

Yapraktan Çinko ve Demir Uygulamalarının Kuru Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) Verim ve Verim Öğeleri Üzerine Etkileri

Bülent GÜVEN ^{1*}, Nuri YILMAZ ²

¹ Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Ordu

² Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Ordu

*Sorumlu Yazar (Corresponding author): zm.bguven@gmail.com

Özet

Bu çalışma, bodur kuru fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) yapraktan uygulanan çinko (Zn) ve demir (Fe) dozlarının bazı agronomik ve verim özellikleri üzerine olan etkilerini ortaya koymak amacıyla yürütülmüştür. Araştırma, 2025 yılında Erzincan İlinde iki lokasyonda tesadüf bloklarında bölünen parseller deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Çalışmada artan dozlarda dört Zn (%0, %0.25, %0.50 ve %1) ve beş Fe dozu (%0, %0.25, %0.50, %1 ve %2) uygulamaları, çiçeklenme dönemi başlangıcında tek seferde yapraktan gerçekleştirilmiştir. Çalışmada; çiçeklenme gün süresi, bitkide bakla sayısı, bakla boyu, baklada tane sayısı, yüz tane ağırlığı ve verim değerleri incelenmiştir. Elde edilen bulgular, Zn ve Fe'nin tekil uygulamaların istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar oluşturduğunu göstermiştir. Zn ve Fe gübrelerin beraber kullanımı ile bu etkinin daha çok arttığı tespit edilmiştir. Özellikle %0.5 Zn + %0.5 Fe dozunun birlikte uygulanması, bitkisel gelişme ve verim unsurlarında en yüksek ortalama değerlerin elde edilmesini sağlamıştır. Buna karşılık, kontrol parsellerinde ve yüksek doz uygulamalarında incelenen özelliklerde belirgin azalmalar tespit edilmiştir. Araştırmada incelenen parametrelerde lokasyon etkisinin $p < 0.01$ düzeyinde çok önemli bulunması, mikro element uygulamalarına verilen tepkinin çevresel koşullara bağlı olduğunu ortaya koymuştur. Kuru fasulyede yapraktan Zn ve Fe kombinasyonlarının dengeli ve birlikte uygulanmasının, lokasyon koşulları da dikkate alınarak, verim ve verim unsurlarını artırmada etkili bir yöntem olduğu belirlenmiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi :15.11.2025
Kabul Tarihi :30.12.2025

Anahtar Kelimeler

Phaseolus vulgaris L.
mikro besin gübreleri
çiçeklenme süresi
bakla boyu
lokasyon

Effects of Foliar Zinc and Iron Applications on Dry Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Yield and Yield Components

Abstract

This study was conducted to determine the effects of foliar-applied zinc (Zn) and iron (Fe) doses on selected agronomic and yield traits of dwarf common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). The experiment was established in 2025 under two distinct agro-ecological conditions in Erzincan Province using a randomized complete block design with split plots and three replications. Four increasing Zn doses (0, 0.25, 0.50, and 1%) and five Fe doses (0, 0.25, 0.50, 1, and 2%) were applied once as foliar treatments at the beginning of the flowering stage. The traits evaluated included days to flowering, number of pods per plant, pod length, number of seeds per pod, hundred-seed weight, and seed yield. The results indicated that individual applications of Zn and Fe caused statistically significant differences in the examined traits. Moreover, the combined application of Zn and Fe further enhanced these effects. Overall, the combined application of 0.5% Zn and 0.5% Fe resulted in the highest mean values for most growth and yield components. In contrast, notable reductions in the evaluated traits were observed in the control plots and at higher application doses. The location effect was found to be highly significant ($p < 0.01$) for all parameters, indicating that plant responses to micronutrient applications were strongly influenced by environmental conditions. These findings suggest that balanced and combined foliar application of Zn and Fe, considering location-specific conditions, is an effective strategy for improving yield and yield components in common bean.

Research Article

Article History

Received :15.11.2025
Accepted :30.12.2025

Keywords

Phaseolus vulgaris L.
micronutrient fertilizers
flowering day duration
pod length
location

Atf: Güven, B., Yılmaz, N., 2026. Yapraktan Çinko ve Demir Uygulamalarının Kuru Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) Verim ve Verim Öğeleri Üzerine Etkileri. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(1): 129-143. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18287767>

Citation: Güven, B., Yılmaz, N., 2026. Effects of Foliar Zinc and Iron Applications on Dry Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Yield and Yield Components. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 10(1): 129-143. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18287767>

© Bu çalışma *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi* tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır.

1. Giriş

Tarımsal üretimde, yeni ve teknolojik üretim sistemlerinin geliştirilmesi gerekliliği için artan bir bilinç oluşmasına karşın sürdürülebilir tarımda baklagil yetiştiriciliğinin hayati rolüne çok az ilgi gösterilmektedir. Baklagiller, üretimi yapılan toprakta ve tüm ekosistem üzerinde birçok fayda sağlamaktadır. Baklagillerin biyolojik azot fiksasyonu sürecinde dünya çapında yaklaşık 21.5 milyon ton azotu fikse ettiği bildirilmektedir (Herridge ve ark., 2008). Aynı zamanda münavebe bitkisi olması, toprak yapısını iyileştirmesi, yeşil gübre olarak kullanılabilmesi, karışık ekim sistemleri içerisinde yer alması gibi birçok faydası bulunmaktadır (Sarkar ve ark., 2017). Baklagiller, insan beslenmesinde kolay ulaşılabilir ve ucuz bir protein kaynağı olmasının yanında hem insan hem de hayvan beslenmesinde karbonhidrat, vitamin ve mineraller sağladığından dolayı küresel olarak gıda güvenliğindeki yeri tartışmasız olarak çok önemlidir (Gowda ve ark., 2013). İnsanların temel protein kaynakları hayvansal gıdalardır. Ancak bu gıdaların yüksek maliyetli oluşu, saklama koşulları ve zorlukları nedeni ile oluşabilecek gıda bozulmalarının yanında et tüketmeyen insanların tercihleri tüketicilerin bitkisel kökenli protein kaynaklarına yönelmelerine neden olmaktadır (Sözen ve ark., 2022). Yemelik tane baklagiller, bitkisel proteinlerin, yenilebilir yağların ve minerallerin (Márquez-Quiroz ve ark., 2015) yanı sıra vitamin ve antioksidanların başlıca kaynağıdır (Katoch, 2013). Baklagiller, yüksek protein içeriğine sahip, mikro elementler ve vitaminlerce zengin olması gibi üstün özelliklerin yanı sıra diyet lifi, kompleks karbonhidratlar içermeleri, vücut için gerekli folik asit sağlamaları bakımından önemli bir bitki gurubunu oluşturmaktadırlar (Edje ve ark., 1980). Hali hazırda 8 milyarı aşan dünya nüfusunun 2050'ye kadar 9.15 milyarı geçmesi beklenmektedir (Alexandratos ve

Bruinsma, 2012). Nüfustaki bu artış hızı, iklim ve çevre koşullarını değiştirerek küresel olarak önemli zararlara yol açmaktadır. Şiddetli kuraklıklar, ani sıcaklık değişimleri, yağış ve yağış düzeninden kaynaklanan olumsuzluklar gibi birçok ekolojik faktör dünya genelinde tarım sistemleri üzerinde ciddi bir baskı oluşturmaktadır. Bu durum küresel gıda güvenliğini tehdit etme noktasına ulaşmıştır (Sarkar ve ark., 2017). Günümüzde tarımsal mekanizasyonun gelişmesi ile birlikte tarla trafiğinde oluşan artış, erozyon ile topraklardaki organik madde içeriğinin kaybına neden olabilmektedir. Kuru fasulye yetiştiriciliğinde birim alandan alınacak verim ve kalitenin artırılmasında uygulanacak kültürel işlemler arasında mikro besin kullanımı da büyük önem taşımaktadır. Bitkilerde çinko uygulaması, bitkide oksin sentezinde, nodüllerin gelişiminde, bitkilerin büyümesi ve gelişimini destekleyen Azot fiksasyonu üzerindeki etkileri nedeni ile tane verimini olumlu yönde etkilediği (Kasthurikrishna ve Ahlawat, 2000) bildirilmektedir. Benzer şekilde klorofil ve kloroplast gelişiminde rol oynayan demir, bitki büyümesi ve gelişimi için temel bir besin elementidir. Aynı zamanda çinko ve demir gibi mikro besin maddeleri, insan büyümesinde, gelişiminde ve bağışıklık sisteminin korunmasında da ve hastalıkların önlenmesinde önemli bir rol oynar (Shenkin, 2006). Demir ve çinko, en önemli mikro besin maddeleridir ve dünya genelinde yaklaşık 2 milyar insanın demir ve çinko noksanlığından etkilendiği bildirilmiştir (Welch ve Graham, 1999). Birim alandan alınan verim ve kalitenin artırılması için kuru fasulye bitkisinde mikro besin elementlerin büyüme ve gelişme hakkında kapsamlı bir bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır. Kuru fasulye yetiştiriciliğinde mikro besinlerin etkilerine ilişkin mevcut bilgiler henüz yeterli değildir. Bu çalışma, kuru fasulye bitkisinde yapraktan püskürtme yöntemi ile

artan oranlarda kullanılan çinko ve demir dozlarının fasulyede büyüme ve verim üzerindeki etkisini belirlemek, verim ve kaliteyi artıran en uygun gübre dozunu bulmak amacıyla yürütülmüştür. Bunun yanında elde edilecek veriler, Zn ve Fe biofortifikasyon programlarının daha etkili planlanması ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının geliştirilmesine katkı sunacaktır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Yöntem

Çalışma, Erzincan ili Merkez ilçesi Bahçeliköy ile Üzümlü ilçesi Pişkidağ köyünde 2025 yılında çiftçi tarlasında iki lokasyonda yürütülmüştür. Araştırmada bitki materyali olarak Göynük-98 bodur kuru fasulye çeşidi kullanılmıştır. Çalışmada, demir kaynağı olarak garanti edilen içeriği kütlece %6 olan suda çözünür ve tamamı EDDHA ile şelatlı demir ile çinko kaynağı olarak %21 Zn içeren çinko sülfat heptahidrat ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) olan ticari gübre kullanılmıştır.

2.2. İklim özellikleri

Erzincan, Doğu Anadolu Bölgesinin kuzey batısında yer almakta ve tipik karasal

iklim özelliği göstermektedir. Yağışların büyük bir kısmı kış ve ilkbahar aylarında düşerken, özellikle yaz ayları kurak geçmektedir. Erzincan iline ait uzun yıllar (1929-2024) ortalama sıcaklık $11.0\text{ }^{\circ}\text{C}$, ortalama yağış miktarı 376.0 mm , ortalama nisbi nem ise %64.26 olarak gerçekleşmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü 2025 yılında yetiştiricilik dönemini kapsayan Mayıs-Eylül ayları arasında Merkez Bahçeliköy lokasyonunda ortalama sıcaklık $11.02\text{ }^{\circ}\text{C}$, ortalama yağış miktarı 22.79 mm ve ortalama nisbi nem ise %58.22, Üzümlü İlçesi Pişkidağ köyü lokasyonunda ise ortalama sıcaklık $11.46\text{ }^{\circ}\text{C}$, ortalama yağış miktarı 35.39 mm ve ortalama nisbi nem ise %64.38 olarak ölçülmüştür (Anonim, 2025).

2.3. Toprak özellikleri

Deneme alanlarından 0-30 cm derinlikten alınan toprak örneklerine ait analiz sonuçları değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Tabloda görüldüğü üzere deneme alanlarının toprakları killi bir yapıya sahip olup, hafif asidik karakter göstermektedir.

Tablo 1. Lokasyonlara ait toprak analiz sonuçları

Table 1. Soil analysis results of the locations

Parametreler/ Lokasyonlar	pH	Ec (mmhos cm^{-1})	Toprak bünyesi (%)	Organik madde (%)	Kireç (%)	Fosfor (kg da^{-1})	Potasyum (kg da^{-1})	Demir (ppm)	Çinko (ppm)
Piškidağ Köyü	7.13	0.21	63.34	2.16	3.61	6.58	62.72	4.65	0.51
Bahçeli köyü	7.92	0.51	56.52	1.73	4.79	7.81	85.34	3.92	0.79

2.4. Yöntem

Araştırma, Erzincan ilinde iki lokasyonda tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak 2025 yılında yürütülmüştür. Çalışma kapsamında ana parsellere çinko dozları, alt parsellere ise demir dozları gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Fasulye tohumları $50\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ aralığında, 4 sıra olacak şekilde

dikilmiştir. Deneme alanında parseller 3 metre boyunda ve 1.5 metre eninde oluşturulmuştur. Parseller ile bloklar arasında ikişer metre boşluk bırakılmıştır. Araştırmanın yürütüldüğü lokasyonlarda her bir parsel 4.5 m^2 olacak şekilde kurulmuştur. Her iki lokasyonda tohum ekimleri 18 Mayıs 2025 tarihinde elle yapılmıştır. Her lokasyonda ekimden önce saf olarak 1.8 kg da^{-1} azot ve 4.6 kg da^{-1}

fosfor gübresi gelecek şekilde taban gübresi uygulanmıştır. Mikro besin elementi tek uygulama olacak şekilde çiçeklenme öncesi dönemde bitkinin üst kısmına pülverizatör aracılığı ile çinkonun dört dozu %0, % 0.25, %0.5 ve %1 ($w v^{-1}$) ile demirin beş dozu %0, %0.25, %0.5, %1 ve %2 ($w v^{-1}$) uygulanmıştır. Araştırmada yaprak uygulamaları için, %21'lik $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ çinko ve tamamı %6'luk EDDHA-şelatı demir formları kullanılmıştır. Uygulama yapılan parsellerde yaprak yüzeyini tamamen kaplanmasını sağlamak amacıyla her parsel için 4 litre uygulama çözeltisi, 2-5 bar çalışma basıncı olan ve homojen kaplama sağlayan yelpaze tipi nozula sahip pülverizatörle yapılmıştır. Uygulamalar sabah serin saatlerinde ve rüzgârsız bir havada bitkinin üst kısmına yaklaşık 30 cm mesafeden püskürtülerek yapılmıştır. Hasat işlemi parsel kenarlarından birer sıra ile parsel başından ve sonundan 50 cm'lik kısımlar kenar tesiri olarak çıkarılmıştır. Hasat işlemi her bir parselden elle yapılmıştır. Her bir lokasyonda 60 adet parsel olmak üzere iki lokasyonda toplam 120 adet parselden oluşmaktadır. Araştırmada, çıkış öncesi yabancı ot ilacı olarak ticari olarak satılan $450 g L^{-1}$ Pendimethalin etken maddeli herbisit $300 ml da^{-1}$ olacak şekilde kullanılmış ve parsellerde iki defa el ile çapa işlemi yapılmıştır. Araştırma süresi boyunca damla sulama sistemi ile yedi sulama işlemi gerçekleştirilmiştir. Kontrol parsellerinde, diğer gübre uygulaması yapılan parseller gibi tüm kültürel işlemler eş zamanlı yapılmış olup, uygulamalar sırasında kontrol parsellerine sadece su püskürtülmüştür. Araştırma kapsamında; çiçeklenme süresi, bakla boyu, bitkide

bakla sayısı, baklada tane sayısı, yüz tane ağırlığı ve tane verimine ait gözlem ve ölçümleri alınmıştır. Araştırma sonucunda elde edilen veriler JMP 7.0 istatistik paket programı kullanılarak tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuştur. Önemlilik gösteren ortalamalar arası farklılıkların karşılaştırılmasında LSD çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Çiçeklenme süresi (gün)

Araştırmada, çinko, demir, çinko x demir interaksiyonu ve lokasyonların bodur kuru fasulye (Göynük-98) çeşidinde çiçeklenme süresi üzerine çok önemli ($p < 0.01$) etkilerde bulunduğu belirlenmiştir. Artan dozlarda çinko ve demir uygulamalarına ait çiçeklenme süresi ortalama değerleri ve oluşan gruplar Tablo 2'de verilmiştir. Her iki lokasyonda yalnız Zn uygulanan parsellerde artan doza bağlı olarak çiçeklenme süresinin kısaldığı görülmüştür. Yalnız Fe kullanıldığında ise lokasyonlara bağlı farklı tepkiler ortaya çıkmıştır. Üzümlü lokasyonunda Fe dozu arttıkça çiçeklenme süresi kısalmıştır. Merkez lokasyonunda ise %0.5 Fe dozuna kadar çiçeklenme süresi kısalmış, daha yüksek Fe dozlarında ise yeniden uzama eğilimi göstermiştir. Üzümlü lokasyonunda en kısa çiçeklenme süresi Fe + Zn'nin beraber uygulandığı %0.5 dozunda 52.36 gün olarak belirlenirken, en uzun çiçeklenme süresi ise 65.36 gün ile kontrol parseline tespit edilmiştir. Merkez lokasyonunda ise en kısa çiçeklenme süresi 44.73 gün ile %0.5 Fe + %1 Zn uygulamasından, en uzun çiçeklenme süresi ise 54.95 gün ile kontrol parseline tespit edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Çinko ve demir uygulamalarının bitkide çiçeklenme süresine ait ortalama sonuçları
Table 2. Mean flowering time of plants under zinc and iron applications

Lokasyonlar	Çinko dozları (%)	Demir dozları (%)					Ortalama	Lokasyon etkisi	% CV
		0	0.25	0.5	1	2			
Üzümlü	0	65.36a*	63.10ab	59.27bcd	59.60bcd	56.27c-f	60.72a*	57.09 a*	4.57
	0.25	60.54bc	55.17def	54.95def	57.13cde	56.30c-f	56.82b		
	0.5	54.45ef	57.32cde	52.36f	54.89ef	57.09cde	55.22b		
	1	55.09def	57.41cde	53.32ef	54.56ef	57.54cde	55.59b		
	Ortalama	58.86a*	58.25ab	54.97c	56.55bc	56.80abc			
Merkez	0	54.95a*	51.51b-e	48.71efg	53.32ab	52.08a-d	52.11a*	50.01 b	3.90
	0.25	50.76b-f	47.99fgh	51.05b-f	53.67ab	51.44b-e	50.99a		
	0.5	49.96c-f	49.37def	45.26h ₁	44.73 ₁	52.22a-d	48.31b		
	1	47.99fgh	52.81abc	45.77gh ₁	47.89f- ₁	48.71efg	48.63b		
	Ortalama	50.92a*	50.42a	47.70b	49.90a	51.11a			
Lok. Ort.	0	60.16a*	57.30b	53.99c-f	56.46bc	54.17c-f	56.42a*		4.31
	0.25	55.65bcd	51.58fgh	53.00d-g	55.40bcd	53.87c-g	53.90b		
	0.5	52.20e-h	53.34d-g	48.81 ₁	49.81h ₁	54.66b-e	51.77c		
	1	51.54fgh	55.11bcd	49.54h ₁	51.23gh ₁	53.13d-g	52.11c		
	Ortalama	54.89a*	54.33ab	51.34c	53.22b	53.96ab			

** : p<0.01, * : p<0.05 düzeyinde önemli ayrı harfler aynı grubu ifade etmektedir.

Üzümlü ve Merkez lokasyonunda gübre uygulama ortalamaları özellikle %0.5 ve %1 çinko dozları çiçeklenme süresi üzerine belirgin bir erkencilik göstermiştir. Demir dozlarında ise %0.5 dozu erkencilige neden olurken çiçeklenme süresi üzerinde çinko dozları kadar etili olamamış ve sınırlı kalmıştır. Elde edilen sonuçların lokasyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu (p<0.01) ve Üzümlü lokasyonunda ortalama çiçeklenme süresinin (57.09 gün) Merkez lokasyonuna göre (50.01gün) daha uzun gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Lokasyonlar arasında Çinko uygulama dozları arasında da anlamlı değişiklikler tespit edilmiş olup, en erken çiçeklenme %0.5 Zn dozunda ortalama 51.77 gün, en geç çiçeklenme ise %0 Zn dozunda ortalama 56.42 gün olarak belirlenmiştir. Demir dozlarının tek başına çiçeklenme süresi üzerinde sınırlı bir etkisi olurken, %0.5 Zn + Fe kombinasyonları çiçeklenme süresinin daha erken olmasına neden olduğu belirlenmiştir. İki lokasyon arasında gözlenen anlamlı fark, lokasyonlara özgü toprak ve iklim koşullarının bitkinin temel büyüme kapasitesini farklı düzeylerde etkilediğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, Zn ve Fe'nin yapraktan uygulanması bitkilerin

lokasyonlarda toprak koşullarına olan bağımlılığı büyük ölçüde azalttığını ve bu elementlerin doğrudan bitki bünyesine alınmasını sağlamıştır. Zn ve Fe elementlerinin bitki tarafından alımı, taşınması ve metabolik süreçlerde kullanımı büyük ölçüde hücresel düzeyde gerçekleştiğinden, bu uygulamaların çevresel faktörlerden nispeten bağımsız olarak etkili olduğu söylenebilir. Bu çalışma, Zn dozlarının çiçeklenme süresi üzerinde erkencilige neden olduğunu, Fe dozlarının ise daha sınırlı bir etki gösterdiğini ortaya koymaktadır. Zn ve Fe'nin kombinasyon olarak kullanılmasında bu etki daha da belirgin hale gelmiştir. Bu sonuçlar, mikro besin elementlerinin birlikte kullanımının bitkide besin alımını artırarak büyüme ve gelişme süreçlerini desteklediğini göstermektedir. Elde edilen bulgularımız, Ebrahim ve Aly (2004) tarafından bitkilerde demir ve çinko mikro besin maddelerinin biyokimyasal süreçlerdeki olumlu etkileri, amino asit ve şeker sentezindeki rolü ile çiçeklenme aşamasında hormon miktarının artması ile ilişkili olduğunu bildiren bulgularıyla uyumludur. Benzer şekilde Seifi Nadergoli ve ark. (2011) mikro besin maddelerinin özellikle çinkonun, erkek organ gelişimi ve

polen oluşumunu olumlu yönde etkilediğini, bu durumun kendine tozlaşan fasulyede erkek organ aktivitesinin artmasıyla çiçek verimliliğini arttırarak katkı sağladığını ifade etmişlerdir. Bu çalışmalar, çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular ile uyum halinde olduğunu göstermektedir.

3.2. Bakla boyu (cm)

Çalışmanın yapıldığı Üzümlü lokasyonunda çinko, demir ve çinko x

demir interaksyonları %5 önem düzeyinde, Merkez lokasyonunda çinko uygulamalarının %5, demir ve çinko x demir interaksyonları %1 önem düzeyinde, lokasyon ortalamasında ile çinko, demir ve çinko x demir interaksyonları ile lokasyon ana etkisi %1 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Tablo 3). Çinko ve demir dozları uygulamalarına bağlı olarak oluşan ortalama bakla boyu değerleri ile LSD grupları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Çinko ve demir uygulamalarının bakla boyuna ait ortalama sonuçları
Table 3. Mean pod length of plants under zinc and iron applications

Lokasyonlar	Çinko Dozları (%)	Demir Dozları (%)					Ortalama	Lokasyon Etkisi	% CV
		0	0.25	0.5	1	2			
Üzümlü	0	11.61j*	11.79ij	12.46g-j	14.21def	13.74efg	12.76b*	13.81a**	6.52
	0.25	12.43g-j	12.67f-j	14.25de	13.47e-h	12.85e-j	13.14b		
	0.5	12.31g-j	12.67f-j	17.68a	17.42ab	14.22de	15.45a		
	1	12.11hij	13.30e-ı	16.00bc	14.35de	13.68efg	13.89b		
	Ortalama	12.11c*	13.35d	15.09a	14.86a	13.62c			
Merkez	0	9.23h**	9.55gh	12.86b	11.81bc	11.25cde	10.94b*	11.32b	6.18
	0.25	9.73fgh	10.45d-h	11.84bc	10.94c-f	10.75c-g	10.74b		
	0.5	9.79fgh	10.23e-h	14.53a	14.56a	11.88bc	12.20a		
	1	10.06e-h	10.96c-f	12.94b	11.72bcd	11.31cde	11.40ab		
	Ortalama	9.70d**	10.30d	13.04a	12.26b	11.29c			
Lok. Ort	0	10.42g**	10.67gh	12.09de	12.22de	12.50de	11.58c**	6.85	
	0.25	11.08fgh	11.56efg	13.04cd	12.20de	11.80ef	11.94c		
	0.5	11.05fgh	13.72bc	16.10a	15.99a	13.05cd	13.98a		
	1	11.09fgh	12.13de	14.47b	13.61bc	12.49de	12.76b		
	Ortalama	10.91e**	12.02b	13.93a	13.51a	12.46b			

** : p<0.01, * : p<0.05 düzeyinde önemli aynı harfler aynı grubu ifade etmektedir.

Üzümlü lokasyonunda Zn ve Fe'nin beraber uygulandığı %0.5 dozunda 17.68 cm ile en yüksek bakla boyu elde edilmiştir. En düşük bakla boyu ise her iki lokasyonda da kontrol uygulamalarında gözlenmiş ve en düşük bakla boyu Merkez lokasyonunda 9.23 cm olarak belirlenmiştir. Lokasyonlar arasında bakla boyu bakımından istatistiksel olarak çok önemli farklılıklar (p<0.01) bulunmuştur. Üzümlü lokasyonunda ortalama bakla boyu 13.81 cm, Merkez lokasyonunda ise ortalama 11.32 cm olarak belirlenmiştir. Bu farklılığın, Üzümlü lokasyonunda iklim koşullarının yapraktan uygulanan mikro besin elementlerinin alımını ve taşınmasını artırarak bakla boyunu olumlu yönde etkilediği düşünülmektedir. Ayrıca araştırma sonuçları optimum Zn ve Fe doz

kombinasyonunun lokasyona bağlı olarak değişebildiğini ortaya koymuştur. Araştırma sonuçları, Zn ve Fe gübrelerinin tek başına veya birlikte yapraktan uygulanmasının bakla boyu üzerinde artırıcı etki oluşturduğunu göstermektedir. Bunun yanında Zn ve Fe gübrelerin uygun oranlarda kombinasyon halinde kullanıldığında ise bu etki uygun dozlarda daha belirgin hale gelmiştir. Bu etki mikro besin maddelerinin (Fe, Zn, Mn vb.) bitki fizyolojisindeki tamamlayıcı roller üstlenmesinden kaynaklanmaktadır. Yemelik tane baklagiller üzerinde yürütülen benzer çalışmalarda da Zn ve Fe uygulamalarının bakla gelişimini olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir. Çinko; hücre bölünmesi, uzaması ve oksin sentezinde görev olarak generatif organların gelişimini

teşvik ederken; demir, klorofil sentezi ve fotosentetik elektron taşınımında rol alarak asimilasyon kapasitesini artırmakta ve dolaylı olarak bakla gelişimini desteklemektedir (Abdollahi ve ark., 2010). Son yıllarda yapılan çalışmalar da Zn ve Fe uygulamalarının baklagillerde bakla uzunluğu, bakla ağırlığı ve generatif verim unsurlarını önemli ölçüde artırabildiğini ortaya koymaktadır (Alloway, 2008; Rehman ve ark., 2020). Bu çalışmalar, çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular ile uyum halinde olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, bu çalışma Zn ve Fe'nin özellikle uygun doz kombinasyonlarında birlikte uygulanmasının bakla boyu üzerinde belirgin ve olumlu etkiler

oluşturduğunu; bu etkinin lokasyonlara bağlı çevresel koşullarla birlikte değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

3.3. Bitkide bakla sayısı (bitki bakla⁻¹)

Çalışmanın yapıldığı lokasyonlarda incelenen özelliklere ait çinko ve demir gübre dozları, lokasyon ana etkisi ile çinko x demir interaksyonunun bitkide bakla sayısı üzerine çok önemli düzeyde $p<0.01$ etkili olduğu belirlenmiştir (Tablo 4). Çinko ve demir dozları uygulamalarına bağlı olarak bitkide bakla sayısına ait oluşan ortalama değerler ile LSD grupları Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Çinko ve demir uygulamalarının bitkide bakla sayısına ait ortalama sonuçları

Table 4. Mean number of pods per plant under zinc and iron applications

Lokasyonlar	Çinko dozları (%)	Demir dozları (%)					Ortalama	Lokasyon etkisi	% CV
		0	0.25	0.5	1	2			
Üzümlü	0	19.22h**	21.02gh	25.60a-e	23.80c-f	23.21efg	22.57b**	24.03a **	6.95
	0.25	20.79gh	22.41fg	23.52d-g	25.76a-e	24.62a-f	23.42ab		
	0.5	23.99c-f	25.26a-e	27.34a	26.07a-d	23.99c-f	25.33a		
	1	24.19b-f	26.81ab	26.49abc	25.73a-e	20.79gh	24.80a		
	Ortalama	22.05b**	23.88b	25.74a	25.34a	23.15b			
Merkez	0	16.09i**	18.23gh	21.90a-f	20.45def	16.18i	18.57b**	20.94b	5.78
	0.25	16.93hi	21.39b-f	23.47a	22.19a-e	20.12fg	20.82a		
	0.5	21.25b-f	22.89abc	23.51a	23.19ab	22.43a-d	22.66a		
	1	20.41ef	21.52a-f	22.89abc	22.62abc	21.11c-f	21.71a		
	Ortalama	18.67d**	21.01b	22.94a	22.12a	19.96c			
Lok. Ort	0	17.66j**	19.63hi	23.75a-e	22.13efg	19.69hi	20.57c**	6.49	
	0.25	20.46ij	21.90fg	23.49b-f	23.98a-d	22.37d-g	22.12b		
	0.5	22.62c-g	24.08abc	25.42a	24.63ab	23.21b-f	23.99a		
	1	22.30d-g	24.16abc	24.69ab	24.17abc	20.96gh	23.26ab		
	Ortalama	20.36d**	22.44b	24.34a	23.73a	21.56c			

** : $p<0.01$, * : $p<0.05$ düzeyinde önemli aynı harfler aynı grubu ifade etmektedir.

Çinkonun tek başına uygulanmasında lokasyonlara bağlı farklı tepkiler gözlenmiştir. Üzümlü lokasyonunda Zn dozu arttıkça bitkide bakla sayısında sürekli bir artış meydana gelirken, Merkez lokasyonunda bu artış %0.5 Zn dozuna kadar gerçekleşmiş, daha yüksek dozlarda ise azalma görülmüştür. Demir uygulamalarında, her iki lokasyonda da kontrole kıyasla Fe dozunun %0.5 seviyesine kadar bitkide bakla sayısını artırdığı, bu dozdan sonra ise artışın durduğu veya azalma eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 4). Üzümlü lokasyonunda Zn ve Fe'nin birlikte

uygulandığı %0.5 dozunda bitkide bakla sayısına 27.34 adet ile en yüksek değere ulaşılırken, kontrol parselinde bu değer 19.22 adet olarak tespit edilmiştir. Merkez lokasyonunda da benzer şekilde en yüksek bitkide bakla sayısı 23.51 adet Zn ve Fe'nin birlikte uygulandığı %0.5 dozunda elde edilmiştir. Bu lokasyonda kontrol ve %2 Fe uygulamaları sırasıyla 16.09 adet ve 16.18 adet ile en düşük bakla sayısına sahip olmuştur. Bitkide bakla sayısı bakımında lokasyonlar arasında önemli farklılıklar saptanmış olup, Üzümlü lokasyonunda ortalama bitkide bakla sayısı 24.03 adet iken Merkez lokasyonunda ise 20.94 adet

olarak belirlenmiştir. İki lokasyon arasında gözlenen anlamlı farkın; bitkilerin Zn ve Fe uygulamalarına verdiği tepkiden ziyade, lokasyonlara özgü toprak ve iklim koşullarının bitkinin vegetatif büyüme ve generatif gelişme kapasitesini farklı düzeyde etkilemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Araştırma bulguları, kuru fasulyede sadece Zn kullanımının sadece Fe kullanımına göre bitkide bakla sayısının artışında daha belirgin bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur. Bununla beraber bu iki gübrenin kombinasyon olarak kullanımı ile bu etki daha da güçlendiği belirlenmiştir. Bu durum, söz konusu mikro besin elementlerinin bitki fizyolojisinde tamamlayıcı roller üstlenmesinden kaynaklanmaktadır. Bitki başına bakla sayısının artışı, çiçek dökülmesinin azalması ve fotosentez ürünlerinin generatif organlara etkin biçimde taşınması ile yakından ilişkilidir (Mady, 2009). Zn ve Fe'nin biyokimyasal süreçlerdeki amino asit ve şekerin sentezi yanında çiçeklenme dönemindeki hormon miktarının düzenlenmesiyle bakla tutumunun artmasında önemli bir rol oynamaktadır (Ebrahim ve Aly, 2004). Benzer şekilde Seifi Nadergholi ve ark. (2011) bitki başına en yüksek bakla sayısının çiçeklenme ve bakla oluşumu aşamasında çinko sülfatın yaprağa püskürtülmesiyle elde edildiğini bildirmiştir. Baklagil bitkilerinde yapraklardan kullanılan mikro besin elementlerinin bitki başına bakla sayısını arttırdığını (Teixeria ve ark., 2004; Valenciano ve ark., 2010; Haidarian ve ark., 2011; Mona ve Azab, 2016; Rathod ve ark., 2020; Kaur ve ark., 2024; Malviya ve ark., 2025) birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir. Elde ettiğimiz veriler diğer araştırmacılarla benzer

şekilde uyumlu olup, özellikle yapraklardan Zn ve Fe dozlarının birlikte kullanımı ile bitkide bakla sayısı üzerine olumlu ve belirgin etkiler oluşturduğunu desteklemektedir.

3.4. Baklada tane sayısı (adet bakla⁻¹)

Artan dozlarda uygulanan çinko ve demir gübrelere baklada tane sayısı üzerine etkileri incelendiğinde; Üzümlü lokasyonunda Zn ve Fe dozlarının $p < 0.01$, Zn \times Fe interaksiyonunun ise $p < 0.05$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir. Merkez lokasyonunda ve lokasyon ortalamasında ise Zn, Fe ve Zn \times Fe interaksiyonlarının tamamının $p < 0.01$ önem seviyesinde etkili olduğu, lokasyon ana etkisinin de $p < 0.01$ düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır (Tablo 5). Çinko ve demir dozlarına bağlı olarak baklada tane sayısına ait ortalama değerler ve LSD grupları Tablo 5'te verilmiştir. Üzümlü lokasyonunda baklada tane sayısı, %0.5 Zn uygulamasında 4.45 adet, %0.5 ve %1 Fe uygulamalarında ise sırası ile 4.53 ile 4.37 adet olarak belirlenmiştir. Merkez lokasyonunda ise %0.5 Zn uygulamasında 3.96 adet, %0.5 ve %1 Fe dozlarında 3,92 adet baklada tane sayısı elde edilmiştir. Her iki lokasyonda en düşük baklada tane sayısı kontrol parsellerinden saptanmıştır. Üzümlü lokasyonunda en yüksek baklada tane sayısı 5.12 adet ile Zn ve Fe'nin birlikte uygulandığı %0.5 dozunda, en düşük değer ise kontrol parselinde 2.90 adet olarak bulunmuştur. Merkez lokasyonunda ise en yüksek baklada tane sayısı 4.56 adet ile %1 Zn + %0.5 Fe uygulamasında, en düşük değer ise 2.48 adet ile kontrol parselinde elde edilmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Çinko ve demir uygulamalarının bitkide bakla sayısı ait ortalama sonuçları
Table 5. Mean number of seeds per pod under zinc and iron applications

Lokasyonlar	Çinko dozları (%)	Demir dozları (%)					Ortalama	Lokasuon Etkisi	% CV
		0	0.25	0.5	1	2			
Üzümlü	0	2.90h*	3.68fg	4.04c-f	4.05c-f	3.49g	3.63c**	4.14a**	6.98
	0.25	3.75efg	3.84efg	4.38bcd	4.45bc	4.39bcd	4.16b		
	0.5	4.22b-e	4.44bc	5.12a	4.49bc	3.92d-g	4.45a		
	1	3.77efg	4.65ab	4.58b	4.48bc	4.41bc	4.34ab		
	Ortalama	3.66c**	4.11b	4.53a	4.37a	4.06b			
Merkez	0	2.48i**	3.43e-h	3.14gh	3.76def	3.04h	3.17b**	3.63b	7.16
	0.25	3.71ef	3.49efg	3.78cde	3.10gh	4.19abc	3.51a		
	0.5	3.28fgh	4.14a-d	4.19abc	4.49ab	3.71def	3.96a		
	1	4.30abc	3.30fgh	4.56a	4.02cde	3.28fgh	3.89a		
	Ortalama	3.37c**	3.59b	3.92a	3.92a	3.37c			
Lok. Ort	0	2.68i**	3.56gh	3.59fg	3.91def	3.27h	3.40c**		6.94
	0.25	3.73efg	3.67efg	4.08cd	3.78d-g	3.92de	3.83b		
	0.5	3.75efg	4.31bc	4.66a	4.49ab	3.81d-g	4.12a		
	1	3.90def	3.88d-g	4.57ab	4.39abc	3.85d-g	4.20a		
	Ortalama	3.52c**	3.85b	4.23a	4.14a	3.71b			

** : p<0.01, * : p<0.05 düzeyinde önemli aynı harfler aynı grubu ifade etmektedir.

Araştırma sonuçları, Zn ve Fe gübreleri belirli bir seviyeye (%0.5 ve %1) kadar olumlu etki yapmış ve baklada tane sayısının artmasına neden olmuştur. Ancak yüksek dozlarda bu artışın azaldığı veya sabitlendiği tespit edilmiştir. Çalışma lokasyonlar arası farklılıklar bakımından değerlendirildiğinde, Üzümlü lokasyonunda ortalama baklada tane sayısı 4.14 adet, Merkez lokasyonunda ise ortalama 3.63 adet olarak belirlenmiştir. Bu fark, kullanılan gübre ve dozlarının etkisine bağlı olarak Üzümlü lokasyonunda iklim koşullarının baklada tane sayısı olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Araştırmada en uygun doz kombinasyonunun lokasyona bağlı olarak değiştiği ve %0.5 Zn ve Fe dozlarının birlikte uygulandığı parselden en yüksek baklada tane sayısının 4.66 adet olarak elde edildiği tespit edilmiştir. Çalışmada Zn ve Fe gübrelerinin tek başlarına yaprakтан uygulandığında bitkide bakla sayısı arttırmış, her iki mikro besin elementinin birlikte uygulanması durumunda ise bu etkinin uygun dozlarda daha belirgin hale geldiği tespit edilmiştir. Lokasyonlar arasındaki oluşan fark; iklim, toprak yapısı ve nem gibi çevresel koşulların besin elementlerinin bitki tarafından alınımı ve kullanım etkinliğini değiştirebildiği ortaya konmuştur. Konu ile ilgili yapılan diğer

araştırmalara benzer şekilde artan miktarlarda uygulanan gübre dozlarının bakla sayısı gibi agronomik özellikleri belirli bir doza kadar iyileştirdiği ve daha sonra düşüşlerin meydana geldiğini (Toğay ve ark., 2004; Yousefi ve ark., 2023) bildirmişlerdir. Malviya ve ark. (2025) soya fasulyesinde bakla başına en fazla tane sayısının (100 ppm Zn + 300 ppm Fe) uygulamasında en yüksek 9.57 adet, en az tohum sayısının ise 6.53 adet ile kontrol uygulamasında olduğunu belirlemişlerdir. Mona ve Azab (2016) NPK gübrelemesine ek olarak Fe (500 ppm), Zn (300 ppm) ve Mn (300 ppm)'nin birlikte yaprakтан uygulanmasıyla bakla başına tohum sayısında 5.71 adet bir artış olduğunu bildirmişlerdir. Ramesh (2002) tarafından yaprakтан ZnSO₄ (%0.5) uygulamasında fasulyede rapor edilmiştir. Ali ve Mohammad, (2013) ile Soni ve ark. (2020) tarafından maş fasulyesinde, Yousefi ve ark. (2023) ise kuru fasulyede Zn ve Fe uygulamalarının bakla başına tane sayısını önemli ölçüde arttırdığını bildirmişlerdir. Çalışma ile elde ettiğimiz bulgular diğer araştırmacılarla uyumlu olduğunu ve Zn ve Fe kombinasyonlarının baklada tane sayısının artırılmasında etkili bir yöntem olabileceğini göstermektedir.

3.5. Yüz tane ağırlığı (g)

Araştırmada çinko uygulamalarının Üzümlü lokasyonunda %1, Merkez lokasyonu ve lokasyon ortalamalarında %5 seviyesinde, demir gübresi uygulamalarında her iki lokasyonda ve lokasyon ortalamalarında %1 düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Çinko x

demir interaksiyonları her iki lokasyonda %5, lokasyon ortalamasında ise %1, lokasyon ana etkisi ise %1 düzeyinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Tablo 6). Artan dozlarda uygulanan çinko ve demir yüz tane ağırlığına ilişkin ortalama değerler ve LSD grupları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Çinko ve demir uygulamalarının bitkide yüz tane ağırlığı ait ortalama sonuçları

Table 6. Mean hundred-seed weight of plants under zinc and iron applications

Lokasyonlar	Çinko dozları (%)	Demir dozları (%)				Ortalama	Lokasyon etkisi	% CV
		0	0.25	0.5	1			
Üzümlü	0	37.31h*	38.79fgh	40.70efg	39.86	38.09e-h	41.51 a**	3.88
	0.25	38.78fgh	39.73e-h	45.24abc	43.61c	39.99fgh		
	0.5	42.01de	43.83bcd	46.35ab	46.52a	43.65cd		
	1	40.88ef	38.96fgh	46.21abc	40.16efg	40.55efg		
	Ortalama	39.75c**	40.33c	44.63a	42.54b	40.31c		
Merkez	0	30.99h*	32.90gh	35.88def	34.41fg	31.69h	37.54 b	4.16
	0.25	34.72efg	35.66def	41.52ab	39.23bc	36.72c-f		
	0.5	38.02cd	39.23bc	41.83ab	42.05a	42.96a		
	1	36.96c-f	37.05cde	43.01a	37.93cd	37.97cd		
	Ortalama	35.17d**	36.21cd	40.56a	38.41b	37.34bc		
Lok. Ort	0	34.15i**	35.85hi	38.29d-g	37.14fgh	34.89i	4.09	
	0.25	36.75gh	37.70efg	43.38a	41.42c	37.86efg		
	0.5	40.02cd	41.53bc	44.09a	44.29c	43.31ab		
	1	38.92def	38.01efg	44.61a	39.05de	39.26de		
	Ortalama	36.35 e**	37.39 d	41.74 a	39.58 b	38.51 c		

** : p<0.01, * : p<0.05 düzeyinde önemli aynı harfler aynı grubu ifade etmektedir.

Üzümlü lokasyonunda yüz tane ağırlığı 37.31-46.52 g arasında değişmiştir. En yüksek değer %0.5 Zn + %1 Fe uygulamasından 46.52 g, en düşük değer ise kontrol uygulamasında 37.31 g olarak belirlenmiştir. Çinko dozlarının artışıyla birlikte yüz tane ağırlığında genel bir artış eğilimi gözlenmiştir. Demir uygulamalarında benzer şekilde tane ağırlığını artırmış ve özellikle %0.5 ve %1 Fe dozlarının belirgin bir etki oluşturduğu bulunmuştur. Ortalama değerlere göre, en yüksek yüz tane ağırlığı 44.63 g ile %0.5 Fe, en düşük değer ise 39.75 g ile kontrol uygulamasında elde edilmiştir. Bu sonuçlar, demir ve çinko elementlerinin birlikte uygulanmasının tane gelişimini teşvik ettiğini göstermektedir. Merkez lokasyonunda yüz tane ağırlığı değerleri 30.99-43.01 g arasında değişmiştir. En yüksek değer %0.5 Zn + %1 Fe kombinasyonunda 43.01 g, en düşük değer ise kontrol uygulamasında 30.99 g olarak tespit edilmiştir. Merkez lokasyonunda ortalama tane ağırlıkları, Üzümlü lokasyonuna kıyasla daha düşük bulunmuştur. Bu durumun,

çevresel faktörlerin bitkilerin besin elementi alımı ve fotosentetik kapasitesindeki farklılıklarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Araştırmada lokasyon ortalamaları değerlendirildiğinde ise en yüksek yüz tane ağırlığı %0.5 çinko uygulamasından (42.65 g), demir dozları açısından değerlendirildiğinde ise çinko uygulamalarına benze şekilde en yüksek ortalama %0.5 Fe dozundan (41.74 g) elde edilmiştir. Lokasyon ana etkisi bakımından Üzümlü lokasyonunda ortalama yüz tane ağırlığı 41.51 g, Merkez lokasyonunda ise 37.54 g olarak tespit edilmiştir. Lokasyonlar arasında oluşan bu fark; lokasyonlara özgü iklim, toprak ve nem gibi çevresel koşulların besin elementlerinin etkinliğini değiştirebileceğini göstermektedir. Genel olarak demirin bitkilerde klorofil sentezi ve fotosentez etkinliğini artırarak tanelerin daha iyi gelişmesini sağladığı; çinkonun ise protein sentezi ve enzim aktivitesi üzerinde etkili olduğu aynı zamanda karbonhidratların taşınması ve depo edilmesini desteklediği bilinmektedir. Bu nedenle çinko ve demirin

birlikte uygulanması tane gelişimi üzerinde sinerjik bir etki oluşturabilmektedir. Nitekim çinko ve demir uygulamalarının tane doldurma sürecinde karbonhidrat taşınımı ve tohumun fizyolojik olgunluğa ulaşmasını hızlandırdığı ve yüz tane ağırlığını artırdığı bildirilmektedir. Salehin ve Rahman (2012) yapraktan çinko uygulamalarının yüz tane ağırlığı dahil olmak üzere verim bileşenlerinde %1 düzeyinde önemli farklar oluşturduğu bildirmiştir. Yousefi ve ark. (2023) farklı dozlarda Fe ve Zn yaprak uygulamalarının yüz tane ağırlığını kontrol uygulamasına göre anlamlı bir şekilde artış sağladığını, %0.4 Fe + %0.3 Zn kombinasyonu önerilen doz olarak belirtilmiş. Taghvaei ve ark. (2025) çalışmasında, demir ve çinko uygulamalarının özellikle yüz tane ağırlığı başta olmak üzere diğer verim unsurları üzerine belirgin artış sağlandığı belirtilmiştir. Bu bulgular, çinko ve

demir uygulamalarının fasulyede yüz tane ağırlığını artırdığı yönündeki bulgularımızla paralellik göstermektedir.

3.6. Tane verimi (kg da⁻¹)

Araştırmada çinko uygulamalarının Üzümlü lokasyonunda ve lokasyon ortalamalarında %1, Merkez lokasyonunda ise %5 seviyesinde önemli, demir gübresi uygulamalarında her iki lokasyonda ve lokasyon ortalamalarında %1 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir. Çinko x demir interaksiyonu her iki lokasyonda %5, lokasyon ortalamasında ise %1 seviyesinde istatistiksel olarak önemli, lokasyon ana etkisi ise %1 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir (Tablo 7). Denemede kullanılan çinko ve demir gübre dozlarına ait tane verimi ortalama değerleri ve LSD grupları Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Çinko ve demir uygulamalarının tane verimine ait ortalama sonuçları

Table 7. Mean grain yield of plants under zinc and iron applications

Lokasyonlar	Çinko dozları (%)	Demir dozları (%)					Ortalama	Lokasyon etkisi	% CV
		0	0,25	0,5	1	2			
Üzümlü	0	174.11j*	176.92jj	210.55d-g	209.41d-g	207.49e-h	195.70b**	208.78a**	7.49
	0.25	186.47g-j	189.91f-j	215.14c-f	198.20e-j	192.07f-j	196.34b		
	0.5	184.63g-j	212.74def	273.40a	262.10ab	244.20bc	235.42a		
	1	182.21hij	199.21e-j	221.65cde	233.65cd	201.57e-i	207.66b		
	Ortalama	181.86c**	194.70c	230.19a	225.84a	211.33b			
Merkez	0	148.04i*	151.08hi	165.09f-i	189.76de	182.29ef	167.26b*	183.51b	8.37
	0.25	161.39f-i	165.11f-i	190.35de	177.92e-h	168.14e-j	172.58b		
	0.5	159.41f-i	212.35cd	245.27a	241.07ab	189.87de	209.60a		
	1	156.12ghi	175.15e-h	218.39bc	192.06de	181.29ef	184.60b		
	Ortalama	156.24c**	175.92b	204.78a	200.20a	180.40b			
Lok. Ort	0	161.71**	164.00hi	187.83d-g	199.59cd	194.89de	181.48b**	7.72	
	0.25	173.93f-i	177.51e-i	202.74bcd	188.06d-g	180.10e-h	184.47bc		
	0.5	172.02ghi	212.55bc	259.33a	251.58a	217.04bc	222.50a		
	1	169.17hi	187.18d-g	220.02b	212.86bc	193.1def	196.13b		
	Ortalama	169.05d**	185.31c	217.48a	213.02a	195.89c			

** : p<0.01, * : p<0.05 düzeyinde önemli aynı harfler aynı grubu ifade etmektedir.

Üzümlü lokasyonunda Çinko uygulama ortalamaları değerlendirildiğinde iki farklı istatistiksel grup oluşmuş ve tane verimi 195.70-235.42 kg da⁻¹ arasında, demir dozları arasında ise üç farklı grup oluşmuş ve 181.86-230.19 kg da⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir. Çinko x demir interaksiyonu bakımından en yüksek tane verimi %0.5 Zn ve Fe kombinasyonunda 273.40 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir. Tane verimi 174.11 kg da⁻¹ (kontrol) ile 273.40 kg da⁻¹ (%0.5 Zn + Fe) arasında değişmiştir. Merkez lokasyonunda çinko uygulama ortalamalarında %0.5 Zn

dozunda 209.60 kg da⁻¹, Fe uygulama ortalamalarında ise % 0.5 dozunda 204.78 kg da⁻¹ ile en yüksek tane verimi elde edilmiştir. Bu lokasyonda en düşük tane verimi kontrol uygulamasında 148.04 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir. Üzümlü lokasyonuna benzer şekilde en yüksek tane verimi Zn ve Fe'nin birlikte uygulandığı %0.5 dozunda 245.27 kg da⁻¹ olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar yapraktan uygulanan demir ve çinko dozlarının her iki lokasyonda da tane verimi üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. Lokasyonlar arasında kullanılan gübre dozlarının tane

verimi üzerine etkisi $p < 0.01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve Üzümlü lokasyonu $208.78 \text{ kg da}^{-1}$ ile ilk grupta, Merkez lokasyonu ise $183.51 \text{ kg da}^{-1}$ ile ikinci grupta yer almıştır. Her iki lokasyonda da Zn ve Fe'nin birlikte uygulandığı %0.5 dozunda en yüksek tane verimini sağlaması, bu dozun farklı ekolojik koşullarda dahi istikrarlı bir performans gösterdiğini ortaya koymaktadır. Lokasyonlar arasındaki verim farklılıklarının, başta iklim ve toprak özellikleri olmak üzere ekolojik faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu veriler çinko veya demirin tek başına uygulamasına kıyasla birlikte uygulanmasının tane verimini daha fazla artmasına neden olduğunu açıkça göstermektedir. Bununla beraber gübre dozları ve ekolojik koşullar arasındaki etkileşimin tane verimini belirlemede önemli bir rol oynayabileceği anlaşılmaktadır. Seifi Nadergoli ve ark. (2011) çiçeklenme ve dölleme döneminde yapraktan çinko uygulamasının bitki başına meyve sayısı, meyve başına tohum sayısı, hasat indeksi ve tohum verimi değerlerini arttırdığını bildirmişlerdir. Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgulara benzer şekilde artan miktarlarda uygulanan gübre dozlarının belirli bir doza kadar tane verimini iyileştirdiği ve daha yüksek dozlarda ise verimin stabil kaldığı ve/veya azalmaya başladığını (Toğay ve ark. 2004; Heidarian ve ark. 2011; İbrahim ve Ramadan, 2015; Fouda ve Abd-Elhamied, 2017; Yousefi ve ark. 2023; Malviya ve ark. 2025) birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir. Kuru fasulyede yapraktan Zn ve Fe uygulamalarında bitkide karbonhidrat ve protein sentezinin artması ve oluşan bu ürünlerin tanelere taşınmasıyla verimde bir artış meydana geldiğini bildirmişlerdir (Mali ve ark., 2003). İbrahim ve Ramadan (2015) çinko içeren gübrelerin yapraktan uygulanmasının kuru fasulye bitkilerinin incelenen tüm parametrelerini kontrol uygulamalarına göre %25-33 oranında arttığını bildirmişlerdir. Yousefi ve ark. (2023) kuru fasulyede en iyi verim için yapraktan %0.4 Zn ile birlikte %0.3 Fe uygulamasından elde edildiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular Zn ve Fe mikro besin

gübrelerin verim üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu bildiren araştırma bulguları ile uyum göstermektedir.

4. Sonuç ve Öneriler

Kuru fasulye bitkisinde yapraktan demir ve çinko uygulamalarının bitkideki büyüme, gelişme ve tane verimi üzerine etkilerinin değerlendirilmesi amacı ile yürütülen bu araştırma sonucunda çinko ve demir gübrelerinin bitkide verim ve verim bileşenleri üzerinde anlamlı ve olumlu etkiler oluşturduğu gözlemlenmiştir. Kullanılan gübre dozlarının belirli bir seviyeye kadar incelenen parametrelerde artış sağlarken %2 demir içerikli gübrenin bitkilerde incelenen özelliklerde bir azalma meydana getirdiği tespit edilmiştir. Araştırma sonucu elde edilen bulgular en yüksek yüz tane ağırlığı %1 Zn + %0.5 Fe uygulamasından elde edilirken, çiçeklenme süresi, bakla boyu, bitkide bakla sayısı, baklada tane sayısı ve tane verimi bakımından en uygun sonuçlar çinko ve demir birlikte %0.5 (w v^{-1}) dozu uygulamasında saptanmıştır. Bu bulgular, Zn ve Fe'nin birlikte ve dengeli dozlarda yapraktan uygulanmasının kuru fasulyede verim bileşenlerini ve tane verimini artırmada etkili bir besleme yöntemi olduğunu ortaya koymaktadır. Farklı ekolojik koşullara sahip lokasyonlarda, çinko ve demir birlikte %0.5 (w v^{-1}) dozunda yaprak uygulamasının kuru fasulye yetiştiriciliğinde verim ve verim unsurlarını iyileştirmek amacıyla önerilebileceği kanaatine varılmıştır. Çiftçilerimiz tarımsal üretimde genellikle makro gübreler kullanmaktadır. Bunun yanında mikro gübrelerin önemi de gün geçtikçe yapılan çalışmalarla ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle bu ve benzeri agronomi çalışmalarının literatüre katkı sağlaması açısından artırılması ve en uygun doz çalışmasının bulunması için çalışmaların sürdürülmesi gerekmektedir.

Yazarların Katkı Beyanı

BG, araştırma için gerekli materyallerin temini denemenin kurulması, yürütülmesi, laboratuvar çalışmalarının gerçekleştirilmesi ve makalenin yazılması konularında katkıda bulunmuştur. NY, konunun belirlenmesi

verilerin istatistiksel yorumlanması ve makalenin yazılması konularında katkıda bulunmuştur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Finansman

Bu çalışmanın yürütülmesi sırasında herhangi bir finansal destek alınmamıştır.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışma insan veya hayvan denekleri içermediğinden etik kurul onayı gerekmemektedir.

Açıklama

Bu çalışma, ilk yazarın doktora tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

- Abdollahi, M., Eshghi, S., Tafazoli, E., 2010. Interaction of paclobutrazol, boron, and zinc on vegetative growth, yield, and fruit quality of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch. cv. Selva). *Journal of Biological and Environmental Sciences*, 4(11): 67-75.
- Alexandratos, N., Bruinsma, J., 2012. World agriculture towards 2030/2050. The 2012 revision, FAO, Rome, ESA Working Paper No: 12-03.
- Ali, E.A., Mahmoud, A.M., 2013. Effect of foliar spray by different salicylic acid and zinc concentrations on seed yield and yield components of mungbean in sandy soil. *Asian Journal of Crop Science*, 5(1): 33-40.
- Alloway, B.J., 2008. Zinc in soils and crop nutrition (2nd ed.). International Fertilizer Industry Association, Paris.
- Anonim, 2025. Erzincan iline ait iklim verileri ve meteorolojik istatistikler, Erzincan İl Meteoroloji Müdürlüğü, Erzincan.
- Ebrahim, M.K.H., Aly, M., 2004. Physiological response of wheat to foliar application of zinc and inoculation with some bacterial fertilizers. *Journal of Plant Nutrition*, 27(10): 1859-1874.
- Edje, O.T., Laing, D.R., 1982. Physiological aspects of maize and beans in monoculture and in association: summary. *Intercropping: Proceedings of the Second Symposium on Intercropping in Semi-Arid Areas*, 4-7 August, Ottawa, Canada, s. 69-70.
- Fouda, K., Abd-Elhamied, A., 2017. Integrated effect of foliar fertilization of Fe, Zn and rates of P fertilization on growth and yield of cowpea. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 8(12): 733-740.
- Gowda, C.L., Samineni, S., Gaur, P.M., Saxena, K.B., 2013. Enhancing the productivity and production of pulses in India (Ed: P.K. Shetty, S. Ayyappan, M.S. Swaminathan). *Climate Change and Sustainable Food Security*, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), Hyderabad, India, s: 145-159.
- Heidarian, A.R., Kord, H., Mostafavi, K., Lak, P., Amini Mashhadi, F., 2011. Investigating Fe and Zn foliar application on yield and its components of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) at different growth stages. *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development*, 3(9): 189-197.
- Herridge, D.F., Peoples, M.B., Boddey, R.M., 2008. Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems. *Plant and Soil*, 311(1): 1-18.
- Ibrahim, E.A., Ramadan, W.A., 2015. Cross effect of zinc foliar spray alone and combined with humic acid or/and chitosan on growth, nutrient elements content and yield of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants sown at different dates. *Scientia Horticulturae*, 184: 101-105.
- Kasthurikrishna, S., Ahlawat, I.P.S., 2000. Effect of moisture stress and phosphorus, sulfur, and zinc fertilizer on growth and development of pea (*Pisum sativum*). *Indian Journal of Agronomy*, 45(2): 353-356.

- Katoch, R., 2013. Nutritional potential of rice bean (*Vigna umbellata*): An underutilized legume. *Journal of Food Science*, 78(1): C8-C16.
- Kaur, A., Singh, G., Singh, K., Dhaliwal, S.S., Sharma, V., 2024. Combined zinc and urea application enhances productivity and profitability of lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Journal of Plant Nutrition*, 47(4): 565-582.
- Mady, M.A., 2009. Effect of foliar application with yeast extract and zinc on fruit setting and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). *Journal of Biological, Chemical Environmental Sciences*, 4(2): 109-127.
- Mali, G.C., Sharma, N.N., Acharya, H.K., Gupta, S.K., Gupta, P.K., 2003. Advances in Arid Legumes Research (Eds: A. Henry, D. Kumar, N.B Singh). Response of pigeon pea to S and Zn fertilization on Vertisols in southeastern plain of Rajasthan, Scientific Publishers, India, s: 267-271.
- Malviya, D., Nair, R., Ahirwar, S., Dubey, S., Sharma, A., 2025. Influence of zinc and iron foliar applications on growth, yield, and quality of pea (*Pisum sativum* L.). *International Journal of Advanced Biochemistry Research*, 9(3): 22-28.
- Márquez-Quiroz, C., De-la-Cruz-Lázaro, E., Osorio-Osorio, R., Sánchez-Chávez, E., 2015. Iron biofortification in legumes: Effects on mineral content and yield. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 15(4): 839-847.
- Mona, E., Azab, E.I., 2016. Effect of foliar NPK spraying with micronutrients on yield and quality of cowpea plants. *Asian Journal of Applied Science*, 4(2): 526-533.
- Ramesh, S., 2002. Effect of plant growth regulators, chemicals, and nutrients on morphophysiological, biochemical, and yield and yield attributes in mothbean [*Vigna aconitifolia* (Jacq.) Marchel]. Master's thesis, University of Agricultural Sciences, Dharwad, India.
- Rehman, A., Farooq, M., Ullah, A., Nadeem, F., Im, S.Y., Park, S.K., Lee, D.J., 2020. Agronomic biofortification of zinc in Pakistan: Status, benefits, and constraints. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4: 591722.
- Rathod, S., Channakeshava, S., Basavaraja, B., Shashidhara, K.S., 2020. Effect of soil and foliar application of zinc and boron on growth, yield, and micronutrient uptake of chickpea. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(4): 3356-3360.
- Sarkar, M., Datta, S., Kundagrami, S., 2017. Sustaining future food security in changing environment (Eds: D. Pandey, A. Sarkar). Global climate change and mung bean production: a roadmap towards future sustainable agriculture, Nova Science Publishers, New York, s: 99-119.
- Salehin, F., Rahman, S., 2012. Effects of zinc and nitrogen fertilizer and their application method on yield and yield components of *Phaseolus vulgaris* L. *Agricultural Sciences*, 3(1): 9-13.
- Seifi Nadergholi, M., Yarnia, M., Rahimzade Khoei, F., 2011. Effect of zinc and manganese and their application method on yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Khomein). *Middle-East Journal of Scientific Research*, 8(5): 859-865.
- Shenkin, A., 2006. The key role of micronutrients. *Clinical Nutrition*, 25(1): 1-13.
- Soni, J., Kushwaha, H.S., 2020. Effect of foliar spray of zinc and iron on productivity of mungbean (*Vigna radiata* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(1): 108-111.
- Sözen, Ö., Karaköy, T., Öcal, M., 2022. Aksaray ekolojik koşullarında bazı kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin morfo-agronomik özelliklerinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 9(4): 1014-1022.

- Taghvaei, M., Nikouei, A., Fazaeli, M., Hemmati, A., Mastinu, A., 2025. Seed inoculation and foliar application of micronutrients improve the yield and quality of pinto bean. *Plant-Environment Interactions*, 6(3): e70061.
- Toğay, N., Çiftçi, V., 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.
- Valenciano, J.B., Miguélez-Frade, M.M., Marcelo, V., Reinoso, B., 2010. Response of irrigated common bean (*Phaseolus vulgaris*) yield to foliar zinc application in Spain. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 35(3): 325-330.
- Welch, R.M., Graham, R.D., 1999. A new paradigm for world agriculture: Meeting human needs-productive, sustainable, nutritious. *Field Crops Research*, 60(1-2): 1-10.
- Yousefi, Z., Sharifi, P., Rabiee, M., 2023. Effect of foliar application of zinc and iron on seed yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris*). *Agrivita Journal of Agricultural Science*, 45(1): 154-162.