneler 48 saat sonra desikatörde soğutularak hassas terazi ile tartılmış ve fide kuru ağırlığı ve kök kuru ağırlığı belirlenmiştir. Sürme hızı ve sürme gücü testi için $40 \times 40 \times 10$ cm büyüklüğünde ve kapaklı kaplar kullanılmıştır. Yetiştirme ortamı olarak her kap için 2000 g steril kum kullanılmıştır. Her bor dozu uygulaması için 2000 gr steril kuma 100 mL bor dozu uygulanıp karıştırıldıktan sonra kaplara doldurulmuştur. Her uygulama (3x50 tohum) olacak şekilde ayarlanıp tohumlar 5 cm derinlikte ekilmiştir. Kaplar iyice kapandıktan sonra hazırlanan kaplar $25 \pm 1^\circ C$ ve %70 neme sahip olan iklim dolabına yerleştirilip 8 ve

12'inci günde çıkış yapan tohumlar sayılarak sırayla tohum çıkış hızı ve tohum çıkış gücü olarak belirlenmiştir.

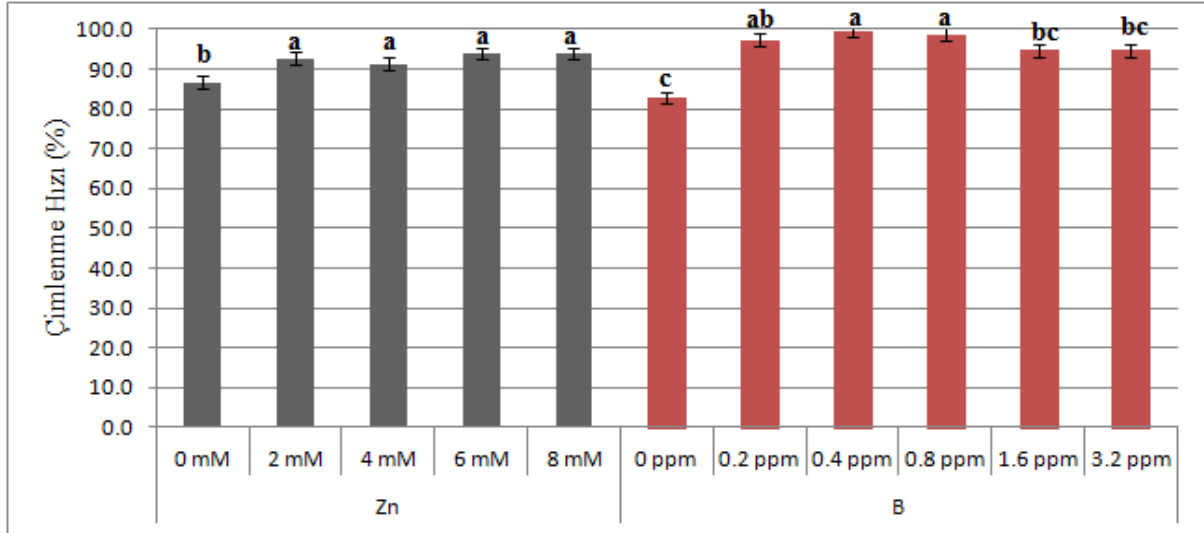
2.2 İstatistik Analiz

Araştırmada incelenen özelliklerde elde edilen veriler JMP 10. istatistik paket programı kullanılarak mikro elementler ayrı olacak şekilde varyans analizine tabi tutulmuştur. Dozlar arası farklılıklar belirlenen özelliklere ait ortalamalar %5 seviyesinde LSD testine tabi tutulmuştur.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1 Çimlenme Hızı (%)

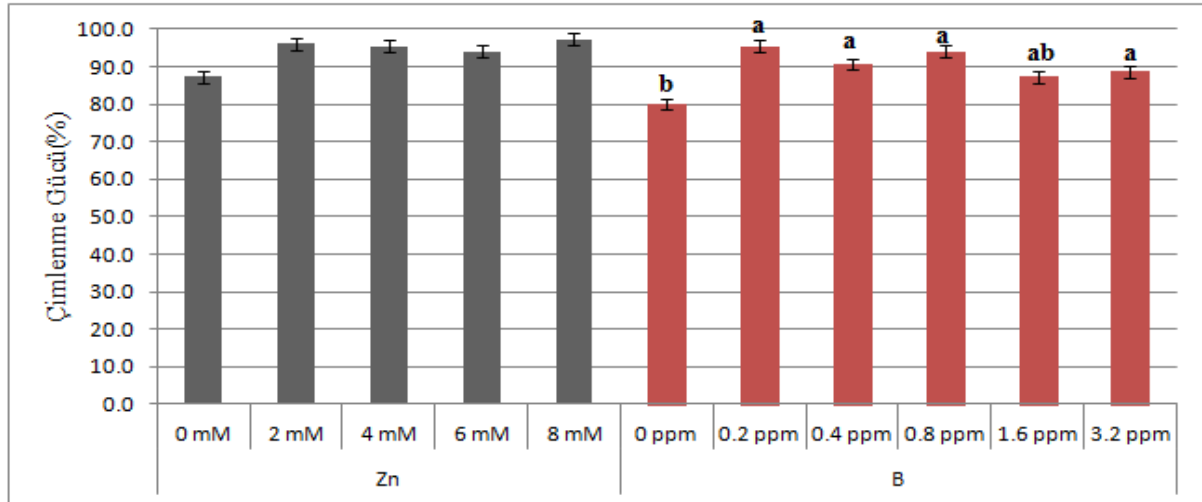
Çinko ve bor uygulamalarının çimlenme hızına etkileri Şekil 1'de verilmiştir. Varyans analizi sonucuna göre her iki uygulamanın çimlenme hızına etkilerinin %1 düzeyinde önemli farklılıklar oluşturduğu görülmüştür. Zn uygulaması sonucu çimlenme hızı % 86.7 ile % 94.0 arasında değişim göstermiştir. Zn uygulamaları arasında 6 ve 8 mM dozlarının en yüksek çimlenme hızına sahip oldukları ancak istatistikî olarak 2 ve 4 mM dozları ile aynı istatistik grupta yer aldıkları belirlenmiştir. Zn'nin buğdayda [26] ve mısır [27] dâhil olmak üzere çeşitli bitkilerde çimlenme hızını artırıcı etkisi tespit edilmiştir. Rudani ve ark. [28] çinkonun kofaktör görevi yaparak, oksin metabolizması ve enzimatik aktiviteleri artırarak hücre çoğalmasında artış sağlayarak çimlenme üzerinde olumlu etkilere sahip olduğunu bildirmişlerdir. Bor uygulamasının çimlenme hızı üzerindeki etkisi incelendiğinde çimlenme hızı % 82.7 ile % 99.3 arasında değişim göstermiştir. 0.4 ppm bor uygulaması en yüksek çimlenme hızını sağlarken kontrol gurubu en düşük çimlenme hızını göstermiştir. Bor uygulaması bazı bitki tohumlarının üzerinde olumlu etki yaparken bazılarında ise olumsuz etki yapmaktadır. Ayrıca borun çimlenme üzerinde sağladığı olumlu veya olumsuz etki uygulanan bor miktarı ile de ilgilidir. Rusya'da yapılan bir araştırmaya göre, tohum üzerine uygulanan (2- 20 mM) borun; soya fasulyesi, şeker pancarı, yonca ve buğday tohumlarının çimlenmesi üzerinde uyarıcı etki gösterdiği saptanmıştır [29]. Çalışmada elde ettiğimiz sonuçlar, çeltikte [30], soyada [26] ve buğdayda [31] elde ettikleri sonuçlar ile benzerlik göstermiştir.



Şekil 1. Bor ve çinko uygulamasının yem bezelyesinde çimlenme hızı (%) üzerindeki etkisi. Aynı harfle gösterilen değerler, %5 düzeyinde farklılık göstermez

3.2 Çimlenme Gücü (%)

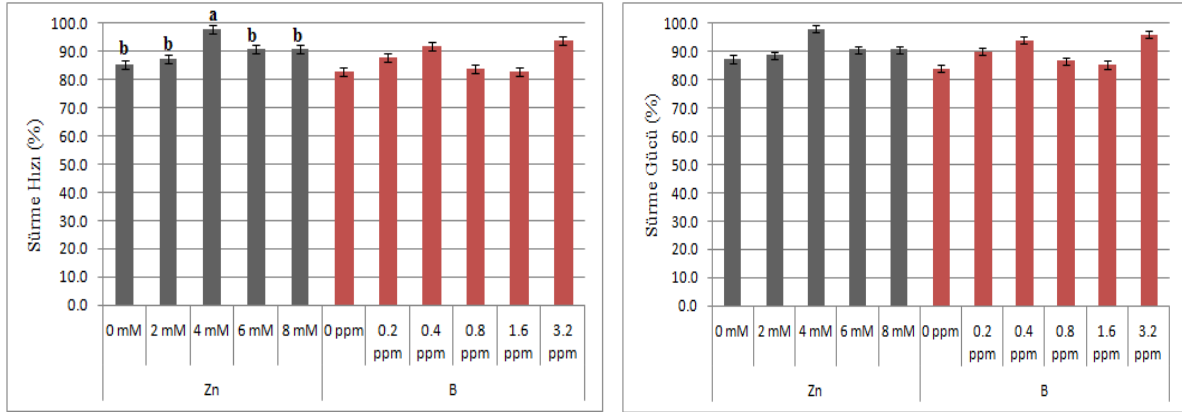
Çinko ve bor uygulamalarının çimlenme gücüne etkileri Şekil 2' de gösterilmiştir. Araştırmada, çinko uygulamasının çimlenme gücü özelliğine etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Çinko uygulamasında çimlenme gücü % 87.3 ile % 97.3 arasında değişim göstermiştir. Bor uygulamasında ise istatistikî olarak %1 seviyesinde önemli farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Çimlenme gücü değerleri % 80.0 ile % 95.3 arasında değişim göstermiştir. Kontrole kıyasla tüm bor uygulamaları çimlenme gücünde artırıcı etki gösterse de 0.2 ppm B uygulaması en yüksek çimlenme gücüne değerine sahip olmuştur. En düşük çimlenme gücü değeri kontrol uygulamasında elde edilmiştir. Cresswell ve Nelson [32] elde ettikleri sonuçlara göre; B elementinin tohumdaki dormansiyi kırarak çimlenme üzerinde olumlu etkiye neden olduğunu rapor etmişlerdir. Elde ettiğimiz sonuçlardan farklı olarak Muhammad ve ark. [33] ve Ashagre ve ark. [34] B uygulamasının çimlenme gücüne etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. Prathima ve ark. [35], ayçiçeği tohumlarına 2 g bor uygulamasının çimlenme yüzdesi ve çimlenme indeksini önemli derecede artırıcı etki gösterdiği, 2 g ve üstü bor uygulamalarında bu değerlerde azalış olduğu, en düşük değerleri ise 20 g bor uygulamasından elde ettiklerini bildirmişlerdir. Bor eksikliği veya fazlalığına bitkilerin fizyolojik tepkisi değişkenlik gösterirken, bazı bitki türlerinin çeşitleri arasında bile farklılıkların olabileceği gibi, toprak, çevresel faktörler, uygulama metodu ve uygulanacak bor oranı ile de bağlı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 2. Bor ve çinko uygulamasının yem bezelyesinde çimlenme gücü (%) üzerindeki etkisi. Aynı harfle gösterilen değerler, %5 düzeyinde farklılık göstermez

3.3 Sürme Hızı ve Sürme Gücü (%)

Çinko ve bor uygulamalarının yem bezelyesinin sürme hızı ve sürme gücüne etkileri Şekil 3'de sunulmuştur. Araştırmamızda istatistikî olarak yalnızca Zn uygulamasının sürme hızında önemli düzeyde ($p < 0.01$) farklılıklar oluşturduğu görülmüştür. Sürme hızı % 85.3 ile % 98.00 arasında değişim göstermiştir. En yüksek sürme hızı 4 mM çinko uygulamasından elde edilirken en düşük sürme hızı kontrol uygulamasında görülmüş olmasına rağmen diğer uygulamalar ile aynı istatistiksel grupta yer almıştır. Rehman ve ark. [20] elde ettikleri sonuçlara göre çinko kaplaması buğday tohumlarının çimlenme oranı ve fide gelişmesinde artışa sebep olmuştur. Ayrıca çeltik tohumlarına uygulanan 5 mM çinko, çimlenme hızı ve fidelerin sürme hızı üzerinde artışa sebep olmuştur [36]. Zn, protein sentezini artırarak hücre uzaması ve erken fide gelişimine temel hazırlamaktadır [13]. B uygulaması ise sürme hızını (%) kontrole göre artırsa da istatistikî açıdan kontrol ve bor uygulamaları arasında önemli farklılıklar sağlamamıştır. Zn ve B uygulamasının sürme gücü (%) değerleri sırası ile % 87.3 ile % 98.00 ve % 84.0 ile % 96.0 arasında değişim göstermiştir. Çinko uygulamasında en yüksek sürme hızı % 98.00 ile 4 mM çinko uygulamasından elde edilmişken en düşük değer kontrolde elde edilmiştir. En yüksek sürme hızı 3.2 ppm bor uygulamasında belirlenirken en düşük değer kontrol uygulamasında belirlenmiştir.

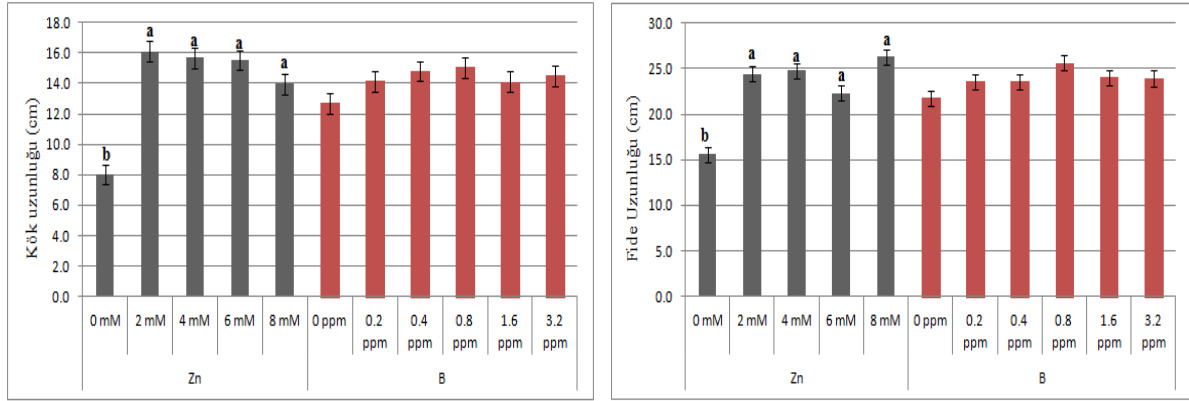


Şekil 3. Bor ve çinko uygulamasının yem bezelyesinde sürme hızı (%) ve gücü üzerindeki etkisi. Aynı harfle gösterilen değerler, %5 düzeyinde farklılık göstermez

3.4 Kök Uzunluğu ve Fide Uzunluğu (cm)

Şekil 4'te Zn ve B uygulamalarının yem bezelyesinin kök uzunluğu ve fide uzunluğuna ait ortalama değerleri verilmiştir. Araştırmamızda sadece Zn uygulaması kök uzunluğu ve fide uzunluğuna etkileri istatistiksel olarak sırasıyla %1 ve %5 düzeyinde önemli farklılıklar oluşturmuştur. Kök uzunluğu 8.02 cm ile 16.10 cm arasında değişim göstermiştir. En yüksek kök uzunluğu 2 mM çinko uygulamasında elde edilirken en düşük kök uzunluğu değeri kontrol gurubundan elde edilmiştir. 2 mM çinko dozunda en yüksek kök uzunluğu değeri elde edilmiş olmasına rağmen diğer Zn dozlarının kök uzunluğuna etkileri benzerlik göstermiştir. Çinko uygulamasının fide uzunluğu üzerindeki etkisi ise 15.60 cm ile 26.3 cm arasında değişim göstermiştir. En yüksek fide uzunluğu 8 mM çinko uygulamasından elde edilirken en düşük fide uzunluğu kontrol dozunda elde edilmiştir. 8 mM çinko dozunda en yüksek fide uzunluğu değeri elde edilmiş olmasına rağmen diğer Zn dozlarının fide uzunluğuna etkileri benzerlik göstermiştir. Çinko büyüme düzenleyicilerin (etilen, oksin, giberellin, sitokinin) faaliyetini olumlu yönde etkileyerek bitkilerin büyüme ve gelişmesi üzerinde olumlu etki sağlamaktadır [37].

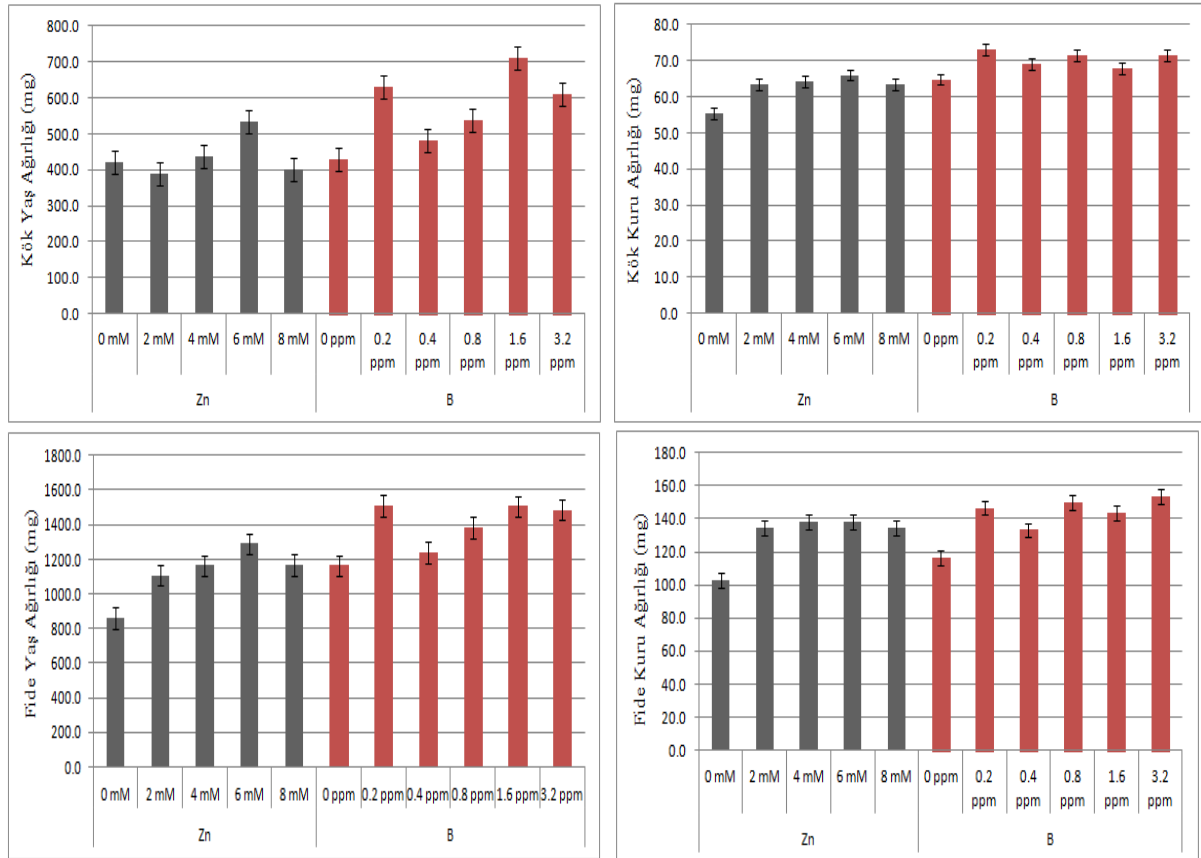
Bor uygulamasının kök uzunluğu ve fide uzunluğunda artışa sebep olmasına rağmen bu farklılık istatistiksel olarak önemsizlik göstermemiştir. Bor uygulaması neticesinde kök uzunluğu 12.70 cm ile 15.07 cm arasında değişim göstermiştir. En yüksek kök uzunluğu 0.8 ppm bor uygulamasından elde edilmiştir ve en az fide uzunluğu kontrol gurubunda görülmüştür. Bor uygulamasında fide uzunluğu 21.78 cm ile 25.63 cm arasında değişim göstermiştir. En düşük fide uzunluğu kontrolde elde edilmiştir. En yüksek fide uzunluğu 0.8 ppm bor uygulamasından elde edilmiştir. Her iki özellik için 0.8 ppm üzerindeki bor uygulamaları kök ve fide uzunluklarında azalmalar meydana getirmiştir. Bu azalmanın nedeni borun yüksek dozda uygulamasına bağlı olarak toksik etkiye neden olmuş olabilir.



Şekil 4. Bor ve çinko uygulamasının yem bezelyesinde kök uzunluğu (cm) ve fide uzunluğu (cm) üzerindeki etkisi. Aynı harfle gösterilen değerler, %5 düzeyinde farklılık göstermez

3.5 Kök Yaş, Kök Kuru, Fide Yaş ve Fide Kuru Ağırlığı (mg)

Çinko ve bor uygulamalarının yem bezelyesinin kök yaş, kök kuru, fide yaş ve fide kuru ağırlığı etkileri Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. Bor ve çinko uygulamasının yem bezelyesinde kök yaş, kök kuru, fide yaş ve fide kuru ağırlığı (mg) üzerindeki etkisi

Zn ve B uygulamaları kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı, fide yaş ağırlığı ve fide kuru ağırlığı üzerinde istatistikî olarak önemli bir farklılık oluşturmamıştır. Çinko uygulamasında kök yaş ağırlığı

388.1 ile 532.3 mg aralığında, bor uygulamasında ise 429.0 ile 710 mg aralığında değişim göstermiştir. Çinko uygulamasında kök kuru ağırlığı 55.4 ile 66.0 mg arasında değişim göstermiştir. Bor uygulamasında ise 73-64.8 mg aralığında değişim göstermiştir. Fide yaş ağırlığı çinko uygulamasında 859.0 mg ile 1289.9 mg arasında değişim göstermiştir. Bor uygulamasında ise 1163.3 mg ile 1510.0 mg değerleri arasında değerler elde edilmiştir. Fide kuru ağırlığı çinko uygulamasında 103.0 mg ile 138.5 mg arasında değişim göstermiştir. Bor uygulamasında ise 116.7 mg ile 153.3 mg aralığında değerler elde edilmiştir.

4. SONUÇLAR

Farklı dozlarda uygulanan bor ve çinko uygulamalarının yem bezelyesinin çimlenme ve erken gelişim dönemine etkilerinin incelendiği çalışmamızda, çinko uygulamasının çimlenme hızı, sürme hızı, kök ve fide uzunluğu özelliklerine olumlu etki sağladığı görülmüştür. Ancak uygulanan çinko dozlarından elde edilen sonuçlar istatistik olarak benzerlik göstermiştir. Bu nedenle farklılıklar tam olarak ortaya konulamamıştır. Bor uygulamasında ise çimlenme hızı ve çimlenme gücü özellikleri üzerine olumlu etkiye sahip olduğu ancak 0.8 ppm bor uygulamasından sonraki dozların çimlenme hızında azaltıcı etkiye neden olduğu görülmüştür.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını bildirmektedirler.

YAZARLARIN KATKILARI

Negar EBRAHİM POUR MOKHTARI: İnceleme, metodoloji, veri toplama, yazma-orijinal taslak hazırlama. Ferhat KIZILGEÇİ: Verinin düzenlenmesi, analiz, görselleştirme, yazma-inceleme ve düzenleme.

KAYNAKLAR

- [1] I. Cakmak, Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. *Plant Soil*, vol. 247, pp. 3-24, 2002.
- [2] C. Akıncı, I. Doran, M. Yıldırım and I. Gül, Effects of zinc doses on zinc and protein contents of barley, *Asian J. Chem*, vol. 20, no. 3, pp. 2293-2301, 2008.
- [3] Q. L. Wang, L. D. Lu, X. Q. Wu, Y. Q. Li, and J. X. Lin, Boron influences pollen germination and pollen tube growth in *Picea meyeri*, *Tree Physiol.*, vol. 23, pp. 345-351, 2003.

- [4] S. Lordkaew, S. Konsaeng, J. Jongjaidee, B. Dell, B. Rerkasem, and S. Jamjod, Variation in responses to boron in rice. *Plant Soil*. vol. 363, pp. 287-295, 2013.
- [5] A. Boşgelmez, İ. Boşgelmez, S. Savaşçı and N. Paslı, Ekoloji – II (Toprak), Başkent Klişe Matbaacılık, Kızılay-Ankara, 2001.
- [6] A. McCauley, C. Jones, and J. Jacobsen, Nutrient Management. Nutrient management module, Montana State University Extension Service. *Publication*, vol. 4449, no. 9, pp.1–16, 2009.
- [7] D. T. Gardiner and R. W. Miller, Soils in Our Environment. 11th Edition, Pearson/Prentice Hall, Upper Saddle Hill, New Jersey, USA. 2008.
- [8] J. J. Camacho-Cristóbal, E. M. Martín-Rejano, M. B. Herrera-Rodríguez, M. T. Navarro-Gochicoa, J. Rexach, and A. González-Fontes, Boron deficiency inhibits root cell elongation via an ethylene/auxin/ROS-dependent pathway in Arabidopsis seedlings, *J. Exp. Bot.* vol. 66, pp. 3831-3840, 2015.
- [9] S. M. A. Basra, M. Farooq, and A. Khaliq, Comparative study of pre sowing seed enhancement treatments in fine rice (*Oryza sativa* L.). *Pak J Life Soc Sci.* vol. 1, pp. 21–25, 2003.
- [10] A. Rashid, and J. Ryan, Micronutrient constraint to crop production in soils with mediterranean type characteristics: A review. *Journal of Plant Nutrition*, vol. 27, pp. 959–975, 2004.
- [11] I. Doran, C. Akıncı, M. Yıldırım, I. Gül and Z. Kaya, Effects of different zinc application methods on agronomic traits of durum wheat in a semi-arid anatolian environment, *Asian J. Chem*, vol. 21, no. 5, pp. 2293-2301, 2009.
- [12] M. D. Kantarcı, Toprak İlmi Ders Kitabı (2. baskı), İ.Ü. Yayın No: 4261, Orman Fakültesi Yayın No: 462, (XII+420), Çantay Basımevi, ISBN: 975-505-588 -7, İstanbul, 2000.
- [13] I. Cakmak, Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification, *Plant Soil*, vol. 302, pp. 1–17, 2008.
- [14] M. Farooq, A. Wahid, and K. H. M. Siddique, Micronutrient application through seed treatments a review. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* vol. 12, pp. 125–142, 2012.
- [15] Z. Rengel, and R. D. Graham, Importance of seed zinc content for wheat growth on zinc-deficient soil. I. Vegetative growth. *Plant Soil*, vol. 173, pp. 259–266, 1995.
- [16] D. Harris, A. Rashid, G. Miraj, M. Arif, and H. Shah, ‘Onfarm’ seed priming with zinc sulphate solution—A cost-effective way to increase the maize yields of resource-poor farmers. *Field Crop. Res.* vol. 102, pp. 119–127, 2007.
- [17] M. Imran, D. Garbe-Schönberg, G. Neumann, B. Boelt, and K. H. Mühling, Zinc distribution and localization in primed maize seeds and its translocation during early seedling development. *Environ. Exp. Bot.* vol. 143, pp. 91–98, 2017.
- [18] A. Prom-u-thai, B. Rerkasem, A. Yazici, and I. Cakmak, Zinc priming promotes seed germination and seedling vigor of rice. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* vol. 175, pp. 482–488, 2012.
- [19] D. Harris, A. Rashid, G. Miraj, M. Arif, and M. Yunas, On-farm’ seed priming with zinc in chickpea and wheat in Pakistan. *Plant Soil*, vol. 306, pp. 3–10, 2008.
- [20] A. Rehman, M. Farooq, R. Ahmad, and S. M. A. Basra, Seed priming with zinc improves the germination and early seedling growth of wheat. *Seed Sci. Technol.* vol. 43, pp. 262–268. 2015.

- [21] A. Ajouri, H. Asgedom, and M. Becker, Seed priming enhances germination and seedling growth of barley under conditions of P and Zn deficiency. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, vol. 167, pp. 630–636, 2004.
- [22] M. Kunjam, H. Govada, N. Mididoddi, and R.S.L.N. Kota, Studies on selected heavy metals on seed germination and plant growth in pea plant (*Pisum sativum* L.) grown in solid medium. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, vol. 3, no. 5, pp. 85-87, 2015.
- [23] S. M. A. frayeem, and A. Chaurasia, Effect of zinc oxide nanoparticles on seed germination and seed vigour in chilli (*Capsicum annum* L.), *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, vol. 6, no. 5, pp. 1564-1566, 2017.
- [24] D. Karan, and S. B. Singh, Ramkewal, Effect of zinc and boron application on yield of lentil and nutrient balance in the soil under Indo-Gangetic plain zones. *Journal of Agri Search*, vol. 4, pp. 206-209, 2014.
- [25] M. A. Quddus, M. H. Rashid, M. A. Hossain, and H. M. Naser, Effect of zinc and boron on yield and yield contributing characters of mungbean in low Ganges river floodplain soil at madaripur, Bangladesh. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, vol. 36, no. 1, pp. 75-85, 2011.
- [26] N. Ebrahim Pour Mokhtari and F. Kızılgöçü, “Effect of different boron concentrations on germination and seedling stage of soybean [*Glycine max* (L.) Merr]”. 2nd International Baku Conference on Scientific Research, Baku Odlar Yurdu University, Azerbaijan, April pp. 28-30, 2021a.
- [27] M. Imran, B. Boelt, and K. H. Mühling, Zinc seed priming improves salt resistance in maize. *J. Agron. Crop Sci.* vol. 204, pp. 390-399, 2018.
- [28] K. Rudani, V. Patel, and P. Kalavati, The importance of zinc in plant growth-A review. *Int. Res. J. Nat. App. Sci.* vol. 5, no. 2, pp. 38-48, 2018.
- [29] V. M. Shorrocks, The Occurrence and Correction of Boron Deficiency. *Plant and Soil*, vol. 193, pp. 121-148, 1997.
- [30] M. Farooq, K. H. M. Siddique, H. Rehman, T. Aziz, D. J. Lee, and A. Wahid, Rice direct seeding: experiences, challenges and opportunities. *Soil Till. Res.* vol.111, pp. 87-98, 2011.
- [31] N. Ebrahim Pour Mokhtari and F. Kızılgöçü, Wheat germination and early seedling period are affected by different doses of boron fertilizer. EUROASIA Congress on Scientific Researches and Recent Trends-VIII, The Merchant Marine Academy, Philippine, August 2-4, pp. 470-474, 2021b.
- [32] C. F. Cresswell, and H. Nelson, The Influence of boron on the RNA level, 6-amylase activity, and level of sugars in germinating *Themeda triandra* Forsk Seed. *Ann. Bot.* vol. 37, no. 3, pp. 427–438, 1973.
- [33] H. R. S. Muhammad, Z. B. Tasveer, and Y. Uzma, Boron irrigation effect on germination and morphological attributes of *Zea mays* cultivars (Cv. Afghoe & Cv. Composite). *Int. J. Sci. Engin. Res.* vol. 4, pp. 1563-1569, 2013.
- [34] H. Ashagre, I. A. Hamza, U. Fita, and W. Nedes, Influence of boron on seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). *African Journal of Plant Science*, vol. 8, no. 2, pp. 133-139, 2014.
- [35] A. S. Prathima, N. M. Rohini, and H. S. Shivaramu, Influence of boron seed treatment on seed germination, seedling length and seedling vigor in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *International Journal of Science and Nature*, vol. 7, no. 2, pp. 273- 276, 2016.

- [36] V. Todeschini, G. Lingua, G. D'Agostino, F. Carniato, E. Roccotiello, and G. Berta, Effects of high Zn concentration on poplar leaves: a morphological and biochemical study. *Environ Exp Bot.* vol. 71, pp. 50-56, 2011.
- [37] M. G. Mallikarjuna, N. Thirunavukkarasu, R. Sharma, K. Shiriga, F. Hossain, J. S. Bhat, A. C. R. Mithra, S. S. Marla, K. M. Manjaiah, and A. R. Rao, Comparative Transcriptome Analysis of Iron and Zinc Deficiency in Maize (*Zea mays* L.). *Plants*, vol. 9, pp. 1812, 2020.

Copyright © 2022 Ebrahim Pour Mokhtari and Kızılgeçi. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).