

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çukurova Bölgesinde Tarla Koşullarında Farklı Çinko Kaynakları ve Uygulama Yöntemlerinin Soya(*Glycine max. L.*) Bitkisinin Verim ve Kalite Özelliklerine Etkisi

Havva AKÇA

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Şubat, 2025

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ ONAYI

Çukurova Bölgesinde Tarla Koşullarında Farklı Çinko Kaynakları ve Uygulama Yöntemlerinin Soya (*Glycine max. L.*) Bitkisinin Verim ve Kalite Özelliklerine Etkisi

Havva AKÇA

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Bu Yüksek Lisans Tezi 30/01/2025 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Değerlendirilmiş ve Oy Birliği / Oy Çoğunluğu ile Kabul Edilmiştir.

Jüri: Prof. Dr. Mustafa Bülent TORUN (Danışman)

: Doç. Dr. Cemal Kurt

: Doç. Dr. Ahmet Demirbaş

Bu Tez Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak ve Bitki Besleme Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.

Tez No:

Prof. Dr. Sadık DİNÇER
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
ÇİZELGELER DİZİNİ	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	VII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
2.1. Toprakta Çinko	5
2.2. Bitkide Çinko	7
2.3. Bitkilerde Çinko Gübrelemesi	9
2.4. Soya Bitkisinde Çinko Gübrelemesi	12
2.5. Soya Bitkisinin Özellikleri ve Gelişim Evreleri.....	13
3. MATERYAL VE METOT	17
3.1. Materyal	17
3.1.1. Çalışma Alanının Tanımı ve Toprak Özellikleri.....	17
3.1.2. Çalışmada Kullanılan Bitkisel Materyal ve Özellikleri	18
3.1.3. Çalışma Alanının İklim Özellikleri	18
3.1.3. Çalışma Alanı Toprak Hazırlığı	20
3.1.4. Tohumla Bakteri Aşılması ve Ekim İşlemi	20
3.1.5. Temel gübreleme ve Sulama.....	21
3.1.6. Hastalık, Zararlı ve Yabancı Ot Mücadelesi	21
3.2. Metot	21
3.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması ve Analize Hazırlanması.....	21
3.2.2. Toprak Analiz Yöntemleri	21
3.2.3. Bitki Örneklerinin (Yaprak ve Dane) Alınması ve Analize Hazırlanması.....	25
3.2.4. Bitki (Yaprak, Dane) Analiz Yöntemleri	25
3.2.5. Hasat	25
3.2.6. Çalışmada İncelenen Özellikler	26
3.2.7. İstatistiksel Analizler.....	27
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	29
4.1. Bulgular.....	29
4.1.1. Dane Verimi (kg da ⁻¹)	29
4.1.2. Bitkide Kuru Madde Miktarı (Biyomass):	30
4.1.3. Zn Uygulamalarının Soya Bitkisinin Kalite Özelliklerine Etkisi.....	31

4.1.4. Zn Uygulamalarının Soya Bitkisinin Morfolojik Özelliklerine Etkisi	35
4.1.5. Zn Uygulamalarının Bitkinin Zn Alımına Etkisi	40
4.1.6. Zn Uygulamalarının Bitkinin N Alımına Etkisi.....	44
4.2. Tartışma	46
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	55
KAYNAKLAR	59
ÖZGEÇMİŞ	71



Çukurova Bölgesinde Tarla Koşullarında Farklı Çinko Kaynakları ve Uygulama Yöntemlerinin Soya (*Glycine max.L.*) Bitkisinin Verim ve Kalite Özelliklerine Etkisi

Havva AKÇA

Danışman: Prof. Dr. Mustafa Bülent TORUN

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

ÖZ

Bu çalışmada, Çukurova Bölgesinde tarla koşullarında farklı çinko kaynakları ve uygulama yöntemlerinin soya bitkisinin verim ve kalite özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Araştırma 2023 yılında tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme deseninde ve dört tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Çalışmada $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, $ZnCl_2$ ve Zn-EDTA gübreleri topraktan (1 kg da^{-1}), yapraktan (% 0.2) ve topraktan (1 kg da^{-1}) + yapraktan (% 0.2) olmak üzere üç farklı yöntemle uygulanmıştır. Çalışma sonunda Zn uygulama metotları ve gübre kaynaklarının verim üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Hem Zn kaynağı hem de uygulama metodunu birlikte dikkate alındığında kontrol uygulamasından daha yüksek verim değerleri tüm uygulamalar içinde yalnızca topraktan $ZnCl_2$ uygulamasında olduğu, kontrol uygulamasına göre (426 kg da^{-1}) topraktan $ZnCl_2$ uygulamasından kaynaklı (429 kg da^{-1}) dane verim artışının yaklaşık % 0.7 düzeyinde olduğu belirlenmiştir. Bu bulgulara karşılık Zn kaynaklarının kalite parametrelerinden yalnızca ham yağ oranı üzerinde önemli bir rolü olduğu bulunmuştur. Kontrol uygulamasına kıyasla ham yağ oranında en yüksek artış (% 3.7) $ZnSO_4$ gübre uygulamasından elde edilmiştir. Buna karşılık, Zn uygulama metotlarının ham yağ verimi, ham protein oranı ve ham protein verim değerleri üzerinde önemsiz olduğu belirlenmiştir. Bitki boyu Zn kaynaklarından %5 önem düzeyinde etkilenmiştir. Kontrol uygulamasına kıyasla en yüksek artış %12.16 ile $ZnCl_2$ kaynağından elde edilmiştir. Soyada bakla sayısı üzerine Zn uygulama yönteminin önemli olduğu ve en yüksek bakla sayısının 34.9 adet ile yapraktan (Y) Zn uygulamasında olduğu tespit edilmiştir. Çinko uygulamaları ilk bakla yüksekliği, baklada tane sayısı, bitkide tane sayısı, 100 dane ağırlığı ve bitki biyoması gibi parametrelere etkisi önemsiz olmuştur. Elde edilen bu sonuçlardan farklı olarak soyada Zn gübrelemesinin bitkinin Zn ve N beslenmesini iyileştirdiği görülmüştür. Çinko uygulama yöntemlerinin tane Zn konsantrasyonu üzerine %5 düzeyinde önemli bir etkisinin olduğu bulunmuştur. En etkili yöntem ise toprak ve yaprak uygulamalarının kombinasyonu (T+Y) olmuştur.

Sonuç olarak, çinko uygulamaları soya bitkisinin bazı kalite parametreleri üzerinde olumlu etkiler yaratsa da, verim üzerinde belirgin bir artış sağlamadığı sonucuna varılmıştır. Çinko uygulama yöntemleri ve kaynakları birlikte değerlendirildiğinde genel olarak $ZnCl_2$ ve toprak+yaprak uygulamasının, soyada büyüme ve verim parametrelerini arttırdığı anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çinko kaynağı, Soya, Çinko uygulamaları, Dane verimi, Kalite

The Effect of Different Zinc Sources and Application Methods on the Yield and Quality Characteristics of Soybean (*Glycine max.* L.) Under Field Conditions in the Çukurova Region Thesis Title

Havva AKÇA

Advisor: Prof. Dr. Mustafa Bülent Torun

Department of Soil Science and Plan Nutrition

ABSTRACT

In this study, the effects of different zinc sources and application methods on yield and quality characteristics of soybean plants were investigated under field conditions in Çukurova Region. The study was carried out in 2023 in a randomized block split-plot experimental design with four replications. In the study, ZnSO₄·7H₂O, ZnCl₂ and Zn-EDTA fertilizers were applied by three different methods as soil (1kg da⁻¹), foliar (0.2%) and soil (1kg⁻¹) + foliar (0.2%). At the end of the study, it was observed that Zn application methods and fertilizer sources had no significant effect on yield. When both Zn source and application method were taken into consideration, it was determined that higher yield values than the control application were only in soil ZnCl₂ application among all treatments, and the grain yield increase due to soil ZnCl₂ application (429 kg da⁻¹) was approximately 0.7% compared to the control application (426 kg da⁻¹). In contrast to these findings, Zn sources were found to have a significant role only on crude oil content among the quality parameters. The highest increase in crude oil ratio (3.7%) was obtained from ZnSO₄ fertilizer application compared to the control treatment. On the other hand, Zn application methods were found to be insignificant on crude oil yield, crude protein ratio and crude protein yield values. Plant height was affected by Zn sources at 5% significance level. The highest increase was obtained from ZnCl₂ source with 12.16% compared to the control treatment. It was determined that the Zn application method on the number of pods in soybean was significant and the highest number of pods was in foliar (Y) Zn application with 34.9 pieces. Zinc treatments had insignificant effects on parameters such as first pod height, number of grains in pods, number of grains per plant, 100 grain weight and plant biomass. Different from these results, it was observed that Zn fertilization improved Zn and N nutrition of soybean plants. Zinc application methods were found to have a significant effect on grain Zn concentration at 5% level. The most effective method was the combination of soil and foliar applications (T+F).

As a result, it was concluded that although zinc applications had positive effects on some quality parameters of soybean plants, they did not provide a significant increase in yield. When zinc application methods and sources were evaluated together, it was found that ZnCl₂ and soil+leaf application generally increased growth and yield parameters of soybean.

Keywords: Zinc source, Soybean, Zinc applications, Grain yield, Quality

TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesi ve tez çalışmam sırasında değerli tecrübelerini benimle paylaşan her daim beni sabırla dinleyen ve yol gösteren saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Bülent Torun'a çok teşekkür ederim.

Çalışmamda arazisini kullanmama izin veren Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmamın başından sonuna her daim yanımda olan beni her koşulda destekleyen çok sevgili arkadaşlarım Dr. Emine ARSLAN'a ve Arş. Gör. Rojin GÜLER'e, denememin kurulum aşamasında ve istatistiksel analizlerde yardımlarını esirgemeyen Dr. Orhan Kara ve canım arkadaşım Zir. Yük. Müh. Gülşen Duraktekin'e, hasatta ve ölçümlerimde desteklerini esirgemeyen çok değerli mesai arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Sevgili eşim Hasan AKÇA ve biricik oğlum Ali Kemal'e göstermiş oldukları fedakarlıktan dolayı çok teşekkür ederim. Ve varlık sebeplerim annem ve babama minnetlerimi sunarım.

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Zn İçeren Gübreler.....	10
Çizelge 2. 2. Değişik bitkilerin çinko noksanlığına karşı duyarlılıklarına göre gruplandırılması ...	12
Çizelge 2.3. Soya Bitkisinin Vejetatif ve Generatif Gelişim Evreleri.....	16
Çizelge 3.1.Çalışma alanı toprağının kimyasal ve fiziksel özellikleri	18
Çizelge 3.2. Çalışma alanı uzun yıllara ait ortalama iklim verileri.....	18
Çizelge 3.3. Çalışma Alanı 2023 Yılı İklim Verileri	19
Çizelge 4. 1. Zn Uygulamalarının Dane Verimine Etkisi	30
Çizelge 4. 2. Dane verimine ait varyans analiz tablosu	30
Çizelge 4. 3. Çinko uygulamalarının Bitki Kuru Madde Miktarına Etkisi	31
Çizelge 4. 4. Bitki Kuru Madde Miktarına Ait Varyans Analiz Tablosu.....	31
Çizelge 4. 5. Çinko Uygulamalarının Ham Yağ Oranına Etkisi	32
Çizelge 4.6. Ham Yağ Oranına Ait Varyans Analiz Tablosu	32
Çizelge 4. 7. Çinko Uygulamalarının Ham Yağ Verimine Etkisi.....	33
Çizelge 4.8.Ham Yağ Verimine Ait Varyans Analiz Tablosu	33
Çizelge 4.9. Çinko Uygulamalarının Dane Protein Oranına Olan Etkisi.....	34
Çizelge 4.10. Dane Protein Oranına Ait Varyans Analiz Tablosu.....	34
Çizelge 4.11. Zn Uygulamalarının Dane Ham Protein Verimine Etkisi.....	34
Çizelge 4.12. Dane Ham Protein Verimine Ait Varyans Analiz Tablosu.....	35
Çizelge 4.13. Çinko Uygulamalarının Bitki Boyuna Olan Etkisi	35
Çizelge 4.14 Bitki Boyuna Ait Varyans Analiz Tablosu	36
Çizelge 4.15. Çinko Uygulamalarının İlk Bakla Yüksekliğine Olan Etkisi.....	36
Çizelge 4.16. İlk Bakla Yüksekliğine Ait Varyans Analiz Tablosu.....	36
Çizelge 4.17. Çinko Uygulamalarının Bitkide Bakla Sayısına Etkisi.....	37
Çizelge 4.18.Bitkide Bakla Sayısına Ait Varyans Analiz Tablosu	37
Çizelge 4.19. Çinko Uygulamalarının Baklada Tane Sayısına Etkisi.....	38
Çizelge 4. 20 Baklada Tane Sayısına Ait Varyans Analiz Tablosu	38
Çizelge 4.21. Çinko Uygulamalarının Bitkide Tane Sayısına Etkisi	39
Çizelge 4.22. Bitkide Tane Sayısına Ait Varyans Analiz Tablosu	39
Çizelge 4.23 Zn Uygulamalarının 100 Dane Ağırlığına Etkisi.....	39
Çizelge 4.24. 100 Dane Ağırlığına Ait Varyans Analiz Tablosu.....	40
Çizelge 4.25. Zn Uygulamalarının Yaprak Zn Konsantrasyonuna Ait Etkisi.....	41
Çizelge 4.26.Yaprak Zn Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Tablosu.....	42
Çizelge 4.27. Zn Uygulamalarının Dane Zn Konsantrasyonuna Olan Etkisi	42
Çizelge 4.28. Dane Zn Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Tablosu.....	43
Çizelge 4.29. Zn Uygulamalarının Tane Zn İçeriğine Etkisi	43

Çizelge 4.30 Tane Zn İçeriğine Ait Varyans Analiz Tablosu	44
Çizelge 4.31.Çinko Uygulamalarının Yaprakta N Konsantrasyonuna Etkisi	44
Çizelge 4.32.Yaprakta N Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Tablosu	45
Çizelge 4.33. Çinko Uygulamalarının Dane N Konsantrasyonuna Olan Etkisi.....	45
Çizelge 4.34. Dane Azot Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Tablosu.....	46



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Soya bitkisinde Zn noksanlığı	9
Şekil 2.2. Soyanın bitkisel özelliklerine ait fotoğraflar.....	14
Şekil 2.3. Soya bitkisinin gelişim evreleri (Rees ve ark., 2019)	15
Şekil 3.1. Çalışma alanının konumu (17.05.2023 Google Earth)	17
Şekil 3.2. Çalışma alanının 2023 yılı ortalama yağış ve sıcaklıklarının aylara göre dağılımı	19
Şekil 3.3. Tohuma bakteri aşılmasına ait fotoğraflar	20
Şekil 3.4. Deneme alanında soya ekim işlemine ait fotoğraflar.....	20
Şekil 3.5. Deneme alanında sulama sistemine ait fotoğraflar	21
Şekil 3.6. Çalışma alanında görülen yabancı ot ve zararlılara ait fotoğraflar	21
Şekil 3.7. Deneme parsellerine ait görüntüler	22
Şekil 3.8. Toprakten ve yaprakten gübre uygulamalarına ait fotoğraflar.....	23
Şekil 3.9. Deneme deseni ve uygulamalar	24
Şekil 3.10. Bitki örneklerinin alınması ve analize hazırlanmasına ait fotoğraflar	25
Şekil 3.11. Hasat parsellerine ait fotoğraflar.....	25
Şekil 3.12. Ölçümlerle ilgili bazı fotoğraflar	27

SİMGELER VE KISALTMALAR

N	: Azot
K	: Potasyum
P	: Fosfor
Ca	: Kalsiyum
Mg	: Magnezyum
Na	: Sodyum
Cu	: Bakır
Mn	: Mangan
Fe	: Demir
Zn	: Çinko
Kg	: Kilogram
g	: Gram
mg	: Miligram
pH	: Asitlik-alkalilik faktörü
EC	: Elektriksel İletkenlik
dS.cm ⁻¹	: Elektriksel iletkenlik birimi
da	: Dekar
m	: Metre
cm	: Santimetre
mm	: Milimetre
%	: Yüzde
°C	: Santigrad derece
ZnSO ₄ .7H ₂ O	: Çinko sülfat heptahidrat
Zn-EDTA	: Çinko-Etilen Diamin Tetra Asetik Asit
ZnCl ₂	: Çinko klorür
O.M.	: Organik madde
UNESCO	: Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Kurumu
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
HIV(Human Immunodeficiency Virus)	: İnsan bağışıklık yetmezliği virüsü



1. GİRİŞ

Soya fasulyesi (*Glycine max L.*), fabaceae familyasına ait tek yıllık ve yazlık bir bitki türüdür. Tarım tarihinin en eski tarım ürünlerinden biri olarak kabul edilen soyanın, doğal yayılım alanının Güneydoğu Asya olduğu ve bu bölgedeki varlığının yaklaşık 7.000 yıl önceye dayandığı mevcut literatürde yaygın bir görüş olarak kabul edilmektedir (Baraibar ve Deutsch, 2023).

Soya fasulyesinin besin içeriği yaklaşık % 36 protein, %19 yağ, % 35 karbonhidrat (bunların %17'si diyet lifidir), % 5 mineraller ve çeşitli vitaminlerden oluşmakta ancak belirtilen içerik ekim lokasyonu, iklim koşulları ve çeşide bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir (Hassan, 2013; Dukariya ve ark., 2020).

Dünyada en önemli baklagil ve yağ bitkisi olarak soya, yağlı tohum üretiminin %50'sinden fazlasını oluşturmaktadır. Soya fasulyesinin kullanım alanları, insan tüketiminden, hayvan yemi ve gıda dışı ürünlere kadar geniş bir yelpazeye yayılmaktadır (Thapa ve ark., 2021). Gıda sanayisinde soya, yemeklik yağ, yüksek protein içeriği nedeniyle soya eti, soya sütü, soya unu, bebek mamaları, özel diyet ürünleri ve çeşitli sosların üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Yem sanayisinde ise, özellikle tavukçuluk, büyükbaş ve küçükbaş hayvan yemlerinin üretiminde önemli bir hammadde olarak yer almaktadır (Öner, 2006).

Soya yağı, dünyanın bitkisel yağ üretiminin %40'ını oluşturmaktadır (Nazarovna ve ark., 2020). Soya yağı; % 7-10 linolenik asit, % 51 linoleik asit, % 23 oleik asit, % 4 stearik asit ve % 10 palmitik asit içermektedir (Arıoğlu, 2007).

Soyanın ve yağının bu zengin bileşimi insan diyetinde, hayvancılık ve su ürünleri beslenmesinde soyayı temel bir kaynak haline getirmekle birlikte dünyada gıda güvenliği ve tarımsal ekonomiler açısından önemli bir unsura dönüştürmektedir.

Dünya genelinde insanlar tarafından soya protein tüketimi şu anda düşük seviyededir; ancak, bu ürün gelecekte diyet proteininin önemli bir kaynağı olabileceği için kamu ve ticari ilgi artmaktadır. Yetersiz beslenme, özellikle gelişmekte olan ülkelerde büyük bir küresel sağlık sorunudur ve gıda güvencesizliği, yetersiz beslenmenin başlıca nedenidir. Bununla birlikte, insanlar için, hayvansal et, balık, yumurta ve süt gibi protein açısından zengin diğer kaliteli gıda maddelerine kıyasla en ucuz protein kaynağı olan soya bazlı gıdalar daha ucuz ve kolay erişilebilir olduğundan, bu sorunları çözme potansiyeline sahiptir (Islam ve ark., 2022).

Soyada bulunan izoflavonlar, kalp hastalıkları, kanser ve HIV gibi sağlık sorunlarının önlenmesinde potansiyel faydalar sağlayabilen biyoaktif bileşikler olarak öne çıkmaktadır. Bu bağlamda, soya temelli beslenme, sağlık açısından önemli bir rol oynamaktadır (Moradi ve ark., 2020; Fan ve ark., 2022). Bunun yanı sıra, soya fasulyesi, UNESCO tarafından stratejik bir kültür bitkisi olarak kabul edilmekte olup, küresel gıda güvenliği ve tarımsal sürdürülebilirlik açısından büyük bir öneme sahiptir (Beisenbayeva ve ark., 2021).

Soyanın alkol, tutkal, lastik ve plastik üretimde kullanıldığı ve biyodizel yakıt olarak da değerlendirilebileceği belirlenmiştir (Öner, 2006; Kumlay ve ark., 2021). Soyanın tüm bu kullanım alanlarının dışında sürdürülebilir tarımda, toprak kalitesi ve sağlığını koruması açısından da önemli bir yere sahiptir.

Bitkisel üretimde rotasyon toprak verimliliğini sürdürmek, zararlılar ve hastalıkları azaltmak amacıyla uygulanan önemli bir tarımsal yönetim pratiğidir. Rotasyonel bitkilerin, özellikle baklagil olan soya fasulyesinin kullanılması, faydalı toprak mikroorganizmalarının oluşumunu teşvik ederek sonraki bitkilerin büyümesini ve verimliliğini artırmaktadır. Soya fasulyesinin, mısır ve buğday ile 2 ve 3 yıllık rotasyonlarda yetiştirilmesinin son derece kârlı ve toprak sağlığı açısından avantajlı olduğu rapor edilmiştir. (Gaudin ve ark., 2015; Hoss ve ark., 2018).

Soya fasulyesinin, kök nodüllerinde rizobiyum bakterileri ile simbiyotik ilişkiler kurma yeteneği, atmosferik azotu bağlamasını sağlayarak hem azot gübrelemesi ihtiyacını azaltmakta (Schulte ve ark., 2021; Goyal ve ark., 2021) hem de kendisinden sonra gelen bitkiye azot kaynağı bırakmasını sağlamaktadır. Mısır gibi geleneksel ürünlerle yapılan soya fasulyesi rotasyonunun, toprağa azot bağlayarak toprak verimliliğini %10-20 oranında artırdığı bildirilmiştir (Anonim, 2011).

Dünyada 131 milyon hektar alanda 356 milyon ton soya üretimi yapılmaktadır. Dünyada soya üretiminde önde gelen ülkeler sırasıyla Brezilya, ABD ve Arjantin'dir. Ülkemize 1930'lu yıllarda girmiş olan soyanın tarımı uzun yıllar sadece Karadeniz Bölgesi'nde yapılmıştır. Fakat son yıllarda ana ürün ve ikinci ürün olarak Akdeniz ve Ege Bölgesinde de yetiştirilmeye başlanmıştır. Türkiye'de soya üretimi 2022 yılında 155 bin ton olup üretimin büyük bir çoğunluğu Çukurova Bölgesinden karşılanmıştır (TEBGE, 2022).

Soya üretim miktarında, Adana 81915 ton ile birinci, Kahramanmaraş 20519 ton ile ikinci, Mersin 20516 ton üçüncü, Osmaniye 13301 ton ile dördüncü sırayı almaktadır (TÜİK, 2022). Türkiye yurtiçi soya talebini kendi üretimi ile karşılayamadığından 2021/2022 sezonunda 2.95 milyon ton gibi yüksek miktarda soya ithalatı yapılmıştır (TEBGE, 2022).

Yüksek besin içeriği, ham madde olarak sanayide kullanılması ve uluslararası ticaret açısından da önemli bir bitki olması nedeniyle soyanın dünyadaki üretiminin ileriki yıllarda daha da fazla olacağı tahmin edilmektedir. Üretimdeki artışın ise üretim alanlarının artırılması, verimi etkileyen toprak ve bitkisel özelliklerin iyileştirilmesi ile mümkün olabileceği bildirilmektedir (Coşkan ve ark., 2006; TEBGE, 2018).

Diğer bitkilerde olduğu gibi soya yetiştiriciliğinde de kaliteli ve yüksek miktarda ürün elde edilebilmesi için yarıyışlı besin elementlerinin bitki tarafından ihtiyaç duyduğu anda ve yeterli düzeyde alınması gerekmektedir. Çeşitli toprak özellikleri nedeniyle dengeli bir şekilde alınmayan makro ve mikro besin elementleri gübreleme şeklinde en uygun gübre kaynağı ve gübreleme yöntemiyle bitkiye verilmelidir. Ancak soya bitkisinin gübrelemesinde makro elementler kadar önemli olan mikro elementlere yeteri kadar önem verilmemektedir. Oysaki yapılan çalışmalarda soya

bitkisinde mikro element gübrelemesi ile verim ve kalitenin artırılabilceği belirlenmiştir (Abdel ve Haggan, 2014; Acar, 2019).

Mikro besin elementlerinden olan çinko (Zn) canlılar için yaşamsal bir öneme sahiptir. Zn bitkide yaklaşık 300 enzimde işlevsel, yapısal ve düzenleyici olarak görev yapmakla birlikte karbonhidrat, lipit, protein ve nükleik asit sentezlenmesinde ve parçalanmasında da rol almaktadır (Fox ve Guerinot, 1998; Cakmak, 2000). Ayrıca bitkilerde membran sağlamlığı, fungal ve bakteriyel hastalıklara karşı korunma ve üreme gibi hayati öneme sahip olaylarda etkili olan bir bitki besin elementidir (Kacar, 2019).

Dünyada olduğu gibi Türkiye’ de de bitkisel üretimde çinko eksikliği çok karşılaşılan bir durum olup mikro besin elementi eksikliğinde ilk sıradadır. Eyüpoğlu ve ark. (1998), yaptıkları çalışmada Türkiye topraklarında görülen çinko eksikliğinin en fazla organik, regosol, kestane rengi, kırmızımsı kestane rengi ve bazaltik büyük toprak gruplarında bulunduğunu belirlemişlerdir. Topraklarda Zn eksikliği dünyada yaygın olarak ortaya çıkan bir sorundur. Dünya topraklarının % 30 ’unda çinko eksikliği görülmektedir (Sillanpaa, 1982). Türkiye’de ise toprakların yaklaşık % 49.8’inde (14 milyon hektar) çinko eksikliği (< 0.5 ppm) tespit edilmiştir (Eyüpoğlu ve ark., 1996).

Toprağın pH’sı, organik maddesi, kil tipi ve miktarı, kireç içeriği, nemi ile mikrobiyal aktivitenin rizosferdeki durumu, özellikle yarayışlı fosfor, demir ve mangan miktarı olmak üzere diğer makro ve mikro besin elementleri, bitkilerin topraktan çinko alımına etki eden faktörlerdir. Bitkilerde çinko eksikliği en çok ve yoğun olarak kireçli alkali topraklarda belirlenmiştir. Orta Anadolu Bölgesinde çinko noksanlığına ilişkin yapılan survey çalışmasında, kireci ve pH ‘sı yüksek organik maddece fakir ve yıllık yağışı az alan topraklarda çinko noksanlığının olası olduğu bildirilmiştir (Torun ve Çakmak, 2004). Yapılan çalışmalarda da belirtildiği gibi Çukurova Bölgesi topraklarının büyük bir kısmının fazla kireçli, organik maddesinin az ve pH’ının 7’nin üzerinde olması olasılıkla bitkinin topraktan çinko alımını azaltmaktadır (Sönmez ve ark., 2018). Çinko alımındaki bu azalmanın bitkisel üretimde verim ve kalitenin düşmesine neden olduğu yapılan çalışmalarla belirlenmiştir (Hotz ve Brown, 2004; Çakmak, 2008; Merken ve ark., 2011).

Zn noksanlıklarını gidermek amacıyla topraktan Zn, yapraktan Zn ve her iki yöntemin bir arada kullanılması gibi farklı gübreleme yöntemleri uygulanmaktadır. Topraktan çinko uygulaması, en geleneksel yöntem olup, büyüme sezonu boyunca kök bölgesinde besin maddelerinin kullanılabilirliğini sağlamaktadır. Araştırmalar, topraktan uygulanan çinkonun kök gelişimini, nodülasyonunu ve dolayısıyla dane verimini önemli ölçüde artırdığını göstermiştir (Havlin ve ark., 1999; Moreira ve ark., 2015). Bununla birlikte, bu yöntemin etkinliği, Zn’nun alınabilirliğini etkileyen toprak pH’sı, organik madde içeriği ve tekstürü gibi toprak özellikleri ile sınırlanabilmektedir (Loué, 1993; Oliveira ve ark., 2023).

Öte yandan, çinkonun yapraktan uygulanması, özellikle topraktaki Zn mevcudiyetinin kısıtlı olduğu durumlarda tamamlayıcı veya tek başına bir yaklaşım olarak dikkat çekmektedir. Besin maddelerini doğrudan yaprak yüzeyine sağlayarak, bu yöntem hızlı bir şekilde alımını sağlamakta

ve kritik büyüme dönemlerinde noksanlıkların giderilmesine olanak tanımaktadır. Araştırmalar, yapraktan Zn gübrelemesinin dane Zn konsantrasyonunu artırabileceğini ve fotosentetik verimliliği iyileştirerek daha iyi verim ve dane kalitesine katkıda bulunabileceğini ortaya koymaktadır (Fritschi ve Ray, 2007; Cakmak ve ark., 2009).

Toprak ve yapraktan uygulamaları birleştiren bir strateji, çinko gübrelemesinin faydalarını en üst düzeye çıkarmak için en etkili yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bu çift yönlü yaklaşım, bitkinin yaşam döngüsü boyunca sürekli Zn mevcudiyetini sağladığı gibi, kritik üreme dönemlerinde akut noksanlıkların giderilmesine de olanak tanır. Çalışmalar, bu tür entegre uygulamaların, özellikle toprak koşullarının yetersiz olduğu durumlarda, dane verimi ve kalitesi üzerinde sinerjik etkiler yaratabileceğini göstermektedir (Zobiolo ve ark., 2012; Moreira ve ark., 2016). Daha önceki çalışmalarda, farklı Zn uygulama yöntemlerinin tahıllarda (ör. buğday, çeltik ve mısır) tarla koşullarında gerçekleştirilmiş olsa da (Yılmaz ve ark., 1997; Martínez Cuesta ve ark., 2021; Zulfiqar ve ark., 2021; Ning ve ark., 2021), soya fasulyesi üzerinde yapılan çalışmalar, kontrollü koşullarda saksı denemeleriyle sınırlı olduğu gözlenmiştir (Leite ve ark., 2020; Dai ve ark., 2020). Literatürde, tarla koşullarında soyada farklı Zn uygulama metodlarının (toprak, yaprak ve toprak+yaprak) tamanın bir arada gerçekleştirildiği çalışmalara fazla rastlanılmamıştır. Bunun yanında Zn'nun farklı uygulama yöntemleri üzerine ilave olarak farklı Zn kaynaklarının da kullanıldığı çalışmaların hemen hemen bulunmadığı gözlenmiştir. Bu nedenle, Zn gübrelemesinde en uygun uygulama yöntemi ile birlikte uygun gübre kaynağının da belirlenmesi önemlidir. Bitkisel üretimde çok çeşitli çinko kaynakları gübre olarak kullanılmakla birlikte çinko sülfat ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) ve çinko-şelat (Zn-EDTA) en çok kullanılanlarıdır ancak $ZnCl_2$ de önemli bir gübre kaynağıdır.

Çukurova Bölgesinde soya bitkisinde mikro besin elementlerinden özellikle çinkoda gübreleme yöntemlerinin ve gübre kaynaklarının etkilerinin karşılaştırılması ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Çukurova Bölgesi'nde soya fasulyesinin ikinci ürün olarak yetiştirilmesi, çiftçilere ek gelir sağlama fırsatı sunarken, aynı zamanda bu ürünün verim ve kalitesinin artırılması gerekliliğini de ortaya koymaktadır. Bu noktada, farklı çinko kaynakları ve uygulama yöntemlerinin soya bitkisinin gelişimi üzerindeki etkilerinin araştırılması, bölgedeki tarımın sürdürülebilirliğini sağlamak adına büyük bir önem taşımaktadır.

Zn alımını engelleyen toprak özelliklerinin olduğu Çukurova Bölgesinde Zn eksikliğinden kaynaklı üretimin kısıtlamasını engellemek için etkili bir gübreleme stratejisi belirlemek gerekmektedir. Bu bağlamda çinko gübrelemesinde hangi uygulama yöntemi veya kombinasyonlarının kullanılması gerektiği oldukça önemlidir. Çinko gübrelemesinin topraktan, yapraktan, hem topraktan hem de yapraktan ve tohumla bulaştırma şeklinde çeşitli uygulama yöntemleri mevcut olup bu yöntemlerin verim ve kalitedeki etkisini görmek için her bitki çeşidi için araştırılması gerekmektedir. Bu doğrultuda bu çalışma ile Çukurova Bölgesinde tarla koşullarında farklı çinko kaynakları ve uygulama yöntemlerinin soya bitkisinin verim ve kalite özelliklerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Toprakta Çinko

Toprakların Zn içeriği, oluşumunda etkili olan ana materyalin jeolojik ve mineralojik özellikleriyle doğrudan ilişkilidir. Püskürük kayalardan oluşan topraklar, silisyum açısından zengin ana materyallere sahip topraklara göre genellikle daha yüksek çinko içeriğine sahiptir. Farklı biyoklimatik bölgelerde gerçekleştirilen çalışmalarda, çinko eksikliği; özellikle kireç içeriği yüksek, kumlu, ileri derecede parçalanmış tropikal, tuzlu, sodik, vertisol ve yetersiz drenaja sahip glisol topraklarında daha belirgin olarak gözlemlenmiştir. Ayrıca, killi topraklarda çinkonun daha yüksek oranlarda tutulduğu ve ince tekstürlü toprakların çinko içeriğinin, kaba tekstürlü topraklara kıyasla daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Noulas ve ark., 2018, Kacar, 2019).

Çinko içeriği, mineral topraklarda ortalama 50 mg kg^{-1} iken, organik topraklarda bu değer 66 mg kg^{-1} seviyelerine ulaşmaktadır. Tarım topraklarının genelinde ise çinko içeriği, farklı minerallerin yapısında yer aldığı gibi, $10\text{-}300 \mu\text{g g}^{-1}$ arasında değişkenlik göstermektedir (Alloway, 2008; Avcıoğlu, 2022).

Tarım topraklarında çinko, toprak çözeltisinde çözülmüş halde (1), toprak değişim kompleksleri üzerinde adsorbe edilmiş veya değişebilir şekilde tutulmuş (2), organik madde ile kilyet ya da kompleks oluşturmuş (3), kil mineralleri, çözünmez metalik oksitler ve karbonatlar ile bileşikler oluşturarak yer aldığı formlar (4) ve dağılıp parçalanabilen primer ve sekonder alimino-silikat materyalleri içinde (5) olmak üzere beş farklı şekilde bulunmaktadır.

Topraktaki toplam çinkonun %90'ından fazlası, minerallerin yapısında çözünemez halde bulunur. Çinko, toprakta yalnızca Zn^{2+} iyonu şeklinde yer alır. Zn^{2+} iyonunun iyonik çapı, Fe^{2+} ve Mg^{2+} iyonlarına çok yakın olduğundan, piroksen grubu minerallerinden ojit (Mg, FeSiO_3), amfibol grubu minerallerinden hornblend ($\text{Ca}_2(\text{Fe, Mg})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$) ve mika grubu minerallerinden biotit ($\text{K}(\text{Mg, Fe})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) gibi minerallerle sınırlı bir şekilde bu iyonlarla izomorfik yer değişimi yapar. Çoğu toprakta çinkonun ana kaynağını bu minerallerde bulunan çinko oluşturur. ZnS , sfalerit [$(\text{Zn, Fe})\text{S}$], zinkit [$(\text{Zn, Mn})\text{O}$], simitsonit (ZnCO_3) ve hemimorfit [$\text{Zn}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$] yapısında Zn bulunan minerallerdir. Bazı topraklar da ZnSiO_3 ve Zn_2SiO_4 (Vilemit) gibi silikatlar da çinko içermektedirler. Çinko montmorillonit tipi killerdeki Mg ile değişim yapabilir (Güneş ve ark., 2004; Anonim, 2024 a).

Mikro besin elementlerinin bitkilerce alınabilirliğinin; pH, redoks potansiyeli, organik madde içeriği, bünye gibi toprak özellikleri ile bitkinin türü veya çeşidi, toprağın nem içeriği, sıcaklık ve ışık gibi çevresel faktörlerden etkilendiğini belirtilmiştir (Noulas ve ark., 2018, Moreno Lora ve Delgado, 2020; Moraghan ve Mascogni, 1991). Ayrıca, bu faktörlere bağlı olarak bitkilerde mikro besin elementleri noksanlıkları veya toksisitelerinin ortaya çıkabileceğini de vurgulamışlardır.

Çinko eksikliği, genel olarak kireçli, toprak pH'ının yüksek olduğu, organik madde ve toprak neminin düşük olduğu, tarımsal sulama kapsamında suyun toprak yüzeyinde eşit şekilde yayılmasını sağlamak için tesviye edilmiş topraklarda yaygın olarak görülmektedir (Rengel, 2015).

Toprak özellikleri arasında, Zn'nin bitkilerce alınabilirliğini en fazla etkileyen faktörün toprak pH'ı olduğu belirtilmektedir (Marschner, 1993; Singh ve Sharma, 2019). Kireç uygulaması ile toprak pH'ının 5.2'den 6.8'e yükseltilmesi durumunda bitkilerdeki çinko miktarının 10 kat azaldığı gözlemlenmiştir (Parker ve Walker, 1986). Barrow (1993) ve Brümmer ve ark., (1988) toprak pH'ının yükselmesi, bir yandan çinkonun topraktaki kil minerallerine ve metal oksitlere bağlanmasını artırırken, diğer yandan bu bağlı formların serbest kalma oranında azalmalar yaşandığı bildirilmiştir.

Toprak pH'ının artışı, yarayışlı Zn konsantrasyonunun önemli ölçüde azalmasına yol açmaktadır. Kacar (2019), Marschner (1983) tarafından yapılan bir araştırmada, toprak pH'ındaki 5.5 ile 7.0 arasında her bir birimlik artışın, toprak çözeltisinde çözülmüş çinko konsantrasyonunda 30 ile 45 kat arasında bir azalmaya neden olduğu tespit edildiğini bildirmiştir. Bu durum, çinkonun toprak çözeltisinde çözümlenir formda bulunma kapasitesinin pH ile ters orantılı olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, Fransız fasulyesi üzerinde yapılan bir başka çalışmada, rizosfer pH'ının 5.0' dan 6.6'ya yükselmesi durumunda, yalnızca çözümlenir çinko (Zn) konsantrasyonunun değil, aynı zamanda demir (Fe) ve mangan (Mn) gibi diğer mikro besin elementlerinin de doğrusal bir şekilde azaldığı gözlemlenmiştir (Sarkar ve Wynjones, 1982). Bu bulgular, toprak pH'ının mikro besin elementlerinin bitkiler tarafından alınabilirliğini büyük ölçüde etkileyen kritik bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır.

Toprakta organik madde kaybı, bitkilerde mikro besin elementleri eksikliklerine yol açabilmektedir. Kolorado toprakları üzerinde yapılan bir çalışmada, rizosferdeki çözümlenir Zn konsantrasyonunun, toprak organik madde içeriği ile ters orantılı olduğu bulunmuştur (Catlett ve ark., 2002). Bununla birlikte, farklı tarla denemelerinden elde edilen veriler, topraktaki organik madde miktarının artışıyla birlikte bitkilerin çinko alımının da arttığını göstermektedir (Sillanpaa, 1982; Hamilton ve ark., 1993). Martens ve Westermann (1991) ise organik madde bakımından zengin üst toprağın erozyon veya tesviye işlemleriyle kaybının, bitkilerde Zn eksikliğini daha da şiddetlendirdiğini belirtmişlerdir.

Eyüpoğlu ve ark. (1998) tarafından yapılan, Türkiye genelindeki tüm illeri kapsayan bir çalışmada, toprak organik madde içeriği ile Zn değeri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, en düşük çinko değeri (0.06 mg kg^{-1}), organik madde içeriği %1.0-2.0 arasında bulunan topraklarda tespit edilirken, en yüksek çinko değeri (12.70 mg kg^{-1}) organik madde içeriği % 3.0-% 4.0 arasında olan topraklarda bulunmuştur. Bu bulgular, toprak organik madde içeriği arttıkça, yarayışlı çinko konsantrasyonunun da arttığını göstermektedir.

Gorny ve ark. (2000) tarafından yapılan bir araştırmada, toprak tekstür sınıfı incelidikçe (kumlu topraklardan killi topraklara doğru) toprakta bulunan Zn düzeyinin arttığı gözlemlenmiştir.

Araştırmacılar, genel olarak topraktaki toplam çinko konsantrasyonunun, kumlu topraklar dışında, bitkinin çinko ile beslenme düzeyini yansıtmadığını belirtmişlerdir.

Shukla (2000), topraklarda Zn adsorpsiyonunda kil mineralleri ve metal oksitlerinin önemli bir rol oynadığını belirtmiştir. Özellikle smektit tipi killerin, çinko adsorpsiyonunda en etkili mineraller olduğunu vurgulamıştır. Shukla (2000) tarafından, smektit, illit ve kaolinit kil minerallerinin çinko adsorplama kapasiteleri karşılaştırıldığında, smektitin en yüksek, kaolinitin ise en düşük adsorpsiyon kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir.

Çinko, topraklarda eksikliği en sık rastlanan mikro besin elementlerinden biridir. Çinko eksikliği, özellikle Akdeniz, Güneydoğu ve Doğu Asya ülkeleri ile Avustralya'da yaygın olarak görülmektedir. Örneğin, Hindistan'da 30 milyon, Bangladeş'te 8 milyon, Türkiye'de 14 milyon, Çin'de 20 milyon ve Avustralya'da ise en az 10 milyon hektar işlenebilir tarım topraklarında çinko eksikliği tespit edilmiştir (White ve Zasoski, 1999; Alloway, 2004; Çakmak, 2008)

Ayrıca FAO tarafından 25 farklı ülkede yürütülen toprak analizlerine dayanan bir çalışmada, toprakların %50'sinde Zn eksikliği tespit edilmiştir. Bu çalışma, çinko eksikliğinin en yoğun şekilde Türkiye topraklarında görüldüğünü ortaya koymuştur (Graham, 1991; Alloway, 2002). Türkiye'nin çeşitli bölgelerinden toplanan 1511 toprak örneğinin laboratuvar analiz sonuçlarına göre, çinko eksikliği %49 ile en yaygın mikro element eksikliği olarak belirlenmiş ve bunu %27 ile demir (Fe) eksikliği takip etmiştir (Eyüpoğlu ve ark., 1994). Bu bulgular, Türkiye'de bitkisel üretim amacıyla kullanılan alanların yaklaşık yarısında (14 milyon hektar) çinko ve demir eksikliği olduğunu göstermektedir. Konya Havzası'ndan toplanan 76 toprak örneğinin %92'sinde, DTPA (dietilentriaminpentaasetikasit) ekstraksiyon yöntemiyle belirlenen bitkilerce alınabilir çinko içeriğinin, eksiklik sınırı olarak kabul edilen 0.5 mg kg^{-1} Zn değerinin altında olduğu bulunmuştur (Çakmak ve ark., 1996).

2.2. Bitkide Çinko

Çinko, bitkilerde yaklaşık 300 farklı enzimin yapısal, işlevsel veya düzenleyici bileşeni olarak görev yapan hayati bir elementtir (Fox ve Guerinet, 1998). Bu enzimler arasında karbonik anhidraz, dehidrogenazlar, aldolaz, karboksipeptidaz, alkalın fosfataz, süperoksit dismutaz, RNA polimeraz, ribulaz difosfat ve fosfolipaz gibi önemli enzimler bulunmaktadır. Çinko ayrıca oksidoredüktaz, hidrolaz, transferaz, liyaz, izomeraz ve ligaz gibi enzimlerde kofaktör olarak görev almaktadır (Sousa ve ark., 2009; Broadley ve ark., 2012). Çinkonun bu enzimlerdeki rolü, bitkilerde karbonhidrat metabolizması (fotosentez, sakkaroz ve nişasta oluşumu), protein sentezi, oksin metabolizması, membran sağlamlığı, üreme ve hastalıklara karşı direnç gibi birçok önemli biyolojik işlevin düzenlenmesinde kritik bir öneme sahiptir (Kacar, 2019)

Bitkiler, çinkoyu çoğunlukla Zn^{+2} iyonu şeklinde alırken, pH'nın yüksek olduğu ortamlarda ZnOH^+ formunda da alabilmektedir (Marschner, 1995). Toprak veya besin çözeltilerinde bulunan çinko-kleyt kompleksleri, bitkiler tarafından kleyt formunda değil bunlar ayrıştıktan sonra Zn^{+2}

iyonu olarak alınmaktadır (Halvorson ve Lindsay, 1977). Magnezyum, Ca, Fe ve Mn gibi diğer besin elementlerinden farklı olarak çinko, bitkilerde kimyasal bir değişikliğe uğramaz ve her zaman Zn^{+2} iyonu şeklinde işlevlerini yerine getirmektedir. Bitki kökleri tarafından çinko alımı, difüzyon ve kontak değişim süreçlerinin etkisiyle gerçekleşmektedir. Bu süreçlerin kitle akımına kıyasla çinko alımında daha büyük bir rol oynadığı yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Bergman, 1992). Bu bulgular, ^{65}Zn izotopu ile yapılan araştırmalarla desteklenmiştir. Ayrıca, çinkonun yararıyla ilgili iklim koşullarıyla doğrudan ilişkili olduğu ve bu faktörün bitkilerdeki çinko alımını etkileyen önemli bir parametre olduğu belirtilmiştir (Kacar, 1995). Özellikle Orta Anadolu Bölgesi gibi düşük yağış alan bölgelerde, toprak neminin çinko alımı üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olduğu ifade edilmiştir (Torun ve Çakmak, 2004).

Bitkilerde çinko eksikliğine yol açan başlıca faktörler, toprakta yararıyla çinko miktarının azlığı, organik madde eksikliği, bitki çeşitleri ve genotipleri, gübreleme yetersizlikleri, çevresel ve iklimsel olumsuz koşullar, kök gelişiminin kısıtlı olması, kireçli ve alkalın topraklar ile besin maddelerinin antagonistik etkileşimleri gibi etmenlerdir (Çakmak, 2008). Çinko eksikliği bitkilerin genç yapraklarında görülmektedir ve yapraklarda kloroz, nekrotik lekeler, rozetleşme, bodur büyüme, küçük yapraklar ve şekil bozuklukları gibi belirtilerle kendini göstermektedir (Bergman, 1992; Reddy ve Kumari, 2022).

Çinko eksikliği, bitkilerin büyüme ve gelişimini olumsuz etkileyerek, tarımsal verim üzerinde ciddi kayıplara yol açabilmektedir (Marschner, 1995). Çinko eksikliği, özellikle bitkilerde enzim aktivitesinin azalmasına yol açarak karbonhidrat, protein ve büyüme hormonları (özellikle oksin) üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bu durum, bitkilerin gelişimini ve verimini önemli ölçüde kısıtlamaktadır. Çinko eksikliğinde bitkilerin klorofil sentezi azalarak, yapraklarda kloroz (sarıma) meydana gelmektedir. Bu kloroz genellikle yaprak damarları arasında belirginleşmektedir. Damarlar yeşil kalırken, damar arasındaki kısımlar açık yeşil, sarı veya beyaz renklere dönüşebilmektedir. Ayrıca, çinko eksikliği yaprak gelişimini engellemekte, bu da yaprakların seyrekleşmesine, sürgünlerin ölmesine ve yaprakların erken dökülmesine neden olmaktadır. Bitkilerdeki tomurcuk sayısı azalırken, kalan tomurcukların açılma oranı da düşmektedir (Plaster, 1992; Kacar ve Katkat, 2010).

Bitkilerde çinko eksikliği kadar çinko fazlalığı da bitkilerin büyüme ve gelişimini olumsuz etkileyebilmektedir. Aşırı çinko alımı, bitkilerde toksik etkiler yaratarak verim ve kalite kayıplarına yol açmaktadır. Bu olay, bitkilerde nadiren gözlemlenen ancak ciddi olabilen bir zehirlenme durumudur. Genellikle maden yataklarına yakın bölgelerde veya çinko bakımından zengin topraklarda yetişen bitkilerde çinko içeriği anormal derecede yüksek seviyelere çıkabilmektedir. Topraklarda çinko konsantrasyonunun yüksek olması durumunda, özellikle bitkilerin kök ve yaprak gelişimi ciddi şekilde engellenmektedir. Kök gelişiminin kısıtlanması, bitkilerin su ve besin maddelerini etkin şekilde emmesini zorlaştırmaktadır. Bunun yanı sıra, çinko fazlalığı bitkilerin fosfor ve demir gibi önemli besin elementlerinin alımını da olumsuz yönde etkilemektedir.

Topraklarda yüksek çinko içeriği, fosfor ve demir gibi elementlerin kökler tarafından alım oranlarını düşürmektedir. Bu da bitkilerin büyüme ve gelişme süreçlerini yavaşlatmakta, ayrıca bitkilerin fotosentez gibi metabolik süreçlerinde de aksamalara yol açabilmektedir. Bu durum, bitkilerin genel sağlığını ve verimini olumsuz yönde etkilemektedir. (Boşgelmez ve ark., 2001).

Vassilev (2011) tarafından yürütülen çalışmada, fasulye türünün bir çeşidi olan *Phaseolus vulgaris* L. cv. Lodi bitkilerinin aşırı Zn miktarına maruz bırakıldığında, bitkide büyüme, fotosentez ve besin elementleri birikiminin olumsuz etkilendiği gözlemlenmiştir. Zn birikimi arttıkça bitkilerin taze kütlesi, yaprak alanı, fotosentetik hız, stomal iletkenlik gibi parametrelerde azalma yaşanmış ve bu da bitkilerin büyümesini engellemiştir. Ayrıca, Zn'nin yüksek seviyeleri, yaprakların ve köklerin anatomik yapısında değişikliklere yol açmış, Mg, Fe ve Mn gibi önemli besin elementlerinin bitki dokularında birikimi de olumsuz etkilenmiştir. Çalışma sonucunda, fazla Zn'nin bitkilerde su dengesi, fotosentez ve besin elementlerinin alımını olumsuz yönde etkileyerek büyüme problemlerine yol açtığı belirtilmiştir.



Şekil 2. 1. Soya bitkisinde Zn noksanlığı (imege Courtesy of Dr. Booby Golden, Mississippi State University)

2.3. Bitkilerde Çinko Gübrelmesi

Bitkilerin mikro elementlere olan gereksinimi az olsa da, mikro elementlerin mutlak gerekli besin maddeleri olarak önemi giderek artmaktadır. Bu bağlamda, Zn mutlak gerekli mikro besin elementlerinden biri olup, dünya genelindeki tarım topraklarının büyük bir kısmında eksikliği gözlemlenmektedir. Ülkemizde de yoğun tarım yapılan bölgelerde çinko eksikliklerinin varlığı, çeşitli araştırmalarla ortaya konulmuştur (Eyüpoğlu ve ark., 1998; Sönmez ve ark., 2018).

Bitkilerde Zn eksikliğinden kaynaklanan büyüme, verim ve kalite kayıplarının yanı sıra fizyolojik ve morfolojik sorunların çözülmesi için bitkinin çinko beslenme durumunun iyileştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bitkilerin çinko beslenmesi, agronomik uygulamalarla (gübreleme, sulama, toprak işleme vb.) veya çinko eksikliği gibi stres faktörlerine karşı dirençli genotiplerin seçimiyle çözülebilir (Çakmak, 2008).

Bitkisel üretimde topraktan eksilen Zn' nin geri kazandırılmasında en etkili yöntem, çinko içeren gübrelerin kullanımınıdır. Pratikte, dengeli ve ekonomik bir gübreleme uygulaması ile birim alanda kaliteli ve sağlıklı ürün elde edilmesi mümkün olmaktadır.

Dünya genelinde çinko içeren gübreler, inorganik, sentetik kilyetler, doğal organik kompleksler ve inorganik kompleksler gibi çeşitli formlarda bulunmaktadır. Bu gübrelerin kimyasal formülleri, suda çözünürlükleri ve çinko içerikleri farklılık göstermektedir. Son yıllarda, çinko içeren Zn-Nano gübreleri de üretilmeye başlanmış ve bu gübrelerle yapılan çalışmalar giderek daha fazla popülerlik kazanmaktadır. Örneğin, Davarpanah ve ark. (2016), nar bitkisinin meyve verimi ve kalitesi üzerindeki etkileri incelemek amacıyla Zn ve B nano gübrelerinin yapraktan uygulanmasını araştırmışlardır. Çalışmada, tam çiçeklenme öncesi dönemde yapraklara sırasıyla nano-Zn şelat (0, 60 ve 120 mg L⁻¹ dozlarında) ve nano-B şelat gübresi (0, 3.25 ve 6.50 mg L⁻¹ dozlarında) uygulanmıştır. Çalışma sonuçları, her iki mikro elementin yapraklardaki konsantrasyonlarının arttığını göstermiştir. Düşük dozlarda uygulanan bor (34 mg B/ağaç) ve çinko (636 mg Zn /ağaç) nano-gübreleri ile yapılan tek bir yaprak spreyi, ağaç başına meyve sayısındaki artışa bağlı olarak nar bitkisinin meyve veriminde belirgin bir artış sağlamıştır.

Çizelge 2.1. Zn İçeren Gübreler (Montalvo ve ark., 2016)

ZnKaynağı	Formül	Suda çözünürlük	Zn içeriği(%)
<u>Inorganik bileşikler</u>			
Çinko sülfat monohidrat	ZnSO ₄ .H ₂ O	Çözünür	36
Çinko sülfat heptahidrat	ZnSO ₄ .7H ₂ O	Çözünür	22
Çinko oksit sülfat	XZnSO ₄ .yH ₂ O	Değişken	20-55
Çinko oksit	ZnO	Çözünmez	50-80
Çinko karbonat	ZnCO ₃	Çözünmez	50-56
Çinko klorür	ZnCl ₂	Çözünür	50
Çinko nitrat	Zn(NO ₃) ₂ .3H ₂ O	Çözünür	23
Temel çinko sülfat	ZnSO ₄ .4Zn (OH) ₂	Az çözünür	55
<u>Sentetik şelatlar</u>			
Disodyum Zn EDTA	Na ₂ ZnEDTA	Çözünür	4-14
Sodyum Zn HEDTA	NaZnHEDTA	Çözünür	6-10
Sodyum Zn NTA	NaZnNTA	Çözünür	9-13
<u>Doğal organik kompleksler</u>			
Çinko polyflavonoid	-	Çözünür	50-100
Çinkolignosülfonat	-	Çözünür	50-80
<u>İnorganik kompleks</u>			
Tetra aminZnsülfat	Zn(NH ₃) ₄ SO ₄	Çözünür(sıvı)	10

Çinko sülfat, çinko eksikliğini gidermek için en yaygın kullanılan inorganik kaynaklardan biridir (Martens ve Westermann, 1991; Mortvedt ve 1991). Bunun başlıca nedeni, suda hızlı çözünmesi, üretiminin kolay ve ekonomik olmasıdır (Shulte ve Walsh, 1982; Mortvedt, 1991). Çinko

eksikliğinin giderilmesinde en sık tercih edilen inko Őelatları arasında ise inko EDTA yer almaktadır. Bu Şelat, toprak uygulamalarında çinkonun bitki tarafından daha etkin bir Şekilde alınmasını sağlamaktadır. Ayrıca, organik kökenli çinko kaynakları da kullanılmaktadır; bunlar arasında ligno-sulfonat, fenol ve polifenoller yer almaktadır. Bu organik çinko kompleksleri daha ucuzdur ancak inko EDTA kadar etkili değildir (Shulte ve Walsh, 1982).

Kilyet formulu mikro besin element gübreleri, metalik tuzların doğal veya sentetik organik kompleksleri ile reaksiyona girmesiyle elde edilmektedir. Bu gübrelerin kullanımı, mikro besin elementlerinin organik komplekslere bağlanmasını sağlayarak, toprakla etkileŐimlerini engeller ve böylece elementlerin bitkiler tarafından daha etkin bir Şekilde alınmasını sağlayarak yararlılıklarını artırmaktadır (Gülser, 1996).

Zn gübrelemesi yapılırken, gübre Őeiminde en önemli faktör, gübrenin suda çözünebilir çinko içeriğidir. Yapılan araştırmalar, suda çözünürlüğü yüksek olan gübrelerin, ürün miktarı ve kalitesi üzerinde daha etkili olduğunu ortaya koymuştur (Gangloff ve ark., 2000; Beltrame, 2023).

Duymuş ve ark. (2020) tarafından sera koşullarında gerçekleştirilen bir çalışmada, mısır bitkisine artan düzeylerde farklı çinko formları uygulanmıŐ ve bu uygulamaların bitkinin büyümesi, yeşil aksam SPAD değeri, çinko konsantrasyonu ve kuru madde verimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma sonuçları, çinko noksanlığının verimde düŐüŐe yol açtığını, çinko uygulamalarının ise verimde %9 ile %191 arasında değişen oranlarda artış sağladığını göstermiştir. Verimdeki artış oranlarında, uygulanan çinko formlarının önemli bir rol oynadığı belirlenmiştir. Ayrıca, inko uygulamalarının yeşil aksam çinko konsantrasyonunu artırdığı, ancak bu artıŐta uygulama dozunun önemli, çinko formunun ise önemsiz olduğu sonucuna varılmıştır. Benzer Şekilde, bitki başına çinko alımı miktarında da benzer sonuçlar bulunmuştur. Genel olarak değerlendirildiğinde, en etkili çinko uygulama dozunun 1 mg kg^{-1} olduğu ve çinko formları arasında en baŐarılı sonucun Zn-EDTA formundan elde edildiği, bunu sırasıyla ZnCl_2 , $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ve ZnO 'nun takip ettiği tespit edilmiştir.

Bitkilerin genellikle bir yıl içinde topraktan kaldırdıkları çinko miktarı ortalama 0.5 kg ha^{-1} olarak kabul edilmektedir (Bryson ve ark., 2014). Kaliteli ve yüksek verimli ürünler elde edebilmek için bu miktardaki çinkonun farklı yöntemlerle toprağa uygulanması gerekmektedir.

Zn içeren gübrelerin farklı uygulama yöntemlerinin temel amacı, bitkilerin ihtiyaç duyduğu çinkoyu daha kolay bir Şekilde alabilmelerini sağlamak, çinko kaybını minimuma indirerek çevreye verilen zararı en aza düŐürmek, gübre uygulamalarını pratik hale getirmek ve uygulanan çinkonun büyük bir kısmının bitkiler tarafından verimli bir Şekilde alınmasını temin etmektir.

Çinko içeren gübreler, toprak ve bitki uygulamaları olmak üzere iki farklı Şekilde uygulanmaktadır. Toprak uygulamaları, toprak yüzeyine, banda, sıraya ve son yıllarda hızla yaygınlaŐan fertigasyon yöntemiyle yapılırken, bitkilere yapılan uygulamalar püskürterek veya tohuma bulaŐtırarak gerçekleŐtirilmektedir (Güzel ve ark., 2004). Bitkiler, gereksinim duydukları çinkonun büyük kısmını kök sistemleri aracılığıyla alırken, kk bir kısmını ise toprak üstü

organları ile almaktadır. Bu nedenle, püskürterek yapılan uygulamalar, çinko alımının sınırlı olduğu toprak koşullarında daha faydalı olabilmektedir (Zayed ve ark., 2011; Çolakoğlu ve Çiçekli, 2016; Ducatti ve Tironi, 2024)

Farklı uygulama yöntemleriyle yapılan Zn gübrelemesinin bitkilerin verim ve verim parametrelerine olan etkileri, çeşitli çalışmalarla incelenmiştir. Yılmaz ve ark. (1997), Orta Anadolu'da şiddetli Zn eksikliği görülen topraklarda yetiştirilen ekmeklik ve makarnalık buğday genotiplerine farklı Zn uygulama yöntemlerini (toprak, yaprak, tohum, toprak + yaprak, tohum + yaprak) uygulamışlardır. Çalışma sonucunda, çinko uygulamalarının tüm buğday genotiplerinde tane verimini önemli ölçüde artırdığı gözlemlenmiştir. Kontrol grubuyla karşılaştırıldığında, tane verimindeki artışlar toprak, toprak + yaprak ve tohum + yaprak uygulamalarında yaklaşık %260, tohum uygulamasında %204 ve yaprak uygulamasında ise %124 olarak tespit edilmiştir.

Başka bir çalışmada, Özdemir ve ark. (2005), farklı asma anaçları ile Flame Seedless üzüm çeşidi kombinasyonlarına çinko uygulamalarının fenolojik gelişme ve bazı vejetatif özellikler üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, çinkosuz (Zn 0), topraktan 23 kg ha⁻¹ ZnSO₄·7H₂O, yapraktan %0.2 ZnSO₄·7H₂O ve topraktan 23 kg ha⁻¹ ZnSO₄·7H₂O + yapraktan % 0.2 ZnSO₄·7H₂O olmak üzere üç farklı çinko uygulaması yapılmıştır. Sonuçlar, uygulamaların genotiplerde fenolojik gelişme tarihleri üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığını, ancak yaprak alanı ve koltuk sürgün uzunluğu gibi bazı vejetatif özellikler üzerinde uygulamanın belirgin etkiler oluşturduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, toprak + yaprak uygulamasının diğerlerine göre daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

2.4. Soya Bitkisinde Çinko Gübrelemesi

Zn noksanlığına karşı orta düzeyde duyarlı olan soya bitkisinin, yüksek pH ve düşük organik madde içeriğine sahip topraklarda çinko alımının düşük olma olasılığı yüksektir (Mallarino ve ark. 2017)

Çizelge 2. 2. Değişik bitkilerin çinko noksanlığına karşı duyarlılıklarına göre gruplandırılması (Prasad ve Power, 1997)

Duyarlı	Orta derecede duyarlı	Dayanıklı
Mısır	Sorgun	Yonca
Bakla	Üçgül	Arpa
Tatlı Mısır	Patates	Yulaf
Çeltik	Yem bitkileri	Darı
	Soya fasulyesi	Çavdar
	Şeker Pancarı	Buğday
	Sudan Otu	Çayır bitkileri

Çinko uygulamalarının etkisi, uygulama zamanı, dozu, yöntemi ve toprakta Zn'yi çözebilen mikroorganizmaların varlığı gibi birçok faktöre bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Bu nedenle, daha yüksek verim ve çinko kullanım etkinliğini sağlamak için bu koşulların optimize edilmesi büyük önem taşımaktadır.

İklim değişikliği, yeni nesil soya fasulyesi çeşitlerinin yalnızca yüksek verim sağlamasını değil, aynı zamanda çeşitli abiyotik ve biyotik streslere karşı direnç göstermesini de gerektirmektedir (Djanaguiraman ve ark., 2019). Fageria ve ark. (2008), daha yüksek verim ile daha yüksek besin kullanımı verimliliği arasında bir ilişki olduğunu belirtmiştir. Toprağa uygulanan çinko gübresinin kullanım etkinliği genellikle %1.0 ile % 3.0 arasında değişmekte olup, uygulanan çinkonun önemli bir kısmı süzülme ve fiksasyon süreçleri nedeniyle bitki tarafından alınamaz hale gelmektedir. Bu sebeple, çinko uygulamalarının etkin olabilmesi için oranlar, yöntemler ve uygulama planlamalarının dikkatlice belirlenmesi gerekmektedir.

Çinko uygulamaları, soya fasulyesinde fotosentetik aktiviteyi, klorofil sentezini, azot metabolizmasını iyileştirirken, aynı zamanda abiyotik streslere karşı direnç geliştirilmesine yardımcı olur. Toprakta bitkiye çinkonun kullanılabilirliği, toprakta bulunan çinkonun miktarı ve bu çinkonun alımı ile desorpsiyonunu kontrol eden birçok faktöre bağlıdır (Alloway, 2008). Çinko uygulamalarının etkisi, soya fasulyesinin daha yüksek verim ve Zn kullanım etkinliği sağlamak amacıyla optimize edilmesi gereken uygulama zamanı, dozu ve yöntemi gibi etmenlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Bu bağlamda, Martinez Cuesta ve ark. (2022) farklı çinko gübreleme stratejilerinin soya bitkisinde farklı toprak koşullarında tohum verimi, Zn alımı ve tohum Zn konsantrasyonu üzerindeki etkilerini incelemiş ve bu etkileşimlerin farklı olabileceğini ortaya koymuşlardır. Soya fasulyesinde çinko gübrelemesinin optimize edilmesi için bitkinin özelliklerinin doğru şekilde anlaşılması büyük bir önem taşımaktadır.

2.5. Soya Bitkisinin Özellikleri ve Gelişim Evreleri

Soya fasulyesi kazık köklü bir bitki olup, aynı zamanda gelişmiş bir saçak kök sistemine sahiptir. Kök yapıları, toprak profili boyunca genellikle 60-70 cm derinliklerde yoğunlaşmakla birlikte, belirli çevresel koşullarda 150-200 cm'ye kadar da inebilir (Nazlıcan, 2010). Bu derin kök yapısı, bitkinin su ve besin maddelerini verimli bir şekilde alabilmesini sağlamaktadır. Soya fasulyesi baklagildir ve diğer baklagillerin çoğu gibi kendi azotunu sağlama yeteneğine sahiptir. Azot fiksasyonu kökte bir nodül oluşumuyla başlamaktadır. Nodüller, köke saldıran ve kök hücreleri içinde çoğalan topraktaki *Bradyrhizobia* bakterilerinden üretilir. Soya fasulyesi bitkisi bakterilere besin ve enerji sağlar ve karşılığında bakteri havadaki atmosferik azotu (N_2) bitkinin kullanabileceği nitratlara (NO_3^-). Bu biyolojik azot bağlama süreci, soyanın azot ihtiyacını doğal yollarla karşılamasına olanak tanırken, çevresel açıdan önemli bir katkı da sağlamaktadır (Stowe ve Vann, 2022).

Soya fasulyesi bitkisinin sapsarı dik ve sağlam bir yapıya sahiptir, boğum sayısı ise genetik faktörlere ve çevresel koşullara bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Erken olgunlaşan çeşitler, daha kısa boylu ve daha az yapraklı olup, geç olgunlaşan çeşitler ise daha uzun boylu ve daha fazla yaprak içermektedir. Soya bitkisinin yaprakları, üç yaprakçıktan oluşan bileşik bir yapıdadır ve yaprak yüzeyi tüylüdür. Bu tüylenme, bitkiye bazı zararlılara (ör. beyaz sinek) karşı savunma mekanizması sağlayarak koruyucu bir rol üstlenmektedir (Anonim, 2023).

Soya bitkisinin çiçekleri, genellikle beyaz veya mor renktedir. Çiçeklenme, tohum ekiminden yaklaşık 25-30 gün sonra başlamakta ve çiçekler, bitkinin gövdesinde alt kısımdan üst kısma doğru açmaktadır. Çiçeklenme süreci yaklaşık 25-30 gün devam etmektedir. Soya baklaları, tüylü bir yapıya sahip olup, genellikle 3-5 cm uzunluğunda ve 1 cm genişliğindedir ve her baklada 2-4 tohum bulunmaktadır. Olgunlaşma döneminde baklaların rengi sarı veya kahverengiye dönüşmektedir (Nazlıcan, 2010).

Soya tohumları, genellikle sarıdan kahverengiye kadar değişen renk tonlarına sahiptir. Yuvarlak veya yassı şekilde olabilen soya tohumlarının, tohum göbeği renkleri beyaz, sarı, kahverengi, gri, yeşil veya siyah olabilmektedir (Toğay, 2007).

Bazı araştırmalar, soya fasulyesinin yüksek verim potansiyelini gerçekleştirebilmesi için gerekli çevresel koşulları ve sınırlayıcı faktörleri inceleyerek, bu bitkinin yüksek üretim kapasitesine sahip olduğunu ortaya koymuştur. Soya fasulyesinin bitki morfolojisi, büyük ölçüde çeşidin genetik yapısına bağlıdır. Toprak verimliliği ve bitki yoğunluğu gibi çevresel faktörler, soya fasulyesinin morfolojik özelliklerini ve verim potansiyelini doğrudan etkiler. Bu nedenle, verim potansiyelini artırmak için çevresel ve genetik faktörlerin etkileşimi dikkate alınmalıdır (Xue ve ark., 2013).

Kök yapısının derinliği, sap, yaprak, çiçek ve tohum özelliklerinin soyanın verim ve kalite açısından kritik belirleyici faktörler olduğu yapılan bazı çalışmalarda bildirilmiştir (Tarumingkeng ve Coto, 2003; Wiebold, 2012).

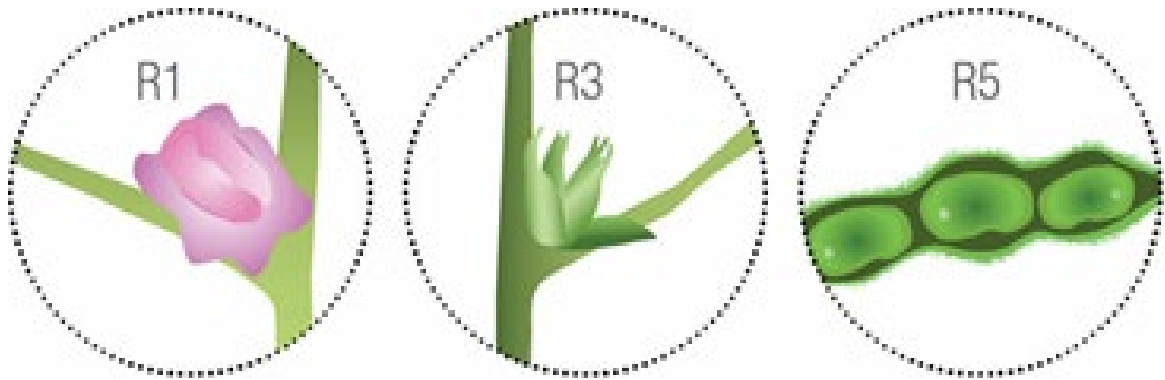
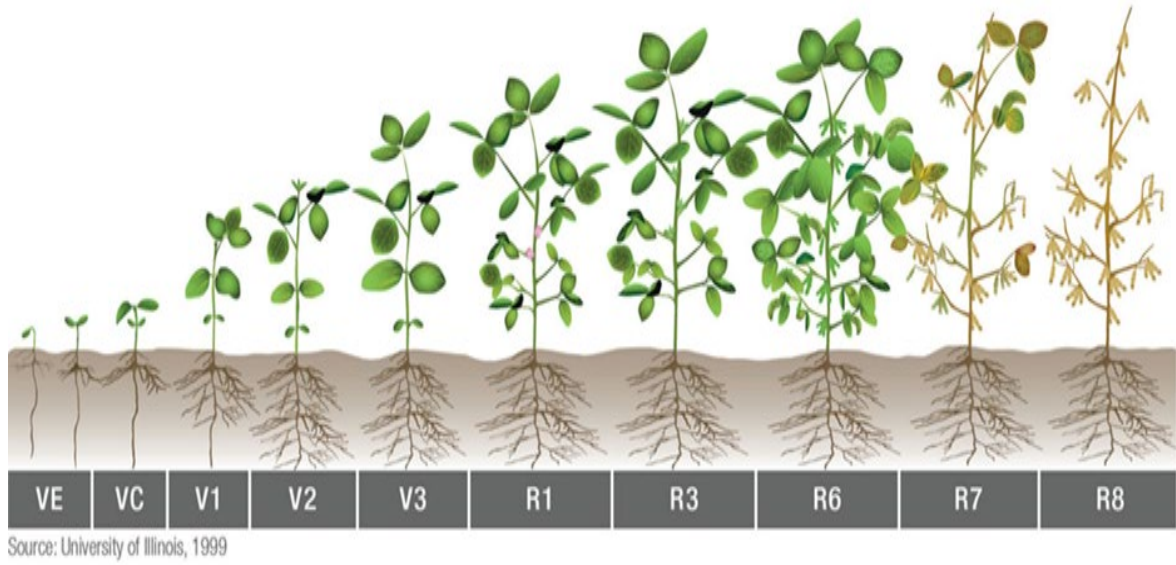


Şekil 2.2. Soyanın bitkisel özelliklerine ait fotoğraflar

Bitki gelişme dönemi, bitkilerin büyüme sürecinde yaşadıkları fizyolojik ve morfolojik değişikliklerin belirli bir zaman diliminde ifade edilmesidir (Çırak ve Esendal, 2005). Soya gelişimi, iki temel büyüme aşamasına ayrılmaktadır. İlk aşama, bitkinin çimlenmesi ve çıkışını takiben

çiçeklenmesine kadar süren vejetatif gelişim aşamasıdır. İkinci aşama ise bitkinin çiçeklenmesinden tohumun olgunlaşmasına kadar süren generatif gelişim aşamasıdır (Herman, 1992).

Soya bitkisinin gelişim evreleri; yaprak, çiçek, bakla ve tohum gelişimine göre sınıflandırılmaktadır (Çırak ve Esenal, 2005; Purcell ve ark., 2014; Anonim, 2015; Kandel ve Endres, 2019; Rees ve ark., 2019). Bu sınıflama, aynı zamanda bitkinin gövde boğumlarının gelişimiyle de ilişkilidir. Bitki gelişim dönemlerinin doğru bir şekilde bilinmesi, bitki besleme açısından büyük önem taşımaktadır. Soya bitkisinin vejetatif ve generatif gelişim dönemleri, Şekil 2.3 ve Çizelge 2.3'te gösterilmiştir.



Şekil 2. 3. Soya bitkisinin gelişim evreleri (Rees ve ark., 2019)

Çizelge 2.3. Soya Bitkisinin Vejetatif ve Generatif Gelişim Evreleri (Çırak ve Esendal, 2005; Purcell ve ark., 2014; Anonim, 2015; Kandel ve Endres, 2019; Rees ve ark., 2019)

Gelişim Evreleri		Tanımlama ve önemli özellikler
VEJETATİF	VE (Çimlenme ve Çıkış)	Soya fasulyesi tohumu yeterli nemi emdikten sonra toprak sıcaklığı ve ekim derinliğine bağlı olarak, birincil kök çıkar ve kotiledonları toprak yüzeyine çekilir.
	VC (Kotiledon Dönemi)	Kotiledonlar, bitkinin besin ihtiyacını karşılar. Kotiledon kaybı gelişimi olumsuz etkiler (%8-9 verim kaybı).
	V1 (İlk Gerçek Yapraklar)	İlk üç gerçek yaprak gelişir. Fotosentez başlar, kök gelişimi aktifleşir.
	V2 Devresi	İki hakiki yaprak oluşur, köklerde azot fiksasyonu başlar. <i>Rhizobium japonicum</i> bakterileri aktifleşir. Yan kök gelişimi hızlanır. Bitki boyu 15-20 cm
	V3-V5	Çiçek tomurcukları belirir. Yandal sayısı artabilir. Çiçek tomurcukları boğumlarda gelişmeye başlar. Bitki boyu V3:18-23cm V5:25-30cm
	V6-Vn	Yeni boğumlar gelişir. %50 yaprak kaybı verimi %3 etkiler. Boğum oluşumu devam eder. Bitki Boyu:30-35 cm
GENERATİF	R1 (Çiçeklenme Başlangıcı)	Çiçeklenme başlar. Ana sap üzerindeki herhangi bir boğumda bir çiçek bulunur. Çiçekler genellikle 3-6. boğumlarda oluşur. Bitki Boyu:40-45 cm
	R2 (Tam Çiçeklenme)	Çiçeklenme tamamlanır. Ana sap üzerindeki en üst iki boğumdan birinde çiçek bulunur. Soya bu devrede toplam besin ve kuru madde birikiminin %25'ini gerçekleştirmekte, olgunluk ağırlığının ve toplam boğum sayısının %50'sine ulaşmaktadır. Kök nodülleri ile nitrojen fiksasyonu hızla artmaktadır. Bu devrede maksimum seviyeye ulaşan N, P, K alımı ve kuru madde birikimi, R6 devresine kadar devam etmektedir. Bu aşamada dolu, böcekler veya hastalık nedeniyle bitki yapraklarının %50'ye varan kaybı, verim potansiyelini %6 oranında azaltabilir. Bitki Boyu: 45-55cm
	R3 (Bakla Oluşumunun Başlaması)	Baklalar 5 mm uzunluğuna ulaşır. Ana sap üzerindeki son dört boğumdan birinde 5 mm uzunluğunda bir bakla bulunur. Bu aşamadaki sıcaklık veya nem stresi, bakla sayısını, bakla başına tohum sayısını veya tohum boyutunu azaltabilir ve bu da verim potansiyelini azaltabilir. Bitki Boyu:60-80 cm
	R4 (Hızlı Bakla Oluşumu)	Baklalar hızlıca gelişir. Ana sap üzerindeki son dört boğumdan birinde 2 cm uzunlukta bir bakla bulunur. Tohumlar şekillenmeye başlar. Bu evre tohum verimi açısından kritiktir.
	R5 (Tohum Oluşumu Başlangıcı)	Tohum dolmaya başlar. Ana sap üzerindeki son dört boğumdan birinde 3 mm uzunlukta bir tohum bulunur. Tohum doldurma için gerekli besinlerin yaklaşık yarısı bitkinin vejetatif kısımlarından ve yaklaşık yarısı N fiksasyonundan ve kökler tarafından besin alımından gelir. Bu aşamadaki stres, bakla sayısını, bakla başına tohum sayısını, tohum boyutunu ve verim potansiyelini azaltabilir. Bitkiler bu aşamada maksimum yüksekliğe, boğum sayısına ve yaprak alanına ulaşır.
	R6 (Maksimum Tohum Oluşumu)	Tohumlar maksimum ağırlığa ulaşır. Ana sap üzerindeki son dört boğumdan birinde meyve içini dolduran yeşil bir tohuma sahip bir bakla bulunur. Tohumlar besin depolar; besin taşıma süreci başlar.
	R7 (Fizyolojik Olgunluk)	Baklalar olgunlaşır. Ana sap üzerinde olgunluk rengini almış bir bakla bulunur. Sararma başlar, olgunlaşma dönemine geçilir.
	R8 (Hasat Olgunluğu)	Baklaların %95'inin olgunluk rengini alır. Yapraklar dökülür, tohumların nem içeriği %15'in altına düşer. Hasat için optimal dönemdir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma Alanının Tanımı ve Toprak Özellikleri

Çalışma 2023 yılında Mersin ili Tarsus ilçesinin yaklaşık 10 km güney doğusunda yer alan Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nün Toprak ve Su Kaynakları Lokasyonu arazisinde yürütülmüştür.



Şekil 3. 1. Çalışma alanının konumu (17.05.2023 Google Earth)

Arazinin eğimi % 0-1 arasında olup, alanda taşlılık, toprak erozyonu, göllenme riski bulunmamaktadır. Arazinin vasfı tarla olup, sulu tarım arazisidir (Kara ve ark., 2023). Aşağı Seyhan Ovası'nda büyük alanlar kaplayan Arıklı toprak serisi içerisinde yer alan çalışma alanı toprakları, alüvyal dolgular üzerinde gelişmiştir (Dinç ve ark, 1990).

Araştırma yeri toprak özellikleri Çizelge 3.1. 'de verilmiş olup yapılan analiz sonuçları Lindsay ve Norwell (1969), FAO (1990), TOVEP (1991) ve Güneş ve ark. (1996) tarafından yapılan çalışma sonuçlarına göre değerlendirilmiştir. Buna göre çalışma alanı toprağı hafif alkali reaksiyona sahip, kireç içeriğı çok fazla ve organik maddece fakir ve ağır bünyelidir. Tuzluluk sorunu olmayan çalışma alanı toprağı besin elementi bakımından değerlendirildiğinde ise K ve Mg konsantrasyonu 0-30 cm derinlikte fazla iken 30-60 cm ve 60-90 cm derinlikte yeterli düzeydedir. Ca konsantrasyonu analizi yapılan tüm toprak derinliklerde fazladır. Toprağın P konsantrasyonu 0-30 cm derinlikte az, diğer derinliklerde çok azdır. Tüm derinliklerde Mn ve Zn konsantrasyonu az, Fe konsantrasyonu fazla, Cu konsantrasyonu yeterli düzeydedir.

Çizelge 3.1.Çalışma alanı toprağının kimyasal ve fiziksel özellikleri

Analizler	Derinlik(cm)		
	0-30	30-60	60-90
pH	7.91	7.72	7.70
E.C. (d S/m)	0.787	1.234	1.230
Kireç (%)	27.23	28.09	35.07
O.M (%)	1.23	1.06	0.69
K (mg kg ⁻¹)	468	297	273
P (mg kg ⁻¹)	5.0	2.4	0.9
Ca (mg kg ⁻¹)	5526	5449	5060
Mg (mg kg ⁻¹)	519	478	412
Fe (mg kg ⁻¹)	7.00	7.95	7.47
Cu (mg kg ⁻¹)	1.70	1.80	1.04
Zn (mg kg ⁻¹)	0.48	0.42	0.25
Mn (mg kg ⁻¹)	5.60	6.70	6.20
Kil %	48.85	48.81	33.61
Silt %	45.05	33.72	38.19
Kum %	6.10	17.47	28.20
Bünye Sınıfı	Si C	C	CL

3.1.2. Çalışmada Kullanılan Bitkisel Materyal ve Özellikleri

Çalışmada Çukurova Bölgesi'nde yaygın olarak üretimi yapılan özel bir tohum firmasının ıslah ettiği Lider soya çeşidi kullanılmıştır. Birinci ve ikinci üründe yüksek verim potansiyeline sahip bu çeşidin çiçek rengi beyaz, bitki boyu 100-115 cm, yağ oranı %21-22, protein oranı ise % 34 - 36 arasında değişmektedir. Çeşit yatma, dökme ve hastalıklara toleranslıdır (Anonim, 2024).

3.1.3. Çalışma Alanının İklim Özellikleri

Çalışma alanı, yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılıman ve yağışlı olduğu tipik Akdeniz ikliminin etkisi altındadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan araştırma alanı uzun yıllık iklim verileri ve araştırma yılına ait iklim verileri Çizelge 3. 2 ve Çizelge 3. 3 de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Çalışma alanı uzun yıllara ait ortalama iklim verileri

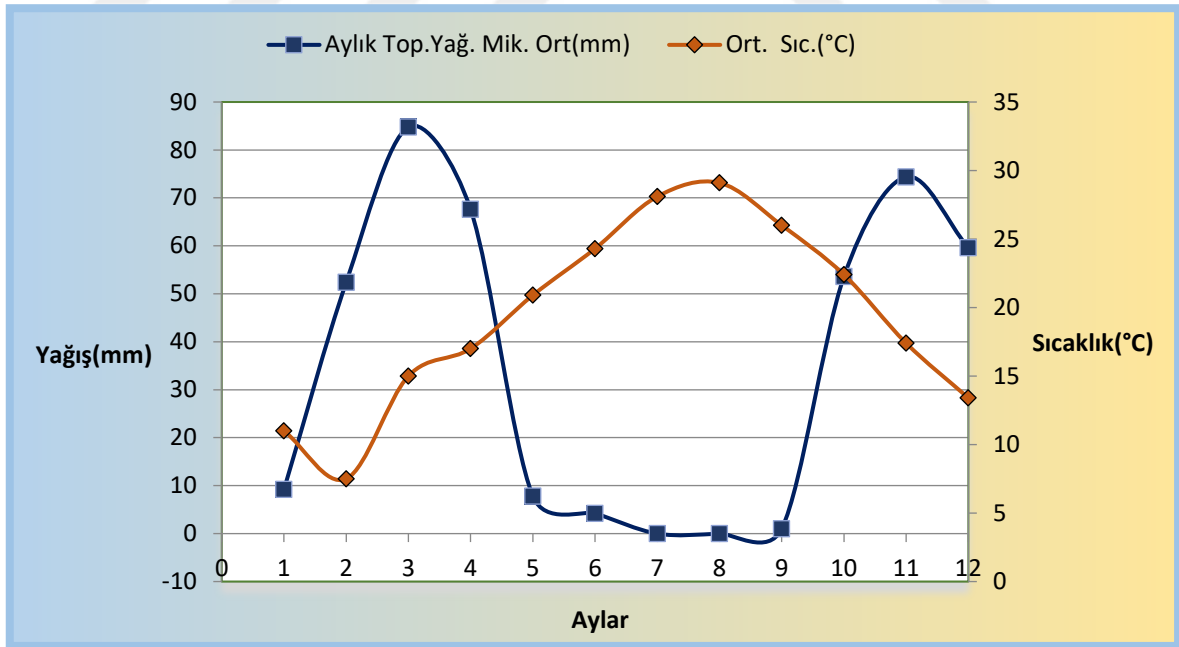
Tarsus	Oc.	Şub.	Ma.	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağu.	Ey.	Ek.	Ka.	Ara.	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1951- 2023)													
Ort. Sıc. (°C)	9.2	10.0	12.7	17.0	21.2	24.9	27.2	27.2	24.7	20.5	15.0	10.7	18.4
Ort. En. Yük. Sıc.(°C)	28.4	25.5	30.3	36.7	40.3	40.1	41.1	43.0	41.0	39.3	33.5	27.6	43.0
Ort. En. Düş. Sıc. (°C)	-8.5	-8.2	-9.6	0.8	4.0	11.7	14.0	13.7	8.0	2.0	-6.1	-6.2	-9.6
Aylık Top. Yağ. Mik. Ort(mm)	116.0	79.1	63.3	41.4	31.3	16.5	8.7	5.2	12.3	40.6	84.3	139.4	638.1
Ort. Yağ. Gün Sayısı	9.57	8.88	7.92	6.18	4.80	2.14	0.65	0.49	1.65	4.47	6.41	9.12	62.28

Çalışma alanı uzun yıllara ait iklim verileri incelendiğinde ortalama en yüksek sıcaklık 43°C ile Ağustos ayında gerçekleşmiş olup en düşük sıcaklık ise -9 °C ile Mart ayında gerçekleşmiştir. Aylık toplam yağış miktarı ortalamasına bakıldığında ise en az yağış 5.2 mm olarak Ağustos ayında düşerken en fazla yağış ise 139.4 mm olarak Aralık ayında düşmüştür.

Çizelge 3.3. Çalışma Alanı 2023 Yılı İklim Verileri

Tarsus	Oc.	Şub.	Ma.	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağu.	Ey.	Ek.	Ka.	Ara.
Ort. Sıc. (°C)	11.0	7.5	15.0	17.0	20.9	24.3	28.1	29.1	26.0	22.4	17.4	13.4
Ort. En. Yük. Sıc.(°C)	21.5	27.3	28.1	31.4	35.4	33.2	37.7	41.2	34.9	33.6	29.1	24.0
Ort. En. Düş. Sıc.(°C)	-0.3	-3.3	3.3	2.7	9.7	16.4	17.4	19.8	14.2	14.1	3.5	4.0
Aylık Top. Yağ. Mik. Ort.(mm)	9.2	52.4	84.8	67.6	7.8	4.2	0.0	0.0	1.0	53.6	74.4	59.6

Çalışma alanına ait 2023 iklim verileri incelendiğinde ortalama en yüksek hava sıcaklığı 41.2°C ile Ağustos ayında, en düşük hava sıcaklığı ise -3.3 °C ile Şubat ayında ölçülmüştür. Aylara göre toplam yağış miktarlarına bakıldığında 74.4 mm ile en fazla yağış kasım ayında düşmüştür. Temmuz ve Ağustos aylarında yağış gerçekleşmemiştir. Çalışmanın yürütüldüğü Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında toplam 1 mm yağış gerçekleşmiştir.



Şekil 3.2. Çalışma alanının 2023 yılı ortalama yağış ve sıcaklıklarının aylara göre dağılımı

3.1.3. Çalışma Alanı Toprak Hazırlığı

Çalışma alanında bulunan ön bitki buğday 05.06.2023 tarihinde hasat edilmiş ve 11.06.2024 tarihinde toprak işleme yapılmıştır. Daha sonra sırtlar oluşturularak deneme alanı toprağı ekime hazır hale getirilmiştir.

3.1.4. Tohuma Bakteri Aşılması ve Ekim İşlemi

Soya tohumlarına ekimden hemen önce serin ve gölge bir yerde bakteri (*Rizobium Japonicum*) aşılması yapılmıştır. Ekim işlemi 26.06.2023 tarihinde 2. ürün olarak sıra aralığı 70 cm sıra üzeri 2-3 cm ve dekara 9 kg tohum olacak şekilde mibzerle gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. 3. Tohuma bakteri aşılmasına ait fotoğraflar



Şekil 3. 4. Deneme alanında soya ekim işlemine ait fotoğraflar

3.1.5. Temel gübreleme ve Sulama

Temel gübreleme olarak ekimle birlikte dekara 16 kg DAP (% 18 - % 46 - 0) gübresi uygulanmıştır. Üst gübreleme yapılmamıştır. Sulamalar DSİ (Devlet Su İşleri) kanalından temin edilen su ile yağmurlama ve damla sulama sistemi ile yapılmıştır.



Şekil 3. 5. Deneme alanında sulama sistemine ait fotoğraflar

3.1.6. Hastalık, Zararlı ve Yabancı Ot Mücadelesi

Denemede fungal hastalıklar, beyaz sinek ve kurt zararlıları için ilaçlama yapılmış, deneme alanında görülen yabancı otlar (geliç, tarla sarmaşığı, semizotu) ise elle ve çapa ile kontrol altına alınmıştır.



Şekil 3.6. Çalışma alanında görülen yabancı ot ve zararlılara ait fotoğraflar

3.2. Metot

3.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması ve Analize Hazırlanması

Çalışma alanından ekimden önce usulüne uygun bir şekilde 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm derinlikten alınan toprak örnekleri polietilen torbalara koyulmuştur. Laboratuvara getirilen toprak örnekleri temiz bir ortamda hava kurusu hale getirilmiştir. Daha sonra öğütülüp 2 mm' lik elekten geçirilerek analizlere hazır hale getirilmiştir.

3.2.2. Toprak Analiz Yöntemleri

Organik Madde: Modifiye Walkley-Black metoduna göre belirlenmiştir (Tüzüner, 1990).

E. C. (Elektriksel İletkenlik): Saturasyon ekstraktında 25 °C’de elektriksel iletkenliğin kondaktivimetre cihazı ile ölçülmesiyle belirlenmiştir (Richards, 1954).

Toprak reaksiyonu (pH): Richards (1954)’de belirtilen esaslara göre, saturasyon macununda pH metre cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

Toprak Tekstürü: Bouyoucos (1951) hidrometre yöntemine göre yapılmıştır. Tekstür sınıfları Soil Survey Manual' a (1951) göre belirlenmiştir.

Kireç (%): Scheibler kalsimetresi ile tayin edilmiştir (Çağlar,1949).

Alınabilir K, Ca, Mg: 1 N Amonyum Asetat (pH=7.0) yöntemine göre ICP cihazında belirlenmiştir (Kacar,2016).

Alınabilir P: 0.5 N NaHCO₃⁻ (pH 8,5) kullanılarak Olsen metoduna göre belirlenmiştir (Tüzüner, 1990).

Ekstrakte Edilebilir Fe, Cu, Zn, Mn: DTPA yöntemi (Lindsay ve Norvell, 1978) kullanılarak ICP (Industively Coupled Plasma) cihazında belirlenmiştir.

3.2.3 Denemenin Kurulması ve Uygulamalar

Çalışma, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Parselasyon, parsel uzunluğu 5 m ve her parselde 6 bitki sırası olacak şekilde yapılmış, tekerrürler arası 3 m ve parseller arası 1.4 m olacak şekilde boşluk bırakılmıştır.



Şekil 3.7 . Deneme parsellerine ait görüntüler

Denemede 3 farklı gübre kaynağı ZnSO₄ 7.H₂O (% 21 Zn), Zn-EDTA (%15) ve ZnCl₂ (% 50 Zn) ve topraktan, yapraktan, topraktan ve yapraktan olmak üzere 3 uygulama yöntemi kullanılmıştır.

Topraktan çinko uygulamaları ekimden hemen önce 25.06.2023 tarihinde 1 kg da⁻¹ miktarındaki çinko gübrelerinin çeşme suyunda çözülüp, sırt pompası ile toprağa püskürtülerek parselin tamamını ıslatılıp sonra toprağın karıştırılması şekilde bir kez yapılmıştır.

Yapraktan çinko uygulamaları ise soya bitkisinin ilk çiçeklenme (R1) döneminde (Acar, 2019) 26.07.2023 tarihinde ve hızlı bakla (R4) oluşumu döneminde (Oliveria ve ark., 2019) 22.08.2023 tarihinde olmak üzere toplam iki kez, % 0.01 oranında yayıcı yapıştırıcı kullanılarak hazırlanan % 0.2 oranında hazırlanan gübre solüsyonlarının yaprakları iyice ıslatacak şekilde sırt pompası ile yapılmıştır. Uygulamalar özellikle rüzgarın olmadığı saatlerde yapılmıştır. Yaprak uygulamalarından önce parsellere ne kadar gübre solüsyonu kullanılacağı tespit edilmiştir. Bunun için deneme parseli büyüklüğündeki deneme dışı soya alanına, yaprakları iyice ıslatacak şekilde su püskürtülmüş ve harcanan su miktarı belirlenmiştir. Yaprak uygulaması yapılacak parsellere belirlenen su miktarı kadar gübre solüsyonu uygulanmıştır. R1 döneminde yaprak uygulamaları için parsellere 1.5 litre gübre solüsyonu kullanılmıştır. Gübre solüsyonları 3g gübrenin bir miktar suda çözülüp 1.5 litreye tamamlanması şeklinde hazırlanmıştır. R4 döneminde ise parsellere 2 litre gübre solüsyonu kullanılmıştır. Gübre solüsyonları 4 g gübrenin bir miktar suda çözülüp 2 litreye tamamlanması şeklinde hazırlanmıştır.



Şekil 3. 8. Topraktan ve yapraktan gübre uygulamalarına ait fotoğraflar

DENEME DESENİ

<u>1.BLOK</u>	<u>2. BLOK</u>	<u>3.BLOK</u>	<u>4.BLOK</u>
K	Y _{Zn1}	(T+Y) _{Zn1}	T _{Zn1}
T _{Zn1}	Y _{Zn2}	(T+Y) _{Zn2}	T _{Zn2}
T _{Zn2}	Y _{Zn3}	(T+Y) _{Zn3}	T _{Zn3}
T _{Zn3}	K	Y _{Zn1}	(T+Y) _{Zn1}
(T+Y) _{Zn1}	T _{Zn1}	Y _{Zn2}	(T+Y) _{Zn2}
(T+Y) _{Zn2}	T _{Zn2}	Y _{Zn3}	(T+Y) _{Zn3}
(T+Y) _{Zn3}	T _{Zn3}	K	Y _{Zn1}
Y _{Zn1}	(T+Y) _{Zn1}	T _{Zn1}	Y _{Zn2}
Y _{Zn2}	(T+Y) _{Zn2}	T _{Zn2}	Y _{Zn3}
Y _{Zn3}	(T+Y) _{Zn3}	T _{Zn3}	K

Uygulamalar

K (Kontrol): Temel gübrelemenin yapıldığı ancak ne topraktan ne de yapraktan Zn gübrelemesinin yapılmadığı uygulamalar

T_{Zn1}: Topraktan dekara 1 kg ZnSO₄ gübre uygulaması

T_{Zn2}: Topraktan dekara 1 kg Zn-EDTA gübre uygulaması

T_{Zn3}: Topraktan dekara 1 kg ZnCl₂ gübre uygulaması

Y_{Zn1}: Yapraktan % 0.2' lik ZnSO₄ gübre uygulaması

Y_{Zn2}: Yapraktan % 0.2' lik Zn-EDTA gübre uygulaması

Y_{Zn3}: Yapraktan % 0.2' lik ZnCl₂ gübre uygulaması

(T+Y)_{Zn1}: Topraktan 1 kg da⁻¹ ZnSO₄ gübre uygulaması ve yapraktan % 0.2' lik ZnSO₄ gübre

(T+Y)_{Zn2}: Topraktan 1 kg da⁻¹ Zn-EDTA gübre uygulaması ve yapraktan % 0.2' lik Zn-EDTA gübre uygulaması

(T+Y)_{Zn3}: Topraktan 1 kg da⁻¹ ZnCl₂ gübre uygulaması ve yapraktan % 0.2' lik Zn-EDTA gübre uygulaması

Şekil 3.9. Deneme deseni ve uygulamalar

3.2.3. Bitki Örneklerinin (Yaprak ve Dane) Alınması ve Analize Hazırlanması

R3 döneminin sonunda R4 döneminin hemen öncesinde (16.08.2023) gelişimini tamamlamış üst kısımdan üçüncü boğumda bulunan üçlü yapraklar (Jones ve ark., 1991) ile vejetatif gelişmenin son aşamasında (08.09.2023) genç sürgünlerden alınan yaprak örnekleri Kacar (1972)' a göre önce çeşme suyu, daha sonra seyreltik asitli su ve saf su ile yıkama işleminin ardından 65°C 'deki etüvde 48 saat kurutulduktan sonra öğütme işlemlerine tabii tutularak analize hazır duruma getirilmiştir.

Deneme sonunda hasat parsellerinden örneklenmiş daneler değirmende öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir.



Şekil 3. 10. Bitki örneklerinin alınması ve analize hazırlanmasına ait fotoğraflar

3.2.4. Bitki (Yaprak, Dane) Analiz Yöntemleri

Çinko (Zn): Yaprak ve dane örneklerinin yaş yakma metodu yakılması sonucu elde edilen ekstraktlarda ICP cihazı ile belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

Azot (N): Kjeldahl yöntemi ile belirlenmiştir (Kacar, 1995).

3.2.5. Hasat

Deneme parsellerinde bulunan 6 bitki sırasının kenarlardan birer sıra, parsel başlarından ve sonlarından ise 0,5m kenar tesiri olarak alınıp ortada kalan dört sıra hasat edilmiştir (24.10.2023).



Şekil 3.11. Hasat parsellerine ait fotoğraflar

3.2.6. Çalışmada İncelenen Özellikler

Dane Verimi (kg da⁻¹): Her parselde hasat olgunluğuna gelen bitkiler elle hasat edilip, taneler baklardan ayrılmıştır. Taneler tartılıp verimler belirlenmiştir. Daha sonra dekara verim hesaplanmıştır.

Bitkide Kuru Madde Miktarı (Biyomass) (kg da⁻¹): Deneme parsellerinden alınan bitki örneklerinin etüvde 65 °C’de 48 saat bekletilerek tartılmasıyla belirlenmiş ve kg da⁻¹ olarak çevrilmiştir.

Kalite Özellikleri

Ham Yağ Oranı: Her parselde hasat edilen bitkilerden elde edilen tohum örneklerinin yağ oranı, N I R (Near Infrared Reflectance) cihazıyla belirlenmiştir.

Ham Yağ Verimi (kg da⁻¹): Dane verimi ve yağ oranı değerleri kullanılarak aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Yağ verimi (kgda}^{-1}\text{)} = \text{Dane verimi (kg da}^{-1}\text{)} \times \text{Yağ oranı (\%)}$$

Dane Protein Oranı: Danede protein oranı, NIR cihazıyla belirlenmiştir.

Dane Protein Verimi: Dane verimi ve protein oranı değerleri kullanılarak aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Yağ verimi (kg da}^{-1}\text{)} = \text{Dane verimi (kg da}^{-1}\text{)} \times \text{Protein Oranı (\%)}$$

Morfolojik Özellikler

Her parselin kenar tesirleri atıldıktan sonra hasat alanından rastgele sökülen 10’ar bitkide; Acar (2019)’ın belirttiği yöntemlere göre aşağıdaki ölçümler yapılmıştır.

Bitki Boyu (cm): Vejetatif gelişmelerini tamamlayan bitkilerin toprak yüzeyinden en tepe noktası arasındaki mesafe metre ile ölçülüp ortalamaları alınarak belirlenmiştir.

İlk Bakla Yüksekliği (cm): Vejetatif gelişmelerini tamamlayan bitkilerin toprak yüzeyinden ilk baklanın çıktığı yere kadar mesafe metre ile ölçülüp ortalamaları alınarak belirlenmiştir.

Bitkide Bakla Sayısı (adet): Hasat olgunluğuna gelen bitkilerin her birinin baklaları sayılıp ortalamaları alınarak belirlenmiştir.

Baklada Tane Sayısı (adet): Hasat olgunluğuna gelen bitkilerin her birinin taneler sayılıp ortalamaları alınarak “adet/bakla” olarak belirlenmiştir.

Bitkide Tane Sayısı (adet): Hasat olgunluğuna gelen bitkilerin her birinin üzerinde bulunan tohumlar sayılıp ortalamaları alınarak “adet/bitki” olarak belirlenmiştir.

100 Tane Ağırlığı (g): Parsellerden elde edilip kurutulmuş tanelerden 100 adet tane sayılıp tartılıp ortalamaları alınmıştır.



Şekil 3.12. Ölçümlerle ilgili bazı fotoğraflar

3.2.7. İstatistiksel Analizler

Çalışma süresince yapılan ölçümler neticesinde elde edilen veriler JUMP paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuştur. Varyans analizi sonucunda istatistiki olarak anlamlı bulunan parametreler çoklu karşılaştırma testi LSD (Least Significant Difference) ile test edilmiştir. Çalışmada ele alınan tüm parametreler için yapılan istatistiki analiz sonuçlarına göre değerlendirmelerde bulunulmuştur.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

2023 yılında Çukurova koşullarında tarla denemesi şeklinde yürütülen çalışmada farklı çinko kaynakları ve uygulama yöntemlerinin soya bitkisinin verim, kalite özellikleri ve bazı besin elementlerinin alınımına etkileri belirlenmiştir.

4.1. Bulgular

4.1.1. Dane Verimi (kg da⁻¹)

Çalışmada kontrol uygulamasına göre farklı Zn uygulama metotları ve farklı Zn kaynaklarının dane verimi üzerinde etkisinin olmadığı gözlenmiştir. Örneğin farklı Zn kaynakları dikkate alındığında tüm Zn uygulama metotlarına göre kontrol, ZnCl₂, ZnSO₄, Zn-EDTA gübre uygulamalarından elde edilen dane verimlerinin sırayla 426, 415, 404, 399 kg da⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Bu verilere göre kontrol uygulaması dışında en yüksek ortalama dane verimi ZnCl₂ gübresi uygulamasında elde edilmiştir. En düşük verim değerlerine ise Zn-EDTA uygulamasında olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4. 1.)

Çinko kaynaklarının soyanın dane veriminde etkili olmama durumunun topraktan, yapraktan ve toprak+yapraktan Zn uygulama metotlarında da geçerli olduğu görülmüştür. Topraktan, yapraktan ve toprak+yapraktan Zn uygulama metotlarında ortalama dane veriminin sırasıyla 414, 411 ve 406 kg da⁻¹ olduğu, bu değerlerin kontrol uygulamasından (426 kg da⁻¹) daha düşük olduğu bulunmuştur. Bu bulgular dışında hem Zn kaynağı hemde uygulama metodu birlikte dikkate alındığında kontrol uygulamasından daha yüksek verim değerleri tüm uygulamalar içinde yalnızca topraktan ZnCl₂ uygulamasında olduğu saptanmıştır. Kontrol uygulamasına göre (426 kg da⁻¹) topraktan ZnCl₂ uygulamasından kaynaklı (429 kg da⁻¹) dane verim artışının yaklaşık %0.7 düzeyinde olduğu belirlenmiştir. Bu artışın istatistiksel olarak önemsiz olduğu görülmüştür (Çizelge 4.2).

Elde edilen bu bulgular dışında çalışma içinde en düşük ortalama dane verim değerlerinin toprak+yaprak uygulamasında olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.1). Ayrıca, tek başına yaprak uygulamasının topraktan uygulamaya göre verim değerlerinin düşük olması, olasılıkla çalışma alanında tek başına veya toprak uygulamasına ilave yapılan yapraktan Zn'nun ya uygulama dozunun ya da uygulama zamanının soyanın büyüme ve veriminde önemli olabileceğini işaret etmektedir.

Çizelge 4. 1. Zn Uygulamalarının Dane Verimine Etkisi

Dane Verimi (kg da ⁻¹)						
Uyg. Yön.	Zn Kay.					
	Kontrol	ZnSO ₄	ZnCl ₂	Zn-EDTA	ort.	
T	426 ± 43.6	406 ± 19.9	429 ± 18.2	396 ± 14.7	414	
Y	426 ± 43.6	416 ± 33.1	394 ± 8.6	410 ± 30.7	411	
T+Y	426 ± 43.6	389 ± 23.5	421 ± 19.6	390 ± 43.9	406	
ort	426	404	415	399		

Zn Kay.: Çinko Kaynakları Uyg. Yön.: Uygulama Yöntemi ort.: ortalama

T: Toprakdan Uygulama Y: Yapraktan Uygulama T+Y: Toprakdan ve Yapraktan Uygulama

Çizelge 4. 2. Dane verimine ait varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	F Değeri	Önem Derecesi (P)
Tekerrür	3	1.5712	0.2631
Zn Kaynağı	3	1.0780	0.4064
Tekerrür x Zn Kaynağı & Random	9	3.3203	0.0090
Yöntem	2	0.4788	0.6253
Yöntem x Zn Kaynağı	6	1.5544	0.2036

4.1.2. Bitkide Kuru Madde Miktarı (Biyomass):

Çalışmada uygulanan gübre kaynakları değerlendirildiğinde, kontrol, ZnSO₄, ZnCl₂ ve Zn-EDTA uygulamalarına ait bitki kuru madde miktarları sırasıyla 1233, 1212, 1323 ve 1260 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.3). En yüksek bitki kuru madde miktarı ZnCl₂ gübresi uygulamasından en düşük bitki kuru madde miktarı ZnSO₄ gübre uygulamasından elde edilmiştir. Kontrol uygulamasına kıyasla ZnCl₂ ve Zn-EDTA gübre uygulamaları bitki kuru madde miktarında sırayla % 7.3 ve % 2.2 oranında bir artış sağlamıştır.

T, Y, T+Y uygulamalarında ortalama bitki kuru madde miktarları sırasıyla 1217, 1296, 1267 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir. T uygulamasına kıyasla Y uygulamasında bitki kuru madde miktarı % 6.5 oranında daha fazla olurken aynı oran T+Y uygulamasında % 4.1 olmuştur.

Tüm uygulamalar incelendiğinde en yüksek bitki kuru madde miktarı (1444 kg da⁻¹) ZnCl₂ gübresinin Y uygulamasından elde edilmiştir. En düşük bitki kuru madde miktarı ise ZnSO₄'ün T uygulamasından elde edilmiştir. Kontrol uygulamasına kıyasla ZnCl₂ gübresinin Y uygulaması bitki kuru madde miktarında % 7.1 oranında bir artış sağlamıştır.

Çizelge 4. 3. Çinko uygulamalarının Bitki Kuru Madde Miktarına Etkisi

Bitkide Kuru Madde Miktarı (kgda ⁻¹)					
Uyg. Yön.	Zn Kay.				ort.
	Kontrol	ZnSO ₄	ZnCl ₂	Zn-EDTA	
T	1233 ± 154	1182 ± 100	1246 ± 275	1208 ± 85	1217
Y	1233 ± 154	1208 ± 286	1444 ± 190	1293 ± 264	1296
T+Y	1233 ± 154	1246 ± 163	1278 ± 150	1313 ± 138	1267
Ort.	1233	1212	1323	1260	

Çalışmada Zn uygulamalarının bitki kuru madde miktarında artış sağladığı ancak yapılan varyans analizi neticesinde bu artışın Zn kaynakları, uygulama yöntemleri ve yöntem x kaynak interaksyonu bakımından istatistik olarak önemli olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4. 4. Bitki Kuru Madde Miktarına Ait Varyans Analiz Tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	F Değeri	Önem Derecesi (P)
Tekerrür	3	3.4978	0.0629
Zn Kaynağı	3	0.4968	0.6936
Tekerrür x Zn Kaynağı & Random	9	3.0630	0.0137
Yöntem	2	1.6569	0.2118
Yöntem x Zn Kaynağı	6	0.5835	0.7399

Farklı uygulama metotlarının soyada dane verimi ve bitki biyoması üzerine olan etkilerinin birbirinden farklılıklar gösterdiği gözlenmiştir. En yüksek dane verimi topraktan Zn uygulamasında elde edilirken, en yüksek bitki biyoması verimi ise yapraktan Zn uygulamasında elde edilmiştir. Bitki biyomas veriminde topraktan Zn uygulamasının kontrol uygulamasından dahi düşük verimlere yol açması dikkat çekici olmuştur. Bu durum soyada vegetatif büyüme döneminde yağışların neredeyse olmamasından kaynaklı bitkinin topraktan Zn alımının düşmesi, buna karşılık yapraktan Zn'nun vegetatif büyümeyi teşvik ettiğine yönelik bulguları ortaya koymaktadır.

4.1.3. Zn Uygulamalarının Soya Bitkisinin Kalite Özelliklerine Etkisi

4.1.3.1. Dane Ham Yağ Oranı (%)

Soyada kalite parametrelerinden olan dane ham yağ oranı üzerine Zn'nun önemli bir etkisi olduğu gözlenmiştir. Çinko uygulama yöntemlerini dikkate almaksızın Zn kaynaklarına göre kontrol, ZnSO₄, Zn-EDTA ve ZnCl₂ gübre kaynaklarında ham yağ oranlarının sırasıyla % 22.5, % 23, % 23 ve % 22.5 olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.5). Söz konusu verilere göre, en yüksek ham yağ oranı değerleri ZnSO₄, bunu sırasıyla Zn-EDTA ve ZnCl₂ kaynağının izlediği anlaşılmıştır. Çalışmada elde edilen bir başka bulgu kontrol uygulamasına kıyasla ZnSO₄, Zn-EDTA ve ZnCl₂ gübre formlarından

kaynaklanan ham yağ oranında artışın sırayla % 3.7, % 2.9, % 0.85 olduğu bulunmuştur. Söz konusu Zn gübre formlarının ham yağ artışı üzerine etkisinin istatistiksel olarak $p < 0.05$ düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.6) Bu bulguya karşılık kontrol uygulamasına göre Zn uygulama yöntemlerinin dane ham yağını arttırdığı, ancak bu artışların istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4. 6). Çinko uygulama yöntemlerinde en yüksek dane ham yağı oranı topraktan Zn uygulamasında %22.85 değeriyle elde edilmiş olup bunu sırasıyla % 22.79 değeriyle T+Y ve % 22.66 değeriyle yapraktan Zn uygulaması izlemiştir. Her Zn uygulama metodunda gübre kaynaklarının ham yağ oranı üzerine olan etkisinin farklı olduğu, topraktan Zn'da en yüksek ham yağ oranının EDTA'ya (%23.30), yapraktan Zn'da $ZnSO_4$ 'a (%23.05) ve toprak+yaprakta ise yine $ZnSO_4$ 'a (%23.33) ait olduğu bulunmuştur (Çizelge 4. 5). Elde edilen bu sonuçlar, soyada ham yağ konsantrasyonunu artırma da en etkin Zn kaynağının $ZnSO_4$ olduğunu ortaya koymuştur.

Çizelge 4. 5. Çinko Uygulamalarının Ham Yağ Oranına Etkisi

Uyg. Yön.	Ham Yağ Oranı (%)				ort
	K	$ZnSO_4$	$ZnCl_2$	Zn-EDTA	
T	22.35 ± 0.42	23.15 ± 0.39	22.60 ± 1.10	23.30 ± 0.54	22.85
Y	22.35 ± 0.42	23.05 ± 0.31	22.38 ± 0.56	22.85 ± 0.70	22.66
T+Y	22.35 ± 0.42	23.33 ± 0.43	22.65 ± 0.65	22.85 ± 0.54	22.79
ort	22.35	23.18	22.54	23.00	

LSD_{0.05}(Zn kay.): 0.60

Çizelge 4.6. Ham Yağ Oranına Ait Varyans Analiz Tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	F Değeri	Önem Derecesi (P)
Tekerrür	3	0.4420	0.7287
Zn Kaynağı	3	4.2309	0.0401*
Tekerrür x Zn Kaynağı & Random	9	1.3357	0.2709
Yöntem	2	0.5042	0.6103
Yöntem x Zn Kaynağı	6	0.2901	0.9358

* $P < 0.05$ 0.05 düzeyinde önemliliği belirtir.

4.1.3.2. Ham Yağ Verimi (kg da⁻¹)

Soyada dane verimi ve yağ oranının çarpılmasıyla belirlenen ham yağ verimi üzerine Zn'nun belirgin bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir. Çalışmada kontrol uygulamasında (Zn ilave edilmemiş) soyanın ham yağ veriminin 95.04 kg da⁻¹ olduğu buna karşılık $ZnSO_4$, $ZnCl_2$ ve ZnEDTA şeklinde gübrelenen soyada ortalama ham yağ veriminin sırasıyla 91.99, 93.62 ve 89.91 kg da⁻¹ olduğu saptanmıştır (Çizelge 4. 7). Sonuçlar, Zn gübre kaynaklarının soyada ham yağ verimi üzerine herhangi bir olumlu etkisinin olmadığını ortaya koymaktadır. Ancak çalışma içinde kontrol

uygulamasından (95.04 kg da⁻¹) daha büyük ham yağ değerlerinin yalnızca ZnCl₂ uygulamasının yaprak (95.31 kg da⁻¹) ve toprak+yaprak (95.42 kg da⁻¹) uygulamasından elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4. 7). Bu bulgulara dane ham yağ verimi üzerine ham yağ oranından çok daha çok dane veriminin önemli olabileceğine işaret etmektedir.

Çalışmada inorganik Zn (ZnSO₄, ZnCl₂) kaynakları ile yapılan uygulamalardaki ham yağ verimlerinin organik Zn kaynağı (Zn-EDTA) ile yapılan uygulamaya göre daha fazla olduğu belirlenen diğer önemli bir bulgudur.

Çalışmada Zn uygulama metodlarının soyada ham yağ verimi üzerine etkisinin önemsiz olduğu (Çizelge 4.8), en yüksek ortalama ham yağ verim değerlerine yaprak uygulamasında (93.81 kg da⁻¹), en düşük değere ise toprak uygulamasında (91.58 kg da⁻¹) rastlanılmıştır (Çizelge 4. 7)

Çizelge 4. 7. Çinko Uygulamalarının Ham Yağ Verimine Etkisi

Uyg. Yön.	Ham Yağ Verimi (kg da ⁻¹)				ort
	K	ZnSO ₄	ZnCl ₂	Zn-EDTA	
T	95.04 ± 8.99	93.87 ± 3.20	90.13 ± 10.05	87.28 ± 8.80	91.58
Y	95.04 ± 8.99	91.29 ± 11,45	95.31 ± 13.12	93.61 ± 6.23	93.81
T+Y	95.04 ± 8.99	90.81 ± 5.90	95.42 ± 4.24	88.83 ± 8.63	92.52
ort.	95.04	91.99	93.62	89.91	

Çizelge 4.8.Ham Yağ Verimine Ait Varyans Analiz Tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	F Değeri	Önem Derecesi (P)
Tekerrür	3	2.9766	0.0891
Zn Kaynağı	3	0.5915	0.6359
Tekerrür x Zn Kaynağı & Random	9	2.6055	0.0295
Yöntem	2	0.5292	0.5958
Yöntem x Zn Kaynağı	6	0.6209	0.7117

4.1.3.3. Dane Ham Protein Oranı (%)

Yapılan çalışmada elde edilen bulgulara göre, Zn'nun ham protein oranı üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı anlaşılmıştır. En yüksek ortalama ham protein oranı kontrol uygulamasında (% 34.70) en düşük ortalama ham protein oranı ise toprak ve toprak+yaprak uygulamasında (% 32.95) olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.9). Çalışmada gübre kaynaklarının ham protein oranının üzerine bir etkisinin olmadığı, ortalama değer olarak kontrolden sonra en yüksek ham protein oranının Zn'nun EDTA formunda elde edilmiş (% 34.21) ve bunu sırasıyla ZnCl₂ (% 33.42) ve ZnSO₄'ın (% 33.15) takip ettiği bulunmuştur (Çizelge 4.9). Soyada ham yağ verimindeki sonuçlardan farklı olarak Zn'nun EDTA şeklinde organik kaynağın inorganik Zn kaynaklarından (ZnSO₄ ve ZnCl₂) daha yüksek ham proteine neden olduğu belirlenmiştir. Çinko gübre kaynaklarının ham protein oranı

üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemsiz olması yanında aynı zamanda Zn uygulama metotlarının da ham protein üzerine istatistiksel olarak bir etkisinin olmadığı saptanmıştır (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.9. Çinko Uygulamalarının Dane Protein Oranına Olan Etkisi

Dane Protein Oranı					
Uyg.Yön	Zn Kay.				ort.
	Kontrol	ZnSO ₄	ZnCl ₂	Zn-EDTA	
T	34.70 ± 0.94	33.53 ± 0.98	32.95 ± 1.31	32.95 ± 1.31	33.15
Y	34.70 ± 0.94	32.98 ± 0.71	33.53 ± 1.16	34.68 ± 1.29	33.97
T+Y	34.70 ± 0.94	32.95 ± 1.31	33.20 ± 1.44	34.08 ± 1.40	33.73
ort	34.70	33.15	33.42	34.21	

Çizelge 4.10. Dane Protein Oranına Ait Varyans Analiz Tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	F Değeri	Önem Derecesi (P)
Tekerrür	3	0.1164	0.9482
Zn Kaynağı	3	3.4278	0.0658
Tekerrür x Zn Kaynağı & Random	9	1.2117	0.3332
Yöntem	2	0.1649	0.8490
Yöntem x Zn Kaynağı	6	0.2298	0.9628

4.1.3.4. Dane Ham Protein Verimi (kg da⁻¹)

Yapılan çalışmada Zn gübrelerinin ham protein verimlerine olan etkilerinde farklılıklar belirlenmiştir. Zn gübre uygulamalarında ham protein verimleri 147.68 kg da⁻¹ ile 133.27 kg da⁻¹ arasında değişmiş olup en yüksek ham protein verimi kontrol (147.68) uygulamasından elde edilirken, en düşük dane ham protein verimi (133.27) Zn-EDTA gübre uygulamasından elde edilmiştir. ZnCl₂ gübre uygulamasından elde edilen ham protein veriminin (141.87 kg da⁻¹) diğer iki kaynağa kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.11). Sonuçlar hem Zn kaynaklarının hem de Zn uygulama yöntemlerinin dane ham protein verimi üzerinde etkisinin önemsiz olduğu göstermiştir (Çizelge 4.12)

Çizelge 4.11. Zn Uygulamalarının Dane Ham Protein Verimine Etkisi

Dane Ham Protein Verimi (kg da ⁻¹)					
Uyg. Yön.	Zn Kay.				ort
	Kontrol	ZnSO ₄	ZnCl ₂	Zn-EDTA	
T	147.68 ± 9.06	136.08 ± 9.07	145.32 ± 11.85	132.77 ± 8.13	140.46
Y	147.68 ± 9.06	137.12 ± 12.45	136.53 ± 6.42	137.62 ± 12.4	139.74
T+Y	147.68 ± 9.06	128.29 ± 9.55	143.74 ± 11.35	129.43 ± 17.6	137.28
ort	147.68	133.83	141.87	133.27	

Çizelge 4.12. Dane Ham Protein Verimine Ait Varyans Analiz Tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	F Değeri	Önem Derecesi (P)
Tekerrür	3	1.4880	0.2826
Zn Kaynağı	3	2.4774	0.1276
Tekerrür x Zn Kaynağı & Random	9	2.1440	0.0657
Yöntem	2	0.4129	0.6664
Yöntem x Zn Kaynağı	6	0.6336	0.7021

4.1.4. Zn Uygulamalarının Soya Bitkisinin Morfolojik Özelliklerine Etkisi

4.1.4.1. Bitki Boyu (cm)

Çalışmadan elde edilen verilere göre Zn gübrelemesinin soyada bitki boyunu önemli düzeyde arttırdığı görülmüştür. Bitki boyunun artışı üzerine Zn kaynaklarının rolü farklı olmuştur. Örneğin kontrol, ZnSO₄, ZnCl₂, Zn-EDTA kaynaklarında bitki boyları sırayla 94.5, 94.9, 106.0 ve 100.3 cm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.13). Kontrol uygulamasına göre bitki boyunda en yüksek artış % 12.16 ile ZnCl₂, bunu % 6.13 ile Zn-EDTA takip etmiş, en düşük artış ise % 0.42 ile ZnSO₄ gübre uygulamasından elde edilmiştir. Çinko gübre kaynaklarının soyada bitki boyu üzerine olan etkisi p<0.05 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.14). Bu bulguya karşılık Zn uygulama yöntemlerinin ise soyada bitki boyu üzerine herhangi bir önemli etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.14). Kontrol uygulamasına göre farklı Zn uygulama yöntemlerinde elde edilen bitki boyu değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Örneğin kontrol uygulamasında 94.5 cm olan bitki boyu toprak, yaprak ve toprak+yaprak uygulamalarında sırasıyla 97.9, 99.5 ve 99.5 cm olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.13). Sonuçlar Zn uygulama yöntemlerinin soyada bitki boyunu arttırdığını fakat bu artışın önemli olmadığını ortaya koymaktadır. Bitki boyunu artırmada en etkin yöntemin genelde yaprak ve toprak+yaprak uygulamasının olduğu görülmüştür. Bu bulgu vegetatif bitki gelişiminde yaprak uygulamalarının soyada önemli bir strateji olabileceğine işaretler.

Çizelge 4.13. Çinko Uygulamalarının Bitki Boyuna Olan Etkisi

Bitki Boyu(cm)					
Zn Kay.					
Uyg. Yön.	K	ZnSO ₄	ZnCl ₂	Zn-EDTA	ort
T	94.5 ± 8.5	94.6 ± 6.5	104.4 ± 9.4	98.1 ± 7.3	97.9
Y	94.5 ± 8.5	95.2 ± 7.3	106.6 ± 12.1	101.5 ± 10.4	99.5
T+Y	94.5 ± 8.5	95.00 ± 7.3	107.0 ± 7.6	101.4 ± 10.4	99.5
ort	94.5	94.9	106.0	100.3	

LSD_{0.05} (Zn Kay.): 8.29

Çizelge 4.14 Bitki Boyuna Ait Varyans Analiz Tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	F Değeri	Önem Derecesi (P)
Tekerrür	3	2.9542	0.0905
Zn Kaynağı	3	4.3552	0.0373*
Tekerrür x Zn Kaynağı & Random	9	1.4409	0.2263
Yöntem	2	0.2369	0.7909
Yöntem x Zn Kaynağı	6	0.0616	0.9989

4.1.4.2. İlk Bakla Yüksekliği (cm)

Yapılan çalışmada elde edilen bulgulara göre ilk bakla yüksekliği kontrol, ZnSO₄, ZnCl₂, Zn-EDTA kaynaklarında sırayla 20.7, 22.3, 22.8, 24.5 cm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.16). Kontrol uygulamasına kıyasla Zn kaynakları sırayla ilk bakla yüksekliğini %7.7, %10.14, %18.4 oranlarında arttırmıştır. Çalışmadan elde edilen bir başka bulgu organik kaynağın (Zn-EDTA) inorganik kaynaklara (ZnSO₄, ZnCl₂) göre ilk bakla yüksekliğinde daha fazla artış sağladığıdır.

T, Y ve T+Y uygulama yöntemlerinde ilk bakla yüksekliği sırasıyla 21.7 cm, 22.4 cm ve 23,6 cm olarak ölçülmüştür. T uygulamasına kıyasla Y ve T+Y uygulamaları ilk bakla yüksekliğinde sırayla %3.2, %8.75 oranında artış sağlamıştır.

Çalışmada en düşük ilk bakla yüksekliği 20,7 cm ile kontrol uygulamasından elde edilirken, en yüksek ilk bakla yüksekliği ise 26.6 cm ile Zn-EDTA kaynağının T+Y uygulamasından elde edilmiştir. Kontrol uygulamasına göre en fazla artış, %28.5 ile Zn-EDTA kaynağının T+Y uygulamasından elde edilmiştir. Bunu, %18.13'lük bir artış ile Zn-EDTA kaynağının T uygulaması ve ZnCl₂ kaynağının T+Y uygulaması takip etmiştir.

Çizelge 4.15. Çinko Uygulamalarının İlk Bakla Yüksekliğine Olan Etkisi

Uyg. Yön.	İlk Bakla Yüksekliği (cm)				ort.
	Kontrol	ZnSO ₄	ZnCl ₂	Zn-EDTA	
T	20.7 ± 3.4	20.9 ± 2.3	20.7 ± 2.8	24.4 ± 4.2	21.7
Y	20.7 ± 3.4	23.3 ± 2.1	23.3 ± 2.8	22.5 ± 2.1	22.4
T+Y	20.7 ± 3.4	22.8 ± 2.1	24.4 ± 2.2	26.6 ± 2.7	23.6
Ort.	20.7	22.3	22.8	24.5	

Çizelge 4.16. İlk Bakla Yüksekliğine Ait Varyans Analiz Tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	F Değeri	Önem Derecesi (P)
Tekerrür	3	1.5943	0.2580
Zn Kaynağı	3	2.4901	0.1264
Tekerrür x Zn Kaynağı & Random	9	2.1487	0.0652
Yöntem	2	2.7590	0.0835
Yöntem x Zn Kaynağı	6	1.3195	0.2868

Çalışmada Zn uygulamaları genel olarak ilk bakla yüksekliğini artırmış ancak bu artış yapılan varyans analizine göre gübre kaynakları, uygulama yöntemleri ve yöntem x kaynak interaksyonu açısından istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır (Çizelge. 4.16).

4.1.4.3. Bitkide Bakla Sayısı (adet)

Çalışmadan elde edilen bulgulara göre Zn gübre formlarının soyada bakla sayısı üzerinde belirgin etkisinin olmadığı, buna karşılık Zn uygulama yöntemlerinin bakla sayısı üzerine önemli olduğu görülmüştür. Kontrol, ZnSO₄, ZnCl₂ ve Zn-EDTA uygulamaları altında ortalama bakla sayısının sırasıyla 33.3, 33.0, 35.7 ve 32.5 adet olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.17). Elde edilen verilere göre Zn kaynaklarından en yüksek bakla sayısı ZnCl₂ uygulamasında görülmüş, kontrol uygulamasına göre ZnCl₂'den dolayı bakla sayısında sağlanan artış oranının %7.2 düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

Soyada bakla sayısı üzerine Zn uygulama yönteminin önemli olduğu en yüksek ortalama bakla sayısının 34.9 adet ile yaprakta Zn uygulamasında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.17). Bunu 33.1 adet değeriyle topraktan Zn ve 32.8 adet değeriyle toprak+yaprak uygulamasının izlediği bulunmuştur (Çizelge 4.17). Farklı Zn uygulama yöntemlerinin bakla sayısı üzerine etkisi istatistiksel olarak da önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.17. Çinko Uygulamalarının Bitkide Bakla Sayısına Etkisi

Bitkide Bakla Sayısı					
Zn Kay.					
Uyg. Yön.	Kontrol	ZnSO ₄	ZnCl ₂	Zn-EDTA	ort
T	33.3 ± 2.68	33.1 ± 4.07	33.2 ± 6.95	32.6 ± 2.33	33.1
Y	33.3 ± 2.68	34.5 ± 8.15	38.2 ± 5.48	33.7 ± 6.52	34.9
T+Y	33.3 ± 2.68	31.3 ± 5.61	35.6 ± 3.97	31.2 ± 2.69	32.8
ort	33.3	33.0	35.7	32.5	

LSD_{0.05}(Yön.): 1.80867

Çizelge 4.18. Bitkide Bakla Sayısına Ait Varyans Analiz Tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	F Değeri	Önem Derecesi (P)
Tekerrür	3	4.3815	0.0367
Zn Kaynağı	3	0.7593	0.5446
Tekerrür x Zn Kaynağı & Random	9	5.2055	0.0006
Yöntem	2	3.4405	0.0486*
Yöntem x Zn Kaynağı	6	1.1182	0.3813

4.1.4.4. Baklada Tane Sayısı (adet)

Çinko uygulamaları baklada tane sayısında belirgin bir etki göstermemiştir. Örneğin toprak, yaprak ve toprak+yaprak uygulamalarında bakladaki ortalama tane sayısının sırasıyla 2.56, 2.53 ve

2.57 adet olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.19). Söz konusu değerler kontrol uygulamasındaki bakladaki tane sayısından (2.48) daha büyük olmasına karşılık istatistiksel olarak önemsiz olduğu görülmüştür (Çizelge 4.20). Benzer bulgunun Zn kaynakları içinde geçerli olduğu, ZnSO₄, ZnCl₂ ve Zn-EDTA uygulamalarındaki ortalama bakla tane sayısının (sırasıyla 2.57, 2.59 ve 2.57 adet tane) kontrol uygulamasındaki 2.48 adet bakla sayısından daha büyük olmasına karşılık bu artışların anlamlı olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.19. Çinko Uygulamalarının Baklada Tane Sayısına Etkisi

Baklada Tane Sayısı					
Uyg. Yön.	Kontrol	Zn Kay.			ort
		ZnSO ₄	ZnCl ₂	Zn-EDTA	
T	2.48 ± 0.23	2.57 ± 0.02	2.60 ± 0.05	2.59 ± 0.11	2.56
Y	2.48 ± 0.23	2.54 ± 0.08	2.64 ± 0.10	2.46 ± 0.35	2.53
T+Y	2.48 ± 0.23	2.61 ± 0.05	2.52 ± 0.15	2.66 ± 0.07	2.57
ort	2.48	2.57	2.59	2.57	

Çizelge 4. 20 Baklada Tane Sayısına Ait Varyans Analiz Tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	F Değeri	Önem Derecesi (P)
Tekerrür	3	1.9414	0.1935
Konular	3	0.7406	0.5541
Tekerrür*Konular & Random	9	2.1269	0.0678
Yöntem	2	0.3737	0.6921
Yöntem*Konular	6	0.9873	0.4557

4.1.4.5. Bitkide Tane Sayısı

Çalışmada farklı Zn kaynakları ve uygulama metotları altında soyada bitki başına toplam tane sayısının 81.5-100.8 adet bitki⁻¹ arasında değiştiği (Çizelge 4.21), Zn uygulama metotlarını dikkate alındığında aynı aralığın (kontrol dahil) 82.3 - 88.1 adet bitki⁻¹ olduğu görülmüştür. Çinko uygulama metotlarında en yüksek değerler yaprakтан Zn'da elde edilmiş olup bunu sırasıyla toprak ve toprak+yaprak uygulaması takip etmiştir. Çalışma içinde Zn gübre kaynaklarının bitki başına toplam tane sayısı üzerine etksi istatistiksel olarak önemsiz çıksa da (Çizelge 4.22), kontrol uygulamasına (82.3 adet bitki⁻¹) göre, ZnCl₂ uygulamasından (92.3 adet bitki⁻¹) (Çizelge 4.21) kaynaklı bitki başına toplam dane sayısının % 11.2 olduğu hesaplanmıştır. Bu sonuçlar bitki başına toplam tane sayısında yaprak uygulamasının ve ZnCl₂ gibi çözünür Zn kaynaklarının önemini ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.21. Çinko Uygulamalarının Bitkide Tane Sayısına Etkisi

Bitkide Tane Sayısı					
Zn Kay.					
Uyg. Yön.	Kontrol	ZnSO ₄	ZnCl ₂	Zn-EDTA	ort
T	82.3 ± 6.7	85.0 ± 11.0	86.6 ± 18.6	84.5 ± 8.7	84.6
Y	82.3 ± 6.7	87.5 ± 20.8	100.8 ± 13.7	81.7 ± 12.9	88.1
T+Y	82.3 ± 6.7	81.5 ± 14.4	89.7 ± 10.5	82.9 ± 8.7	84.1
ort	82.3	84.7	92.3	83.0	

Çizelge 4.22. Bitkide Tane Sayısına Ait Varyans Analiz Tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	F Değeri	Önem Derecesi (P)
Tekerrür	3	3.3238	0.0705
Zn Kaynağı	3	1.1314	0.3872
Tekerrür x Zn Kaynağı & Random	9	4.3573	0.0019
Yöntem	2	1.4544	0.2534
Yöntem x Zn Kaynağı	6	1.2387	0.3220

4.1.4.6. 100 Tane Ağırlığı (g)

Yapılan çalışmada Zn uygulamalarının soya bitkisinde 100 dane ağırlıkları üzerine etkisi belirlenmiştir. Buna göre en yüksek 100 dane ağırlığı 18.3 g ile kontrol uygulamasından elde edilirken en düşük 17.3 g ile ZnCl₂ gübresinin T+Y uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.18) Zn uygulamaları K uygulamasına göre 100 dane ağırlığında artış sağlamamıştır.

Çizelge 4.23 Zn Uygulamalarının 100 Dane Ağırlığına Etkisi

100 dane ağırlığı(g)					
Zn Kay.					
Uyg. Yön.	Kontrol	ZnSO ₄	ZnCl ₂	Zn-EDTA	ort
T	18.3 ± 0.9	18.2 ± 0.5	18.2 ± 0.73	17.8 ± 0.6	18.1
Y	18.3 ± 0.9	17.4 ± 0.8	18.0 ± 0.40	17.4 ± 1.1	17.8
T+Y	18.3 ± 0.9	18.2 ± 0.4	17.3 ± 0.70	17.9 ± 1.1	17.9
Ort	18.3	17.93	17.81	17.7	

Yapılan varyans analizinde Zn kaynağı, uygulama yöntemi ve yöntem x kaynak interaksiyonunun 100 dane ağırlığına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.24. 100 Dane Ağırlığına Ait Varyans Analiz Tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	F Değeri	Önem Derecesi (P)
Tekerrür	3	2.1839	0.1596
Zn Kaynağı	3	1.2369	0.3522
Tekerrür x Zn Kaynağı & Random	9	1.4105	0.2384
Yöntem	2	0.8307	0.4479
Yöntem x Zn Kaynağı	6	0.9952	0.4509

4.1.5. Zn Uygulamalarının Bitkinin Zn Alımına Etkisi

4.1.5.1. Yaprakta Zn Alımı

Hatırlanacağı gibi çalışmada iki farklı zamanda yaprak örneği alınmıştır. Birinci örnekleme soyanın R3-R4 döneminde üstten üçüncü yaprak setinden alınmıştır. İlk yaprak örnekleme bitkilere yalnızca bir kere Zn püskürtülmesi yapılmıştır. Diğer yaprak örnekleme ikinci Zn püskürtülme işleminden sonra ortaya çıkan en genç yapraktan gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Zn gübrelemesinin soyada yaprakta Zn konsantrasyonunu arttırdığı gözlenmiştir. Örneğin birinci yaprak örneklerinde Zn konsantrasyonunun kontrol, ZnSO₄, ZnCl₂ ve Zn-EDTA gübre uygulamalarında sırasıyla 56.75, 61.17, 58.00, 62.83 mg kg⁻¹ olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.25). Kontrole göre ZnSO₄, ZnCl₂ ve Zn-EDTA uygulamalarından kaynaklanan yaprak Zn konsantrasyon artışı yaklaşık % 7.9, % 2.3 ve % 10.8 olduğu saptanmıştır. Sonuçlar konsantrasyon artışında Zn-EDTA'nın en etkin gübre kaynağı olduğunu bunu sırasıyla ZnSO₄ ve ZnCl₂ izlediği görülmüştür. Çinko gübre kaynaklarının soyada kontrol uygulamasına göre yaprak Zn konsantrasyonunun artışı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmasa da % 6 düzeyinde önemli olabileceği anlaşılmıştır (Çizelge 4.26). Bu sonuç yeşil aksam Zn gübrelemesinde Zn kaynaklarının belirleyici bir role sahip olabileceğine işaret etmektedir. Bu bulgulara karşılık soyada bitkinin Zn konsantrasyonunun Zn uygulama yöntemleri arasında farklı olmadığı (Çizelge 4.26), toprak, yaprak ve toprak+yaprak uygulamasında bitkilerin ortalama Zn konsantrasyonunun sırasıyla 61.00, 58.00 ve 6.06 mg kg⁻¹ olduğu saptanmıştır. Ayrıca sonuçlar yalnızca tek bir yaprak Zn uygulamasının bitkinin Zn beslenmesi üzerine belirgin bir etki göstermediğini de ortaya koymaktadır. Bu savı destekler bulgulara deneme bitkilerine yapraktan ikinci kez Zn uygulandıktan sonra ortaya çıkan yeni yapraklarda yapılan analizlerde Zn konsantrasyonunun belirgin şekilde kontrol uygulamasından daha büyük olduğu gözlenmiştir.

R3-R4 döneminde ve vejetasyon sonu genç sürgün yapraklarından alınan yaprak örneklerinde kontrol uygulamasına göre tüm gübre uygulamalarının yaprak Zn konsantrasyonlarını arttırdığı belirlenmiştir (Çizelge 4.25). Genç sürgünlerden alınan yapraklarda Zn konsantrasyonu Kontrol, ZnSO₄, ZnCl₂ ve Zn-EDTA gübre uygulamalarında sırayla 60.00, 91.18, 99.72, 80.55 mg kg⁻¹ belirlenmiştir (Çizelge 4.25). Kontrol uygulamasına kıyasla ZnCl₂, ZnSO₄, Zn-EDTA gübre kaynakları aynı sırayla yaprak Zn konsantrasyonunda sırayla % 66.2, % 51.9 ve % 34.3 oranlarında

belirgin bir artış sağlamıştır. Çinko gübre kaynaklarının soyada genç sürgün yapraklarındaki Zn konsantrasyonu üzerine olan etkisi $p<0.001$ düzeyinde olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.26). Çinko kaynaklarının yanı sıra Zn uygulama yöntemlerinin de Zn konsantrasyonu üzerine $p<0.001$ düzeyinde etkisi olduğu saptanmıştır. En yüksek genç sürgün yaprak Zn konsantrasyonu 92.27 mg kg^{-1} değeriyle toprak+yaprak uygulamasında, bunu 84.55 mg kg^{-1} değeriyle yaprakta Zn uygulaması ve en sonda 71.77 mg kg^{-1} değeriyle topraktan Zn'da elde edilmiştir. Bu sonuçlar yaprakta Zn uygulamasının bitkinin genç sürgün yaprağında Zn beslenmesini önemli düzeylerde iyileştirdiği, özellikle yaprakta ZnCl_2 uygulamasının kontrol uygulamasından (60.0 mg kg^{-1}) neredeyse iki katı (121.6 mg kg^{-1}) daha fazla Zn konsantrasyonuna neden olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar ayrıca Zn gübrelemesi tamamlandıktan sonra ortaya çıkan genç sürgün yapraklarında Zn konsantrasyonunun belirgin düzeyde artmasının, soyada Zn'nun aktif büyüme noktalarına taşınabildiğini göstermesi bakımından dikkat çekicidir.

Çizelge 4.25. Zn Uygulamalarının Yaprak Zn Konsantrasyonuna Ait Etkisi

R3-R4 dönemi Yaprakta Zn Konsantrasyonu (mg kg^{-1})					
Uyg. Yön.	Zn Kay.				ort
	K	ZnSO_4	ZnCl_2	Zn-EDTA	
T	56.75 ± 0.96	64.25 ± 8.54	59.00 ± 5.66	64.00 ± 8.37	61.00
Y	56.75 ± 0.96	59.50 ± 6.24	56.50 ± 4.93	59.25 ± 4.50	58.00
T+Y	56.75 ± 0.96	59.75 ± 3.5	58.50 ± 5.92	65.25 ± 8.85	60.06
ort	56.75	61.17	58.00	62.83	

Genç Sürgün Yapraklarında Zn Konsantrasyonu (mg kg^{-1})					
Uyg. Yön.	Zn Kay.				ort
	K	ZnSO_4	ZnCl_2	Zn-EDTA	
T	60 ± 2.94	85.25 ± 6.18	67.32 ± 13.16	74.50 ± 10.08	71.77
Y	60 ± 2.94	89.50 ± 9.54	110.25 ± 17.29	78.45 ± 5.12	84.55
T+Y	60 ± 2.91	98.78 ± 14.3	121.60 ± 21.13	88.69 ± 4.03	92.27
ort	60	91.18	99.72	80.55	

LSD_{0.05} (Zn Kay., Yön., Yön × Zn Kay.): 7.03, 7.71, 15.43

Çalışmada elde edilen bir başka bulgu da Zn gübre kaynaklarının gübre uygulama zamanlarına bağlı olarak etkinliklerinin değişebildiği gözlenmiştir. Örneğin R3-R4 döneminde yaprakta Zn konsantrasyonu artışında en düşük etki ZnCl_2 uygulamasında görülürken, genç sürgün yapraklarında Zn konsantrasyon artışında en etkin kaynağın ise ZnCl_2 olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.26.Yaprak Zn Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Tablosu

R3-R4 dönemi Yaprak Zn Konsantrasyonu Varyans Analiz Tablosu			
Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	F Değeri	Önem Derecesi (P)
Tekerrür	3	5.6152	0.0190
Zn Kaynağı	3	3.6219	0.0581
Tekerrür x Zn Kaynağı & Random	9	1.3765	0.2527
Yöntem	2	2.0762	0.1474
Yöntem x Zn Kaynağı	6	0.6767	0.6697
Genç Sürgün Yaprak Zn Konsantrasyonu Varyans Analiz Tablosu			
Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	F Değeri	Önem Derecesi (P)
Tekerrür	3	6.0774	0.0151
Zn Kaynağı	3	60.8455	<.0001**
Tekerrür x Zn Kaynağı & Random	9	0.5184	0.8468
Yöntem	2	15.3676	<.0001**
Yöntem x Zn Kaynağı	6	5.8597	0.0007**

4.1.5.2 Dane Zn Alımı

Hasat zamanı gerçekleştirilen dane örneklerinde yapılan Zn analiz sonuçlarına göre Zn gübrelemesi soyada Zn konsantrasyonunu genelde arttırmıştır. Örneğin kontrol uygulamasında tane Zn konsantrasyonu 45.25 mg kg⁻¹ iken aynı değerlerin ZnSO₄, ZnCl₂ ve Zn-EDTA uygulamalarında sırasıyla ortalama 46.75, 47.42 ve 45.92 mg kg⁻¹ olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.27). Dane Zn konsantrasyonunda en belirgin artışların ZnCl₂ uygulamasında olduğu görülmüştür. Kontrole göre farklı Zn kaynaklarının soyada tane artışına neden olduğu fakat bu artışın istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.28). Bu bulguya karşılık, Zn uygulama yöntemlerinin tane Zn konsantrasyonu üzerine önemli bir etkisinin olduğu bulunmuştur. Çalışmada tane Zn konsantrasyonunun en düşük toprak uygulamasında (45.44 mg kg⁻¹), en yüksek toprak+yaprak uygulamasında (47.25 mg kg⁻¹) olduğu bulunmuştur. Toprakta en düşük tane Zn konsantrasyon değerlerinin elde edilmesi yüksek pH ve düşük organik madde gibi toprak özelliklerinin bitkinin Zn beslenmesi üzerine etkili olabildiğinin işareti olarak değerlendirilebilir.

Çizelge 4.27. Zn Uygulamalarının Dane Zn Konsantrasyonuna Olan Etkisi

Dane Zn Konsantrasyonu (mgkg ⁻¹)					
Uyg. Yön.	Zn Kay.				
	Kontrol	ZnSO ₄	ZnCl ₂	Zn-EDTA	ort
T	45.25 ± 1.71	45.25 ± 2.22	46.25 ± 4.03	45.00 ± 3.74	45.44
Y	45.25 ± 1.71	47.50 ± 1.73	47.25 ± 2.75	45.25 ± 1.50	46.31
T+Y	45.25 ± 1.71	47.50 ± 1.73	48.75 ± 1.89	47.5 ± 2.08	47.25
ort	45.25	46.75	47.42	45.92	

LSD_{0.05}(Yön.):1.4296

Çizelge 4.28. Dane Zn Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	F Değeri	Önem Derecesi (P)
Tekerrür	3	1.5832	0.2605
Zn Kaynağı	3	1.3396	0.3216
Tekerrür x Zn Kaynağı & Random	9	2.1275	0.0677
Yöntem	2	3.6800	0.0404*
Yöntem x Zn Kaynağı	6	0.7127	0.6429

*P<0.05 0.05 düzeyinde önemliliği belirtmektedir.

4.1.5.3 Tane Zn İçeriği ($\mu\text{g tane}^{-1}$)

Yapılan çalışmada elde edilen bulgulara göre Zn kaynaklarında tane Zn içerikleri Kontrolde $8.26 \mu\text{g tane}^{-1}$ olurken ZnSO_4 , ZnCl_2 , Zn-EDTA gübrelerinde sırayla 8.37 , 8.43 , $8.16 \mu\text{g tane}^{-1}$ olarak belirlenmiştir(Çizelge 4.29). En yüksek dane çinko içeriği ZnCl_2 kaynağından elde edilmiştir. Kontrole göre Zn içeriği artışı sırayla %2.06 ve %1.33 oranlarında ZnCl_2 ve ZnSO_4 gübre uygulamasından sağlanırken Zn-EDTA gübre uygulamasının tane Zn içeriğini artırmadığı belirlenmiştir. Elde edilen bir başka bulgu ise inorganik gübre kaynaklarının (ZnSO_4 , ZnCl_2) tane çinko içeriğini az da olsa artırdığı ancak organik gübre kaynağının (Zn-EDTA) herhangi bir artış sağlamadığıdır.

T, Y, T+Y uygulama yöntemlerinde tane Zn içerikleri sırayla 8.21 , 8.24 , $8.46 \mu\text{g tane}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. En yüksek tane Zn içeriği T+Y uygulamasından elde edilmiştir. T ve Y uygulamaları arasında fark oluşmamıştır.

Tüm uygulamalar incelendiğinde Tane Zn içeriğinin 7.92 ile $8.73 \mu\text{g tane}^{-1}$ arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. En yüksek tane Zn içeriği Zn-EDTA gübre kaynağının T+Y uygulamasından elde edilmiştir.

Çizelge 4.29. Zn Uygulamalarının Tane Zn İçeriğine Etkisi

Uyg. Yön.	Tane Zn içeriği ($\mu\text{g tane}^{-1}$)					ort
	Kontrol	ZnSO_4	ZnCl_2	Zn-EDTA		
T	8.26 ± 0.41	8.22 ± 0.40	8.34 ± 0.69	8.02 ± 0.46		8.21
Y	8.26 ± 0.41	8.29 ± 0.16	8.50 ± 0.49	7.92 ± 0.30		8.24
T+Y	8.26 ± 0.41	8.6 ± 0.33	8.45 ± 0.55	8.53 ± 0.44		8.46
ort	8.26	8.37	8.43	8.16		

Çalışma istatistiki olarak değerlendirildiğinde ise çizelge 4.30 de verilen varyans analiz tablosuna göre Zn kaynaklarının, uygulama yöntemlerinin ve yöntem x kaynak interaksyonunun tane çinko içeriğine olan etkisinin önemli olmadığı belirlenmiştir(Çizelge 4.30)

Çizelge 4.30 Tane Zn İçeriğine Ait Varyans Analiz Tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	F Değeri	Önem Derecesi (P)
Tekerrür	3	1.3298	0.3244
Zn Kaynağı	3	0.4999	0.6916
Tekerrür x Zn Kaynağı & Random	9	3.5147	0.0066
Yöntem	2	2.9655	0.0706
Yöntem x Zn Kaynağı	6	1.0908	0.3960

4.1.6. Zn Uygulamalarının Bitkinin N Alımına Etkisi

4.1.6.1 Yaprakta N

Çalışmada soyada R1 döneminde yapılan Zn uygulamasından sonra gerçekleştirilen yaprak örneklemede bitkinin N beslenmesinde Zn'nun önemli bir rol oynayabileceği görülmüştür. Kontrol, ZnSO₄, ZnCl₂, Zn-EDTA kaynaklarında soyanın yaprağındaki N konsantrasyonlarının sırasıyla %4.76, %4.70, %5.00, %4.96 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.31). Kontrol uygulamasına göre ZnCl₂ gübre kaynağı yaprak azot konsantrasyonunu %5.04 oranında artırırken Zn-EDTA gübresinde bu oran %4.20 olmuştur. ZnSO₄ gübre uygulaması yaprak N konsantrasyonunda herhangi bir artışa neden olmamıştır. (Çizelge 4.31)

Uygulama yöntemleri değerlendirildiğinde en yüksek yaprak azot konsantrasyonu %4.96 ile Y uygulamasından elde edilirken bunu %4.92 ile T+Y uygulaması takip etmiş en düşük yaprak N konsantrasyonu ise %4.69 ile T uygulamasından elde edilmiştir.

Tüm uygulamalar incelendiğinde yaprak N konsantrasyonlarının %4.55 ile %5.24 arasında değiştiği belirlenmiştir. En düşük N değeri %4.55 ile ZnSO₄'ün T uygulamasından elde edilirken en yüksek değer ise %5.24 ile ZnCl₂'nin T+Y uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.31)

Çizelge 4.31.Çinko Uygulamalarının Yaprakta N Konsantrasyonuna Etkisi

Uyg. Yön.	Yaprakta % N				Ort
	Kontrol	ZnSO ₄	ZnCl ₂	Zn-EDTA	
T	4.76 ± 0.17	4.55 ± 0.09	4.59 ± 0.13	4.87 ± 0.12	4.69
Y	4.76 ± 0.17	4.84 ± 0.10	5.18 ± 0.10	5.05 ± 0.12	4.96
T+Y	4.76 ± 0.17	4.70 ± 0.07	5.24 ± 0.09	4.96 ± 0.08	4.92
ort.	4.76	4.70	5.00	4.96	

LSD_{0.05} (Zn Kay., Yön., Yön x Zn Kay.):0.1367, 0.0712, 0.1425

Yapılan varyans analizine göre kaynak, yöntem, yöntem x kaynak interaksyonu yaprak N konsantrasyonunu istatistiksel olarak %1 önem düzeyinde etkilemiş, yaprak azot konsantrasyonunu artıran en etkili kaynağın ZnCl₂, en etkili yöntemin Y uygulama yöntemi, en uygun Zn gübre uygulamasının ise ZnCl₂ gübresinin T+Y uygulaması olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.32).

Çizelge 4.32. Yaprakta N Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	F Değeri	Önem Derecesi (P)
Tekerrür	3	1.5167	0.2757
Zn Kaynağı	3	12.0960	0.0016*
Tekerrür x Zn Kaynağı & Random	9	2.2972	0.0503
Yöntem	2	34.4089	<.0001*
Yöntem x Zn Kaynağı	6	10.7628	<.0001*

Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde bitkinin Zn beslenme düzeyi iyileştikçe N beslenme düzeyinin de iyileşeceği gözlenmiştir.

4.1.6.2. Danede Azot

Çalışmadan elde edilen bulgulara göre Zn uygulamalarının dane Zn konsantrasyonuna olan etkisi Zn kaynakları yönünden değerlendirildiğinde Kontrol uygulamasına göre sadece ZnCl₂ gübresinin dane azot konsantrasyonunu artırdığı ve artışın %9,06 oranında olduğu belirlenmiştir.

T, Y, T+Y uygulama yöntemlerindeki dane N konsantrasyonları sırayla %5.22, %5.42, %5.56 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.33). Buna göre en yüksek dane azot konsantrasyonu T+Y uygulamasından elde edilirken Y uygulaması bunu takip etmiş en düşük dane azot konsantrasyonu ise T uygulamasından elde edilmiştir.

Tüm uygulamalar incelendiğinde dane azot konsantrasyonu değerleri %5.03 ile %6.40 arasında değişmiştir. En yüksek dane azot konsantrasyonu % 6.40 ile ZnCl₂ gübre kaynağının Y uygulamasından elde edilmiştir. Kontrol uygulamasına kıyasla söz konusu olan uygulama dane N konsantrasyonunu %18,3 oranında artırmıştır.

Çizelge 4.33. Çinko Uygulamalarının Dane N Konsantrasyonuna Olan Etkisi

Uyg. Yön.	Dane N Konsantrasyonu (%)				Ort.
	Zn Kay.				
	Kontrol	ZnSO ₄	ZnCl ₂	Zn-EDTA	
T	5.41 ± 1.02	5.35 ± 0.21	5.10 ± 0.08	5.03 ± 0.17	5.22
Y	5.41 ± 1.02	4.88 ± 0.15	6.40 ± 0.80	5.00 ± 0.22	5.42
T+Y	5.41 ± 1.02	5.20 ± 0.67	6.19 ± 0.28	5.45 ± 0.44	5.56
ort	5.41	5.14	5.90	5.16	

LSD_{0,05}(Yön. Yön × Kay.): 0.2437, 0.4875

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre Zn kaynaklarının dane N konsantrasyonu üzerine etkisi önemsiz bulunurken uygulama yöntemleri %5 düzeyinde önemli, Yöntem x Kaynak etkisi ise %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Çalışma sonunda dane azot konsantrasyonunu artıran en etkili yöntemin T+Y uygulamasının olduğu, ZnCl₂ gübresinin Y uygulamasının ise en etkili Zn uygulaması olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.34).

Çizelge 4.34. Dane Azot Konsantrasyonuna Ait Varyans Analiz Tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	F Değeri	Önem Derecesi (P)
Tekerrür	3	0.8269	0.5116
Zn Kaynağı	3	1.5225	0.2743
Tekerrür x Zn Kaynağı & Random	9	8.7388	<.0001
Yöntem	2	4.2015	0.0273*
Yöntem x Zn Kaynağı	6	5.8794	0.0007**

4.2. Tartışma

Çukurova Bölgesinde yürütülen çalışmada farklı çinko kaynaklarının ($ZnSO_4$, $ZnCl_2$ ve Zn-EDTA) ve uygulama yöntemlerinin (toprakten, yapraktan, toprak ve yapraktan) ikinci ürün soya bitkisinin verim, verim parametreleri, kalite özellikleri ve bazı besin elementi alımlarına olan etkileri belirlenmiştir.

Tarla koşullarında yürütülen çalışmada Zn'nun soyada dane verimini artmada etkin olmadığı, tüm uygulamalar içerisinde verimde sadece $ZnCl_2$ gübre kaynağının toprak (T) uygulaması kontrol uygulamasına göre % 0.7 oranında bir verim artışı sağladığı belirlenmiştir. Ancak bu artış istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.2). Tarla koşullarında yürütülen çalışmada elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, Zn uygulamasının verimi artırmadığı belirlenmiştir. Literatürde Zn uygulamasının dane verimi üzerine bir etkisinin olmadığını gösterir birçok çalışma bulunmaktadır. Örneğin Brezilya'da, ferralsol ve petric plinthosol toprak tiplerinde yetiştirilen soya bitkisinde gerçekleştirilen çalışmada, toprağa artan dozlarda (0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0 ve 12.5 kg ha⁻¹) çinko oksisülfat (ZnO_xSO_4) uygulanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, çinko gübrelemesinin dane veriminde istatistiksel olarak anlamlı bir artış sağlamadığı tespit edilmiştir (Almeida ve ark., 2023). Toprakten uygulanan Zn'nun soyada Zn verimini arttırmama durumu Zn'nun yapraktan uygulandığı çalışmalarda da gözlenmiştir. Örneğin gerçekleştirilen bir çalışmada soya bitkisine %0.5 oranında Zn-Şelat formunda yapraktan yapılan çinko gübrelemesinin verimi artırmadığı rapor edilmiştir (Lakshmy ve ark., 2020).

Çalışmamızda $ZnSO_4$, $ZnCl_2$ ve Zn-EDTA şeklinde yapraktan uygulanan Zn kaynaklarının dane veriminin sırasıyla 416, 394 ve 410 kg da⁻¹ düzeyinde (Çizelge 4.1) ve en yüksek değer $ZnSO_4$ uygulamasında olduğu belirlenmiştir. Benzer bir çalışmada, Brezilya da dört farklı lokasyonda (Santa Carmem/MT, Itaara/RS, Itai/SP ve Piracicaba/SP) gerçekleştirilen çalışmada soya bitkisine farklı çözünürlüklere sahip $ZnSO_4$, ZnO ve Zn-EDTA gübreleri 400 g ha⁻¹ düzeyinde yapraktan uygulanmıştır. Çalışma sonunda Santa Carmem, Itai, Piracicaba lokasyonlarında yapılan Zn uygulamaları verimde artış sağlamazken sadece Itaara lokasyonunda $ZnSO_4$ gübresi kontrol grubuna göre verimde bir önemli artış sağlamış diğer gübre kaynakları ise kontrole kıyasla göre verimde artış sağlanmış ancak bu artış önemli olmamıştır (Beltrame, 2023). Çinko gübrelemesinin soya bitkisinde dane verimini etkilemediği bazı araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Enderson ve ark., 2015; Sutradhar ve ark., 2017; Han ve ark., 2024).

Literatürde, Zn'nun dane verimini arttırdığını gösteren çalışmalara da rastlanılmıştır. Örneğin Martinez Cuesta ve ark. (2022) tarafından yürütülen çalışmada soyada kontrol, tohumdan Zn, topraktan Zn ve yapraktan Zn uygulanmıştır. Anılan çalışmada soyada ortalama dane verim değerlerinin sırasıyla 3819, 4116, 4230 ve 4180 kg ha⁻¹ olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlara göre, soyada kontrole göre tohumdan, topraktan ve yapraktan Zn uygulamasından kaynaklan dane verim artış oranlarının sırasıyla % 7.7, % 10.8, % 9.5 olduğu bulunmuştur (Martinez Cuesta ve ark., 2022). Sonuçlardan görüleceği gibi en yüksek ortalama dane verimi topraktan Zn uygulamasında elde edilmiştir. Tarla koşullarında yürülen çalışmamızda Zn uygulama yöntemlerinin soyada dane verimi üzerine etkisinin önemsiz olduğu görülmesine karşılık en yüksek ortalama dane verim değerine 414 kg da⁻¹ değeriyle topraktan Zn uygulamasının sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Elde edilen bu sonuç Martinez Cuesta ve ark.(2022) tarafından yürütülen çalışma sonuçlarıyla uyumluluk göstermiştir.

Literatürde soyanın dane veriminde çalışmanın yürütüldüğü loaksyonların önemli olabildiğini gösteren çalışmalara da rastlanılmıştır. Örneğin Martinez Cuesta ve ark. (2022) üç farklı lokasyonda gerçekleştirdikleri çalışmada soyada tohumdan Zn, topraktan Zn ve yapraktan Zn'nun dane verimi üzerine olan etkisini belirlemişlerdir. Çalışmada elde edilen verilere göre birinci lokasyonda kontrol dahil ortalama dane verim değerinin 3512 kg ha⁻¹, ikinci loaksyonda 3930 kg ha⁻¹ ve üçüncü lokasyonda ise 4673 kg ha⁻¹ olduğu saptanmıştır. Söz konusu çalışmada en düşük verime sahip lokasyonun en yüksek verime sahip lokasyondan hektarda 1161 kg da az dane verime sahip olduğu hesaplanmıştır. Bu sonuçlar soyada dane verim üzerine toprak ve iklim verilerinin de önemli olabileceğini göstermektedir. Nitekim Martinez Cuesta ve ark. (2022) gerçekleştirdikleri çalışmada birinci lokasyonun diğer iki lokasyondan daha düşük verime sahip olmasının dane dolum dönemindeki su stresinin dane verimini düşürmesine neden olduğu şeklinde değerlendirmişlerdir. Tarafımızdan yapılan çalışmada da dane dolum dönemindeki yağışın neredeyse hiç olmaması ve sulamanın yetersiz olması soyada dane veriminde Zn etkinliğinin düşmesine neden olmuş olabilir.

Topraktan Zn uygulamasında toprakların alınabilir Zn konsantrasyonunun da önemli bir faktör olduğu bildirilmiştir. Yürütülen çalışmada Zn gübrelemesinin soyada büyüme ve verim üzerinde belirgin bir etkisinin görülmemesi, çalışma alanının DTPA Zn'sunun (0.48 mg kg⁻¹) kritik DTPA Zn konsantrasyonuna (>0.5 mg kg⁻¹) çok yakın olmasıyla ilişkili olabilir. Oysa literatürde kritik sınır değerinden daha düşük Zn'ya sahip topraklarda Zn gübrelemesinin verimi arttırdığına yönelik sonuçla elde edilmiştir. Örneğin Arjantin'de kritik DTPA Zn'sunun 1 mg kg⁻¹ olduğu ve bu değerden daha düşük alınabilir Zn'nun olduğu lokasyonlarda (0.60-0.78 mg kg⁻¹) Zn'nun farklı yöntemlerle uygulandığında kontrole göre dane veriminde artış görülmüştür (Martinez Cuesta ve ark., 2022).

Bizim çalışmamızdan farklı olarak Sümer (2022) tarafından Aydın'da yapılan bir çalışmada farklı soya çeşitlerine yapraktan Zn (0-60 kg ha⁻¹) uygulamasının dane verimini artırdığı

belirlenmiştir. Yapılan bir diğer çalışmada soya bitkisine 2g L^{-1} düzeyinde yapraktan uygulanan Zn (ZnSO_4)'nin tane verimini artırdığı belirlenmiştir (Murshed, 2024).

Acar (2019)'ın soya bitkisinde yaptığı çalışmada, topraktan ve yapraktan farklı düzeylerde uygulanan çinkonun verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonunda yapraktan artan düzeylerde uygulanan Zn kontrol uygulamasına kıyasla verimi artırmış ancak bu artış önemli bulunmamıştır. Toprak uygulamalarında ise artan düzeylerde uygulanan Zn verimi kontrol uygulamasına göre önemli düzeyde artırdığı belirlenmiştir.

Tarafımızdan yürütülen çalışmada, farklı Zn kaynakları ve uygulama metotlarının dane veriminde olduğu gibi bitki biyomas veriminde önemsiz olduğu bulunmuştur. Bitki biyomas veriminde en etkin yöntemin yapraktan Zn ve en etkin kaynağın ZnCl_2 olduğu görülmüştür (Çizelge 4.3) Çalışmada Zn uygulamasının bitki biyomasında artış sağladığı ancak bu artışın istatistiki olarak önemli olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

Yadav ve ark. (2022) tarafından Hindistan'da yapılan bir çalışmada, çinko uygulama stratejilerinin soya fasulyesinin büyümesi ve verimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmada, soya bitkisine ZnSO_4 gübresi topraktan 5 kg da^{-1} ekimden 35. ve 45. günlerde ise yapraktan % 0.5'lik solüsyonlar ve % 0.5 gübre + 150 ppm salisilik asit içeren solüsyonlar tek tek ve kombinasyonlar halinde uygulanmıştır. Sonuçlar, salisilik asit içermeyen tüm çinko uygulamalarının bitki kuru madde miktarını artırdığını ve en fazla artışın toprak ve yaprak uygulamalarında görüldüğünü ortaya koymuştur. Bitki biyomasını artıran en etkili uygulama ise topraktan 5.0 kg Zn ha^{-1} + ekimden 35. ve 55. günlerde yapraktan % 0.5 ZnSO_4 ve 150 ppm salisilik asit uygulaması olmuştur. Araştırmacılar, çinkonun triptofan sentezini artırarak oksin üretimini teşvik ettiğini ve meristematik büyümeyi desteklediğini, salisilik asidin ise bitkilerin abiyotik ve biyotik streslere karşı dayanıklılığını güçlendirdiğini bildirmiştir. Çinko ve salisilik asit uygulamalarının, bitkilerin klorofil içeriğini artırarak fotosentez verimliliğini yükselttiği ve bitki büyümesini iyileştirdiği sonucuna varmışlardır (Yadav ve ark., 2022). Bu sonuçlar, çalışmamızdan elde edilen sonuçlarla tutarlı olduğu göstermiştir.

Soyada verim artışında Zn'nun tek başına etkisi yanında, bitkinin diğer besin elementleriyle beslenme durumunun iyileştirilmesinin Zn'nun büyüme ve dane verimi üzerine etkisinin daha da artabileceği bildirilmiştir. Yemlik soya çeşidinde demir, çinko ve bazı biyolojik gübrelere verim ve bazı özelliklere etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada yapraklara % 0.2 oranında vejetatif dönemlerde 3 kez uygulanan çinkonun bitki kuru madde miktarını önemli düzeyde artırdığı rapor edilmiştir (Pejuhan ve Çomaklı, 2018). Diyarbakır ekolojik koşullarında kırmızı mercimekte artan düzeylerde (0, 1, 2 ve 3 kg da^{-1}) uygulanan Zn'nin biyolojik verimini (Bitki kuru madde miktarı) artırdığı bildirilmiştir (Tek, 2022). Söz konusu olan çalışmalar kuru madde miktarını artırması bakımından bizim çalışmamızla uyumlu ancak istatistiki olarak uyumlu olmadığı görülmüştür.

Yürütülen çalışmada Zn'nun büyüme ve verim dışında soyada kalite parametreleri üzerine etkisi de belirlenmiştir. Çalışmamızda ham yağ oranları %22,35 ile %23,33 arasında değişmiş ve tüm

Zn uygulamaları ham yağ oranı değişen oranlarda artırmıştır (Çizelge 4.5). Çinko kaynaklarının ise soyada ham yağ oranlarını önemli derecede etkilediği saptanmıştır. (Çizelge 4.6). Kontrol uygulamasına kıyasla ham yağ oranında en yüksek artış (%3.7) ZnSO₄ gübre uygulamasında görülmüştür. Uygulama yöntemleri yağ oranında farklılık oluşturmamıştır. Tüm uygulamalar içinde önemli olmamakla birlikte ham yağ oranını en fazla artıran uygulama ZnSO₄ gübresinin T+Y uygulaması olmuştur. Literatürde elde edilen sonuçları destekler nitelikte olan çalışmalara rastlanılmıştır. Örneğin, Imsong ve ark. (2023)'nin Hindistan'ın Nagaland eyaletinde 2 yıl yürüttükleri çalışmada soya bitkisine 0 , 5 , 10 , 15 ve 20 kg ha⁻¹ düzeylerinde Zn uygulanmıştır. Çalışmanın sonunda en yüksek yağ oranı (%17.36) 20 kg Zn ha⁻¹ uygulamasından elde edilirken en düşük yağ oranı ise kontrol (0 kg ha⁻¹) uygulamasından elde edilmiştir. Çalışmada artan çinko dozları ham yağ oranını değişen oranlarda artırmakla birlikte, kontrol uygulamasına kıyasla en yüksek yağ oranı artışı %13,8 ile 20 kg Zn ha⁻¹ uygulamasında olduğu bulunmuştur. Çalışmada Zn uygulamasının ham yağ oranını artırması bakımından bizim çalışmamızla uyumludur. Benzer sonuçlar Sing ve ark. (2017) tarafından da bulunmuştur. Çinko gübrelemesiyle ham yağın artması veya Zn noksanlığından kaynaklı ham yağ oranının düşmesi, literatürde Zn noksanlığının, bazı antioksidan enzimlerin aktivitesini inhibe ederek lipid zarlarında ciddi hasara yol açtığı ve bu durumun sonuç olarak tohumlardaki yağ içeriğini azalttığı savına dayandırılmıştır (Choudhary ve ark., 2014). Diğer taraftan, çinko varlığının lipid zarlarının yapısını iyileştirerek yağ içeriğini artırdığı vurgulanmıştır (Çakmak, 2000). Bu bağlamda, soya fasulyesi tohumlarındaki yağ içeriğindeki artış, çinko uygulamasının yağ sentezinde önemli rol oynayan NADPH-bağımlı dehidrogenaz enzimini aktive etmesiyle açıklanabilir (Raghuwanshi ve ark., 2017). Ayrıca, çinko uygulamasının bitki ağırlığını artırdığı ve bu sayede karbonhidrat üretimini teşvik ederek, tohumlardaki yağ oranını yükselttiği de belirlenmiştir (Morshedi ve Naghibi, 2004).

Yasari ve Vahadi (2012) tarafından İran'da gerçekleştirilen bir çalışmada, soya bitkisine topraktan 40 kg ha⁻¹ ve yapraktan %0.3 konsantrasyonunda ZnSO₄ gübresi uygulanmıştır. Çalışmanın sonuçları, uygulama yöntemleri arasında anlamlı farklar olduğunu göstermektedir. Yaprak uygulamasında elde edilen dane yağ oranı %25.03 olarak bulunurken, toprak uygulamasındaki yağ oranı ise %22.73 olarak belirlenmiştir. Bu bulgular, yapraktan yapılan çinko uygulamasının toprak uygulamasına kıyasla daha yüksek yağ içeriği sağladığını ortaya koymaktadır. Bizim çalışmamızda ise uygulama yöntemleri arasında anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir; ancak toprak ve yaprak uygulamaları arasında benzer sonuçlar elde edilmiştir. Çinko kaynakları açısından ise, ZnSO₄ gübresinin ham yağ oranını diğer çinko kaynaklarına kıyasla daha fazla artırdığı tespit edilmiştir.

Tarafımızdan yürütülen çalışmada belirlenen kalite parametrelerinin diğeri de, soyada ham yağ verimi olmuştur. Ham yağ verimleri tüm çinko uygulamalarından elde edilen verilere göre 87.28 ile 95.42 kg da⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir. Zn kaynakları dikkate alınmadığında tüm uygulama yöntemlerinde kontrole bakılmaksızın Y uygulamalarının ham yağ verimleri en yüksek olurken bunu

sırayla T+Y ve T uygulamaları takip etmiştir (Çizelge 4.7). Benzer sonuçlar Çakmak (2019) tarafından yürütülen çalışmada da elde edildiği gözlenmiştir Söz konusu çalışmada soya bitkisine 0, 2.5, 5 kg da⁻¹ düzeylerinde çinko ve 0, 2, 4, 8 lt da⁻¹ humik asit uygulamalarının yapıldığı, hem çinko hem de humik asidin tek başına kullanılmasının ham yağ verimini önemli düzeyde etkilemediği görülmüştür. Bu sonuç bizim çalışmamızla uyumludur. Yine aynı çalışmada humik asit ve çinko uygulamalarının birlikte yapılması ham yağ verimini önemli düzeyde artırmıştır. Bu artışın nedeni toprağa humik asit uygulamanın bitki tarafından Zn alınabilirliğini artırarak dolaylı yoldan da ham yağ verimini artırmış olabileceğine dayandırılmıştır.

Çalışmamızda belirlenen bir başka kalite parametresi ham protein oranıdır. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre ham protein oranı % 32.95 ile %34.70 arasında değişmiş olup en düşük dane protein oranı ZnCl₂ ve Zn-EDTA gübrelere T uygulamasıyla ZnSO₄ gübresinin T+Y uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.8).Yapılan istatistiksel analiz sonucunda dane protein oranına Zn kaynakları, uygulama yöntemleri ve yöntem x kaynak interaksyonunun etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.9). Örneğin Han ve ark. (2024)'nın yürüttükleri çalışmada da soya da Zn uygulamasının tane protein oranını artırmadığı bulunmuştur. Bu bulgulara karşılık, yapılan bazı çalışmalarda ise soyada Zn uygulamasının tane protein içeriğini artırdığı belirlenmiştir (Abdel ve Haggan, 2014; Choudhary ve ark., 2014). Tane protein içeriğinde çeşit faktörünün de önemli bir etkisinin olabileceği bildirilmiştir. Örneğin Malakoati ve ark. (2017) iki soya çeşidinde topraktan ve yapraktan Zn uyguladıkları çalışmada çeşitlerden birinde Zn uygulamasıyla tane protein oranı artarken diğerinde azaldığı gözlenmiştir. Bu sonuç da soyanın büyüme, verim ve kalite parametreleri üzerine çeşit/genotip farkının önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Çinkonun bitki büyüme parametreleri üzerine olan etkisi tarla koşullarında yürütülen çalışmada belirlenmiştir. Çalışmamızdan elde edilen bulgulara göre Zn uygulamaları bitki boyunda belirgin farklılık gösterdiği bulunmuştur. Bitki boylarının 94.5 cm ile 107 cm arasında değiştiği saptanmıştır. En düşük bitki boyu kontrol uygulamasından elde edilirken, en yüksek bitki boyu ise ZnCl₂ gübresinin T+Y uygulamasında elde edilmiştir (Çizelge 4.13). Kontrol uygulamasına kıyasla en yüksek artış % 12,16 ile ZnCl₂ kaynağında görülmüş, bunu sırasıyla % 6.13 artışla Zn-EDTA ve % 0.42 artışla ZnSO₄ gübre uygulamaları takip etmiştir. Lietratürde Zn gübrelemesinin bitki boyunu arttırdığına yönelik birçok çalışma olduğu bildirilmiştir. Örneğin, Choudhary ve ark. (2014) yapraktan Zn gübrelemesinin soyada bitki boyu %9.9 oranında artırdığını bulmuşlardır. Pejuhan ve Çomaklı (2018) yaptıkları çalışmada, yapraktan Zn uygulamalarının yemlik soyanın bitki boyunu kontrole göre % 18.7 oranında artırdığını bildirmiştir. Bu sonuç bizim çalışmamızla benzerlik göstermektedir. Yadav ve ark., (2022) çinko gübrelemesinin soya bitki boyunu artırdığını ve bu artışın nedeninin yeterli çinko temini ile bitkilerdeki enzimlerin ve oksin metabolizmasının aktivitesinin hızlanması olduğunu bildirmişlerdir. Çinko uygulamasının bitki boyu değerlerini artırdığı yapılmış bazı araştırmalarda da saptanmıştır (Toğay ve Anlarsal, 2008; Ahirvar ve ark., 2023)

Çinkonun bitki boyunu arttırmasına karşılık ilk bakla yüksekliği üzerine önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.16). Yapılan bir başka çalışmada soya bitkisine Zn ($ZnSO_4$) topraktan dört doz (0, 2, 4 ve 8 kg Zn ha⁻¹) ve yapraktan üç doz (%0, 4 ve 8 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ yaprak uygulaması) olacak şekilde uygulanmıştır. Çalışmada Zn uygulamasının ilk bakla yüksekliğini tıpkı bizim çalışmamızda olduğu gibi, önemli düzeyde etkilemediği belirlenmiştir (Dede ve Acar, 2024). Literatürde örneğin farklı Zn uygulamalarının (tohuma bulaştırma ve topraktan) maş fasulyesinde ilk bakla yüksekliğine etkisi önemli bulunmamıştır. Bu bulgulara karşılık literatürde genelde Zn'nun ilk bakla yüksekliği üzerine önemli bir etkisi olduğu bildirilmiştir. Örneğin Çulpan (2022) soya bitkisinde kontrol uygulamasındaki ilk bakla yüksekliğini yapraktan Zn uygulamasına göre yüksek bulmuştur. Brezilya'da iki farklı kuru fasulye çeşidinde yapılan bir çalışmada topraktan ve yapraktan Zn uygulamaları yapılmıştır. Çalışma sonunda çeşitlerin birinde ilk bakla yüksekliğini, toprak ve yaprak Zn uygulamalarının kontrol uygulamasına göre önemli ölçüde artırdığı, diğer çeşitte ise Zn uygulamalarının ilk bakla yüksekliği üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Aynı çalışmada araştırmacılar Zn gübrelemesinin yaygın fasulye bitkilerindeki ilk bakla yüksekliği üzerindeki etkisinin, genotipe bağlı olarak değişiklik gösterdiğini belirtmişlerdir (Kachinski ve ark., 2020).

Tarafımızdan yürütülen çalışmada soyada aynı zamanda bakla sayısı da belirlenmiştir. Çalışmada bakla sayısında Zn gübre kaynaklarının önemsiz, buna karşılık Zn uygulama yöntemlerinin önemli olduğu bulunmuştur. Headrian ve ark. (2011) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, soya bitkisinde üç farklı büyüme döneminde (10 yapraklı dönem, çiçeklenme başlangıcı ve bakla oluşumu başlangıcı) yapraktan yapılan Zn uygulamalarının bitkide bakla sayısını önemli düzeyde artırdığı belirlenmiştir. Aynı çalışmada, çinko ve demir (Fe) uygulamalarının birlikte yapılmasının, yalnızca çinko uygulamasına kıyasla bakla sayısında daha belirgin bir artış sağlandığı bildirilmiştir. Soya bitkisinde yapılan başka bir çalışmada bakla başlangıcı döneminde yaprak uygulaması şeklinde yapılan Zn (%0.5 Zn-Şelat) uygulamasının bitkide bakla sayısını artırdığı bildirilmiştir (Dass ve ark., 2022).

Çinko uygulamaları aynı zamanda bitkide bakladaki tane sayısı üzerine olumlu bir etkisinin olduğu ancak, bu etkinin önemsiz olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.20). Literatürde benzer şekilde Acar (2019) tarafından yapılan çalışmada da, soya bitkisine artan dozlarda yapraktan ve topraktan uygulanan çinkonun (Zn) bakladaki tane sayısı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı bulunmuştur. Aynı şekilde, Dede ve Acar (2024) tarafından yapılan başka bir çalışmada, farklı dozlarda uygulanan yapraktan ve topraktan Zn uygulamalarının soya verimi ve verim bileşenleri üzerinde incelenmiş ve Zn uygulamalarının bakladaki tane sayısında anlamlı bir fark yaratmadığı bildirilmiştir. Çakmak (2019) ise yaptığı çalışmada, çinkolu gübrelerin bakladaki tane sayısını istatistiksel olarak etkilemediğini belirtmiştir.

Çalışmada belirlenen bir başka parametre olan soyada bitki başına toplam tane sayısının 81.7 ile 100.8 arasında değiştiği görülmüştür (Çizelge 4.21). Her ne kadar istatistiksel açıdan önemli

bulunmasa dahi tüm Zn uygulamalarının bitkide tane sayısını artırdığı tespit edilmiştir. Benzer çalışmaların sonuçları incelendiğinde, Togay ve ark. (2001), Dülgerbaki (2010), Malakooti ve ark. (2017), Singh ve ark. (2017) ve Acar (2019) tarafından gerçekleştirilen araştırmalarda, Zn uygulamalarının bitkide tane sayısını artırdığı tespit edilmiştir.

Çalışmamızda Zn'nun benzer şekilde soya bitkisinde 100 dane ağırlıkları üzerine etkisi önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.24). Sutradhar ve ark. (2017)'ı soya bitkine artan dozlarda çinko uygulamışlar ancak çalışmamızla benzer olarak çinko gübrelemesinin 1000 dane ağırlığında önemli bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Çinko gübre uygulamasının ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) uygulamasının, farklı sulama koşullarındaki börülce çeşitlerinin verim ve kalite özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmadan elde edilen bulgulara göre yüz dane ağırlığı üzerinde yalnızca çeşit faktörü istatistiksel olarak önemli bulunurken sulama, çinko ve bu faktörlerin etkileşimleri ise önemsiz bulunmuştur. Yüz dane ağırlığı açısından en yüksek değer çinkosuz parsellerde elde edilirken, en düşük değer çinkolu parsellerden elde edilmiştir. Çalışmanın sonuçları çalışmamızla örtüşmektedir. Bu bulgulardan farklı olarak Zn'nun 100 tohum ağırlığı üzerinde önemli bir etkisinin olabildiği bildirilmiştir. Örneğin, Yarnia ve ark. (2024)'nın kuru fasulyede yapmış oldukları çalışmada, $ZnSO_4$ gübresini topraktan ve farklı gelişme dönemlerinde yaprakтан uygulamışlar, elde edilen sonuçlara göre Zn uygulamaların 100 tohum ağırlığını önemli düzeyde artırdığı bulunmuştur.

Soyada farklı Zn uygulama metotları ve kaynaklarının bitkinin Zn alımı üzerinde genelde olumlu bir rolünün olduğu anlaşılmıştır. Çalışmada R3-R4 döneminde soyadan alınan yaprak örneklerinde Zn konsantrasyonlarının 56.50 mg kg^{-1} ile 65.25 mg kg^{-1} arasında değiştiği belirlenmiştir. Genç sürgünlerden alınan yapraklarda ise Zn konsantrasyonlarının 60 mg kg^{-1} ile $121.60 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değiştiği saptanmıştır (Çizelge 4.25). Elde edilen bu sonuçların, literatürdeki değerlerle uyumlu olduğu gözlenmiştir. Örneğin Martinez Cuesta ve ark. (2022) yaptıkları çalışmada Zn uygulamalarının soyada Zn konsantrasyonunu belirgin olarak yapraklarda arttırdığını, yaprakтан ve topraktan Zn uygulamalarında, sırasıyla 50.6 ve 60.3 mg kg^{-1} değerleriyle en yüksek yaprak Zn konsantrasyonlarının elde edildiği, ortalama yaprak Zn konsantrasyonunun 47 mg kg^{-1} olduğu bulunmuştur. Söz konusu çalışmada kontrol uygulamasındaki yaprak Zn konsantrasyonunun literatürdeki dane verimi için yeterli olan yaprak Zn konsantrasyon değerinden (21 mg kg^{-1} ; Small ve Ohlrogge 1973) oldukça yüksek olmasına rağmen, kontrole kıyasla tüm Zn uygulamalarının soyada dane verimini arttırdığı görülmüştür. Araştırmacılar bu sonuçlara göre, mevcut soya fasulyesi çeşitleri için yapraklardaki Zn konsantrasyon eşiklerinin yeniden kalibre edilmesi gerektiğini önermişlerdir. Nitekim Souza ve ark. (2020) Brezilya'da yaptıkları çalışmada Zn için soyada yeterlilik sınırının $58-68 \text{ mg kg}^{-1}$ düzeyinde olabileceğini göstermişlerdir. Son çalışmadaki ve Martinez Cuesta ve ark. (2022) tarafından yürütülen çalışmada görülen Zn konsantrasyon değerlerinin çalışmamızdaki soya yaprak konsantrasyon değerleriyle benzerlik gösterdiği anlaşılmıştır. Bu sonuç da çalışmamızda kontrol uygulamasında yeter sınır değerlerinde daha yüksek

Zn konsantrasyonuna sahip soya bitkisinin (56.75 mg kg^{-1} , Çizelge 4.25), Zn uygulamasıyla dane veriminin neden belirgin olarak artmadığını ortaya koymaktadır.

Çalışmamızda kontrol uygulamasında yapraktaki Zn konsantrasyon değerlerine yakın olacak düzeyde soyada dane Zn konsantrasyon değerlerine rastlanılmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgularda dane çinko konsantrasyonu 45 mg kg^{-1} ile 48.75 mg kg^{-1} arasında değişmiştir. En düşük tane Zn konsantrasyonu 45.00 mg kg^{-1} ile Zn-EDTA gübresinin T uygulamasından elde edilirken en yüksek değer ise 48.75 mg kg^{-1} ile ZnCl_2 gübresinin T+Y uygulamasından elde edilirken, kontrol uygulamasında ise Zn konsantrasyonu 45.25 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.27). Dane çinko konsantrasyonları kontrol, toprak, yaprak ve toprak+yaprak uygulamalarında sırayla 45.25 , 45.44 , 46.31 , 47.25 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir ve uygulama yöntemleri istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.28). T+Y uygulamasının ise en etkili yöntem olduğu belirlenmiştir. Çalışmamızda elde edilen dane Zn konsantrasyon aralığı ($45-48 \text{ mg kg}^{-1}$) diğer çalışmalarda elde edilen değerlere yakın olduğu görülmüştür. Örneğin, Martinez Cuesta ve ark. (2022) üç lokasyonda yaptıkları çalışmada kontrol, tohum, toprak ve yapraktan Zn uygulama yöntemlerinde soyada ortalama tane Zn konsantrasyonunu sırasıyla 39.7 , 42.2 , 44.1 ve 40.2 mg kg^{-1} olarak saptamışlardır. Söz konusu çalışmada en yüksek değerlerin topraktan Zn uygulamasında olduğu, buna karşılık tarafımızdan yürütülen çalışmada ise en yüksek tane Zn konsantrasyonu yaprak ve toprak+yaprak uygulamasında olduğu saptanmıştır. Martinez Cuesta ve ark. (2022) tarafından yürütülen çalışmada topraktan Zn'nun dane konsantrasyonunu artırmada ön plana çıkmasını toprakta alınabilir Zn'nun düşük olmasına ve topraktaki Zn'nun tane dolum aşamasında Zn varlığını artırarak bitkide hem dane verimini hem de dane Zn konsantrasyonunu arttırmasına bağlamışlardır. Aynı çalışmada araştırmacılar tohumdan ve yapraktan Zn'nun belirgin bir şekilde artmamasının nedeni olarak soyada düşük Zn taşınımı göstermişlerdir.

Çalışmamızda soyada Zn ilavesiyle elde edilen ortalama dane Zn konsantrasyonları (45.44 , 47.25 mg kg^{-1}) insan sağlığı için hedeflenen seviyenin (49 mg kg^{-1} ; Bouis ve Welch, 2010) altında kalmıştır. Soya fasulyesi üzerine yapılan yakın tarihli bir sera çalışmasında, toprakta Zn'nun alınabilirliğinin düşük olduğu durumlarda, tam bakla aşamasında (R4) uygulanan yaprak-Zn'sunun, V4'teki yaprak-Zn, V8'deki yaprak-Zn ve toprak-Zn uygulamasından daha etkili bir şekilde tane Zn konsantrasyonunu artırdığını bildirilmiştir (de Oliveira ve ark., 2019). Soya fasulyesi gelişiminin ileri aşamalarında yaprak-Zn uygulaması, düşünülmesinin gerektiği vurgulanmıştır (Martinez Cuesta ve ark., 2022) Bu nedenle, insan sağlığı için hedefe ulaşmak amacıyla, erken uygulamaların geç uygulamalarla kombinasyonlarının soyada dane konsantrasyonu nasıl etkilediğini test etmek önemli bir yaklaşım olacaktır.

Bitkide Zn beslenmesinin iyileştirilmesi yalnızca Zn'nun değil aynı zamanda bitkinin N alımını artırdığı görülmüştür. Çalışmamızda, yaprak azot konsantrasyonlarının $\%4.55$ ile $\%5.24$ arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.31). Elde edilen tüm değerlerin, soya bitkisinin yaprak azot yeterlilik sınırları ($4.01-5.50 \text{ mg kg}^{-1}$) içerisinde yer aldığı ve dolayısıyla bitki beslemesi

açısından herhangi bir eksiklik veya sorun olmadığı sonucuna varılmıştır (Jones ve ark., 1991). Bitkinin Zn beslenmesiyle N beslenmesinin iyileşmesi durumu Sentimenla ve ark. (2022), Goli ve ark. (2015), Solanki ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmalarda da görülmüştür.

Bu çalışmalardan farklı olarak Brezilya'da iki farklı soya çeşidine 0, 3, 6, 9, ve 12 kg ha⁻¹ düzeyinde Zn (ZnSO₄.7H₂O) glikofosat ile birlikte ve glikofosatsız olarak uygulanmıştır. Çalışmada çeşit, Zn uygulamalarının yaprak azot konstrasyonu üzerinde etkisinin olmadığı görülmüştür (Moreira ve ark., 2016).



5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapılan çalışmada Çukurova Bölgesinde 2023 yılı üretim sezonunda tarla koşullarında farklı çinko kaynakları ve uygulama yöntemlerinin soya bitkisinin verim, kalite ve bazı besin elementleri alımına etkisi belirlenmiştir. Çalışmada üç farklı gübre kaynağı ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, Zn-EDTA ve $ZnCl_2$), topraktan, yapraktan, hem topraktan hem de yapraktan olmak üzere üç farklı şekilde uygulanmıştır. Kontrol uygulamasına kıyasla soya bitkisinin verim, kalite ve bazı besin elementlerine olan etkileri tezin bulgular ve tartışma kısmında ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır. Bu tez kapsamındaki sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Çalışmada Zn uygulamalarının dane verimi üzerinde etkisinin önemli olmadığı belirlenmiştir. Kontrol uygulamasına göre sadece $ZnCl_2$ gübresiyle yapılan toprak+yaprak uygulamasında % 0.7 oranında bir verim artışı sağlanmıştır.
- Zn uygulamaları ile bitki kuru madde miktarında bir artış gerçekleşmiş ancak bu artış istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Kontrol uygulamasına kıyasla bitki kuru madde miktarında en yüksek artış %7.2 oranında $ZnCl_2$ gübre uygulamasından elde edilmiştir. Uygulama yöntemlerinde yapraktan uygulama diğer iki uygulamaya göre daha yüksek biomas oluşturmuştur. $ZnCl_2$ gübresinin yaprak uygulaması kontrol uygulamasına göre biomassta %17.1 oranında bir artış sağlamıştır.
- Çalışmada Zn uygulamalarına göre ham yağ oranları %22.35 ile %23.33 arasında değişmiştir. Zn uygulamaları kontrol uygulamasına göre değişen oranlarda ham yağ oranını artırmıştır. Zn uygulamalarından sadece Zn kaynakları ham yağ oranlarını önemli derecede etkilemiştir. Kontrol uygulamasına kıyasla ham yağ oranında en yüksek artış (%3.7) $ZnSO_4$ gübre uygulamasından elde edilmiştir.
- Yapılan çinko uygulamalarının etkisi ham yağ verimi, ham protein oranı ve ham protein veriminde önemsiz çıkmıştır.
- Çinko uygulamalarından sadece çinko kaynakları bitki boyunu %5 önem düzeyinde etkilemiştir. Kontrol uygulamasına kıyasla en yüksek artış %12.16 ile $ZnCl_2$ kaynağından elde edilmiş, bunu sırasıyla %6.13 artışla Zn-EDTA ve %0.42 artışla $ZnSO_4$ gübre uygulamaları takip etmiştir.
- Zn uygulamaları genel olarak kontrol uygulamasına göre ilk bakla yüksekliğini artırmış ancak artış önemli düzeyde olmamıştır. Çalışmada her ne kadar önemli olmasa da kontrol uygulamasına göre en fazla artış oranı %28.5 ile Zn-EDTA gübresinin toprak + yaprak uygulamasından elde edilmiştir.
- Çalışmada çinko uygulamalarının bitkide bakla sayısı, baklada tane sayısı ve 100 dane ağırlığı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

- Çinko uygulamalarının bitkide tane sayısını önemli düzeyde etkilemediği belirlenmiştir. Çalışmada yaprak uygulamaları en yüksek tane sayısını oluşturken, $ZnCl_2$ kaynağı ise kontrol uygulamasına kıyasla bitki başına toplam dane sayısını %11.2 oranına artırmıştır. Bu bakımdan bitki başına toplam dane sayısında yaprak ve uygulamalarının ve $ZnCl_2$ gibi çözünür kaynakların önemli olduğu sonucuna varılmıştır.
- Birinci Zn uygulamasından sonra alınan yaprak örneklerinde, tüm Zn kaynaklarının yaprak çinko konsantrasyonu artırdığı belirlenmiştir. Kontrol uygulamasına göre %7.9 oranında yaprak Zn konsantrasyon artışıyla en etkin kaynak Zn-EDTA olmuştur. Uygulama yöntemlerinin ise bitki Zn konsantrasyonunda anlamlı bir fark yaratmadığı belirlenmiştir.
- Zn uygulamaları soyada dane Zn konsantrasyonunu genelde arttırmıştır. En belirgin dane Zn artışı önemli olmasada $ZnCl_2$ kaynağından sağlamıştır. Zn uygulama yöntemlerinin tane Zn konsantrasyonu üzerine %5 düzeyinde önemli bir etkisinin olduğu bulunmuştur. Çalışmada tane Zn konsantrasyonunun en düşük toprak uygulamasında (45.44 mg kg^{-1}), en yüksek toprak+yaprak uygulamasında (47.25 mg kg^{-1}) olduğu belirlenmiştir.
- Yaprak N konsantrasyonunu Zn uygulamalarından olarak %1 önem düzeyinde etkilenmiştir. Yaprak azot konsantrasyonunu artıran en etkili kaynağın $ZnCl_2$, etkili yöntemin Yaprak uygulama yöntemi, en uygun Zn gübre uygulamasının ise $ZnCl_2$ gübresinin T+Y uygulaması olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre farklı çinko kaynakları ve uygulama yöntemlerinin soya bitkisinin verim, kalite ve bazı besin elementlerinin alınma etkilerinin farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Çinkonun insan sağlığı açısından çok önemli fonksiyonlara sahip olduğu literatürde bildirilmiştir. Çinko içeriği artırılmış besinleri tüketmek oldukça önemli bir stratejidir. Çalışmamızda yapraktan ve yaprak+topraktan Zn gübrelemesi her ne kadar verimi artırmamış olsada dane çinko konsantrasyonunu artırmıştır. Toprak Zn konsantrasyonunun düşük olduğu alanlarda soya yetiştiriciliğinde yapraktan ve yaprak + topraktan Zn uygulaması tane Zn içeriğini artırması bakımından önerilebilir.

Literatürde soya bitkisinin verim ve kalite parametrelerinin toprak özellikleri, çeşit, iklim koşulları ve yetiştirme bölgelerindeki farklılıklardan etkilendiği belirtilmektedir. Ayrıca, uygulama zamanları, uygulama dönemleri ve çinko düzeylerinin de bu parametreler üzerinde önemli etkiler oluşturduğu bildirilmiştir.

Bu doğrultuda, gelecekteki çalışmalarda, özellikle bu araştırmadan elde edilen sonuçlar ışığında, soyanın beslenme değerinin artırılması amacıyla çinko konsantrasyonunun optimize edilmesi gerekmektedir. Ülkemizdeki yağ ithalatının yüksek olduğu ve soya yağının sağlık açısından değerli bir kaynak olarak ön plana çıktığı göz önünde bulundurulduğunda, soya bitkisinin verimi ve içeriğinin zenginleştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla, farklı soya çeşitlerinde, çinko kaynakları ve uygulama yöntemlerinin daha da çeşitlendirerek, vejetatif ve generatif dönemlerinde

yapılacak olan çalışmalarda verim ve kalite üzerindeki etkilerinin araştırılması önerilmektedir. Böylece, yerli soya üretiminin artırılması ve genel verimliliğin yükseltilmesi sağlanabilir.





KAYNAKLAR

- Abdel, E., & Haggan, L. M., 2014. Effect of micronutrients foliar application on yield and quality traits of soybean cultivars. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 7-11.
- Acar, İ. 2019. Yapraktan ve Toprakdan Uygulanan Çinkonun Soya Fasulyesinin (*Glycine max. L.*) Verim ve Verim Ögeleri Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı
- Ahirwar, S. K., Kumar, A., Bhargava, R., Patel, R., Singh, O., Sharma, S., & Ahirwar, M. K. 2023. The Effect of Various Doses of Zinc on the Growth and Yield of Soybean Crop, *Glycine Max, L.* *International Journal of Plant & Soil Science*, 35(24), 308-312.
- Alloway, B. J., 2002, www.zincworld.org
- Alloway, B.J., 2008. Zinc in Soils and Crop Nutrition. International Zinc Association and International Fertilizer Association, 16.
- Alloway, B., 2004. Zinc in soils and crop nutrition. International Zinc Association Communications, Brussels: IZA Publications.
- Almeida, R. E. M. D., Custódio, D. P., Oliveira, S. M. D., Lima, L. S., Costa, R. V. D., & Campos, L. J. M. 2023. Recommendation of soil fertilization with copper and zinc for soybean crops grown in Petric Plinthosol. *Ciência Rural*, 53, e20210722.
- Anonim, 2011. TechnoServe. Southern Africa Regional Soybean Roadmap: Final Presentation. Southern Africa Trade Hub. Bill and Melinda Gates Foundation. Agland Investment Services, Inc. Global Agriculture, Food and Resources Consultants
- Anonim, 2023. <https://www.mku.edu.tr/files/898-6f98ee32-158c-4c28-9b30-55e4bf59966.pdf>
- Anonim, 2015. Soybean growth and development. University of Wisconsin-Madison. Retrieved from <http://corn.agronomy.wisc.edu/Crops/Soybean/L004.aspx>
- Anonim, 2024. <https://www.progenseed.com/progen/8/soya-tohumu-lider.html>
- Anonim, 2024a. https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/68236/mod_resource/content/0/Mineral%20bile%C5%9Fimleri.pdf
- Arıoğlu, H.H., 2007. Yağ Bitkileri Yetiştirme ve Islahı. Ders Kitapları Yayın No: A-70. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Atölyesi. Adana. 14-21 21
- Avcıoğlu, H., 2022. Bursa Bölgesinde Zeytin Yetiştirilen Toprakların Yararışlı Çinko İçeriklerinin Belirlenmesinde Kullanılacak Yöntemler. Yüksek Lisans Tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi, Toprak ve Bitki Besleme Anabilim Dalı.
- Baraibar, M. & Deutsch, L., 2023. The soybean through world history: lessons for sustainable agrofood systems (p. 267). Taylor & Francis.
- Barrow, N.J., 1993. Mechanism of reaction of zinc with soil and soil components. In: Zinc in Soils and Plants. A.D. Robson (ed.), pp. 15-31. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands

- Beisenbayeva, M. M., Dosymbek, S., Zhapparova, A., Toktibayeva, K., Utenbayeva G, Murzabayev B, Yertayeva Z., 2021. Güney-Kazakistan'da sulu tarım yapılan toprakların bazı fiziksel özellikleri ve geçirgenlikleri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 9(1): 39-42.
- Beltrame, A. 2023. Uptake of zinc by soybean leaves using sources with different solubilities (Master's thesis, University of São Paulo “Luiz de Queiroz” College of Agriculture).
- Bergmann, W. 1992. Nutritional Disorders of Plants: Development, Visual and Analytical Diagnosis. Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart, New York.
- Boşgelmez, A., Boşgelmez, İ., Savaşçı, S., Paslı, N., 2001. Ekoloji – II (Toprak), Başkent Klişe Matbaacılık, Kızılay-Ankara.
- Bouis, H. E., & Welch, R. M., 2010. Biofortification—a sustainable agricultural strategy for reducing micronutrient malnutrition in the global south. *Crop science*, 50, S-20.
- Bouyoucos, G. J., 1951. A Recalibration of TheHydrometerMethodforMakingMechanical Analysis of Soils. *Agronomy Journal*. 43: 434-438.
- Brayson, G. M., H.A. Mills, D.N. Sassaville, J. Benton Jones, Jr., and Barker, A.V., 2014. Plant Analysis Handbook IV. Micro-Macro Publishing, Inc. 183 Paradise Blvd., Ste. 104 Athens, Georgia 30607
- Broadley, M., Brown, P., Cakmak, I., Rengel, Z. and Zhao, F-J., 2012. Function of nutrients: micronutrients. İn: Marschner, P. (ed.) Marschner's mineral nutrition of higher plants, 3rd ed Academic Press, London. pp. 191-248
- Brummer, G.W., Gerth, J., Ve Tiller, K.G.B., 1988. Reaction kinetics of the adsorption and desorption of nickel, zinc and cadmium by goethite. II. Adsorption and diffusion of metals. *J. Soil Sci.*, 39:37-52.
- Cakmak, I. 2000. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. *New Phytologist*, 146, 185-205.
- Catlett, K. M., Heil, D. M., Lindsay, W. L., & Ebinger, M. H., 2002. Soil chemical properties controlling zinc²⁺ activity in 18 Colorado soils. *Soil Science Society of America Journal*, 66(4), 1182-1189.
- Choudhary, P., Jhajharia, A., and Kumar, R., 2014. Influence of sulphur and zinc fertilization on yield, yield components, and quality traits of soybean (*Glycine max* L.). *The Bioscan*, 9(1), 137-142.
- Coşkan, A., Gök. M. ve Doğan, K., 2006. Anız yakılmış ve yakılmamış parseller üzerine uygulanan tütün atığının soyada biyolojik azot fiksasyonuna ve verime etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi* 12(3): 239-245.
- Çağlar. K.Ö. 1949. Toprak Bilgisi. A.Ü. Yayın No:10.
- Çakmak, İ., 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? *Plant and Soil*, 302, 1-17.

- Çakmak, İ. Yılmaz, A., Kalaycı, M., Ekiz, H. Torun, B., Erenoglu, B. and Brawn, H.J, 1996a Zinc De ficiency as Critical Problem in Wheat Production in Central Anatolia. *Plant and Soil*. 180: 167-172.
- Çakmak, Ö., 2019. Humik asit ve çinko uygulamalarının soya (*Glycine max L.*) bitkisinin verim ve bazı bitkisel özellikleri üzerine etkisi (Yüksek lisans tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı). Ordu Üniversitesi.
- Çırak, C. ve Esendal, E., 2005. Soyada bitki gelişim dönemleri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(2), 57-65.
- Çolakoğlu, H. ve Çiçekli, M., 2016. Yapraktan Gübreleme <https://www.toros.com.tr>
- Çulpan, E., (2022). Effect of iron, boron and zinc applications on yield and quality traits of some soybean cultivars. *Current trends in natural sciences*, 11(22), 29-34.
- Dai, H., Wei, S., & Twardowska, I., 2020. Biofortification of soybean (*Glycine max L.*) with Se and Zn, and enhancing its physiological functions by spiking these elements to soil during flowering phase. *Science of the Total Environment*, 740, 139648. rice and soybean grains. *Journal of Plant Nutrition*, 43(1), 79-91.
- Dass, A., Rajanna, G. A., Babu, S., Lal, S. K., Choudhary, A. K., Singh, R., ... & Kumar, B., 2022. Foliar application of macro-and micronutrients improve the productivity, economic returns, and resource-use efficiency of soybean in a semiarid climate. *Sustainability*, 14(10), 58f25.
- Davarpanah, S., Tehranifar, A., Davarynejad, G., Abadía, J., & Khorasani, R. 2016. Effects of foliar applications of zinc and boron nano-fertilizers on pomegranate (*Punica granatum cv. Ardestani*) fruit yield and quality. *Scientia horticulturae*, 210, 57-64.
- Dede, Ö. ve Acar, İ., 2024. Effects of Foliar and Soil Applied of Zinc on Yield and Its Components in Soybean (*Glycine max. L. Merr.*). *Akademik Ziraat Dergisi*, 13(2), 362-368.
- Diñç, U., Sarı, M., Şenol, S., Kapur, S., Sayın, S., Dericci, M.R., Çavuşgil, V., Gök, M., Aydın, M., Ekinci, H., Ağca, N., Schlichting, E., 1990. Çukurova Bölgesi Toprakları. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Yardımcı Ders Kitabı, Yayın No: 26, Adana.
- Djanaguiraman, M., Schapaugh, W., Fritschi, F., Nguyen, H. and Prasad, P. V. V., 2019. Reproductive success of soybean (*Glycine max L. Merrill*) cultivars and exotic lines under high daytime temperature. *Plant Cell Environ.* 42: 321–336.
- Ducatti, R. D. B., & Tironi, S. P., 2024. Enhancing the efficiency and sustainability of foliar fertilization in agriculture. *Agronomy Science and Biotechnology*, 10, 1-21.
- Dukariya, G., Shah, S., Singh, G., & Kumar, A., 2020. Soybean and its products: Nutritional and health benefits. *Journal of Nutritional Science and Healthy Diet*, 1(2), 22-29.
- Duymuş, E., Gencer, M., Aydın, O., Yerlikaya, R., ve Torun, M. B., 2020. Farklı çinko form ve dozlarının mısırın kuru madde verimi üzerine etkisi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 33(1), 137-143.

- Dülgerbaki, T., 2010. Maş fasulyesinde (*Phaseolusaureus* L.) farklı çinko uygulamalarının verim ve verim unsurları üzerine etkisi. Yüksek Lisans. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı. Isparta.
- Enderson, J. T., Mallarino, A. P., & Haq, M. U., 2015. Soybean yield response to foliar-applied micronutrients and relationships among soil and tissue tests. *Agronomy Journal*, 107(6), 2143-2161.
- Eyüpoğlu F., Kurucu N., & Sanisa U., 1994. Status of plant available micronutrients in Turkish soils (in Turkish). Annual Report, Report No: R118. Soil and Fertilizer Research Institute, Ankara, 1994; 25–32
- Eyüpoğlu, F., Kurucu, N. ve Talaz, S., 1998. Türkiye Topraklarının Bitkiye Yararışlı Çinko Bakımından Genel Durumu. I. Ulusal Çinko Kongresi, 99-106, Eskişehir.
- Fageria, N. K., Barbosa, F., and Santos, A. D., 2008. Growth and zinc uptake and use efficiency in food crops. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39(15-16), 2258-2269.
- Fan, Y., Wang, M., Li, Z., Jiang, H., Shi, J., Shi, X., & Ma, L., 2022. Intake of soy, soy isoflavones and soy protein and risk of cancer incidence and mortality. *Frontiers in Nutrition*, 9, 847421.
- FAO, 1990. Micronutrient. Assessment at the Country Level: An International Study, FAO Soil Bulletin by Mikko Sillanpaa, Rome.
- Fox, T.C. & Guerinot, M.L., 1998. Molecular biology of cation transport in plants. *Annual Review Of Plant Biology* 49(1): 669-696.
- Fritschi, F. B., & Ray, J. D., 2007. Soybean leaf nitrogen, chlorophyll content, and chlorophyll a/b ratio. *Photosynthetica*, 45, 92-98.
- Gangloff, W. J., Westfall, D. G., Peterson, G. A., & Mortvedt, J. J., 2000. Availability of organic and inorganic Zn fertilizers. CSU Ag. Exp. Stat. Technical Bull. TB 00-1.
- Gaudin, A. C. M., Janovicek, K., Deen, B., & Hooker, D. C., 2015. Wheat improves nitrogen use efficiency of maize and soybean-based cropping systems. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 210, 1–10.
- Goli, M., Pande, M., Bellaloui, N., & Wrachien, D., 2015. Effects of Soil Applications of Micro-Nutrients and Chelating Agent Citric Acid on Mineral Nutrients in Soybean Seeds. *Agricultural Sciences*, 6, 1404-1411.
- Gorny, A., Uterman, J., & Eckelmann, W., 2000. Germany: In Heavy metal (trace element) and organic matter contents of European soils. European Commission, CEN Soil Team N 30, Secretariat, Nederlands Normalisatie-Institute (NEN) Delft, The Netherlands.
- Goyal, R.K., Mattoo, A.K., & Schmidt M.A., 2021. Rhizobial–host interactions and symbiotic nitrogen fixation in legume crops toward agriculture sustainability. *Frontiers in Microbiology* 12:669404.

- Graham, R. D., 1991. Breeding wheats for tolerance to micronutrient deficient soils: Present status and priorities. In D. A. Saunders (Ed.), Wheat for the non-traditional warm areas (pp. 315-332). CIMMYT, Mexico D.F.
- Gülser, F., 1996. Elma ağaçlarının demir ve çinko ile beslenmesinde organik ve inorganik yapılmı mikro element gübrelerinin etkilerinin karşılaştırılması. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
- Güneş, A., Aktaş, M., İnal, A., Alpaslan, M., 1996. Konya kapalı havzası topraklarının fiziksel ve kimyasal özellikleri. A.Ü.Z.F. Yay. No. 1453. Bil. Araşt. ve İnc. 801.
- Güneş, A., Alpaslan, M. ve İnal, A. 2004. Bitki Besleme ve Gübreleme. A.Ü. Ziraat Fakültesi yayın No: 1539, Ders Kitabı: 492.
- Güzel, N., Gülüt, K.Y., Büyük, G., 2004. Toprak Verimliliği ve Gübreler. Çukurova Ü. Ziraat F. Genel Yayın No: 246, Ders Kitapları Yayın No: A-80. Adana, 654s.
- Halvorson, A. D., & Lindsay, W. L., 1977. The critical Zn²⁺ concentration for corn and the nonabsorption of chelated zinc. Soil Science Society of America Journal, 41(3), 531-534.
- Hamilton, M. A., Westermann, D. T., & James, D. W., 1993. Factors affecting zinc uptake in cropping systems. Soil Science Society of America Journal, 57(5), 1310-1315.
- Han, Ş., Sönmez, İ., Qureshi, M., Güden, B., Gangurde, S. S., & Yol, E., 2024. The effects of foliar amino acid and Zn applications on agronomic traits and Zn biofortification in soybean (*Glycine max* L.). Frontiers in Plant Science, 15, 1382397.
- Hassan, S.M., 2013. Soybean, nutrition, and health. Soybean bio-active compounds. London: InTech p. 453–73.
- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale & W.L. Nelson., 1999. Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management. Prentice Hall. New Jersey
- Heidarian, A. R., Kord, H., Mostafavi, K., Lak, A. P., & Mashhadi, F. A., 2011. Investigating Fe and Zn foliar application on yield and its components of soybean (*Glycinemax* (L) Merr.) at different growth stages. Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development, 3(9), 189
- Herman, J. C., 1992. How a soybean plant develops. Iowa State University of Science and Technology Cooperative Extension Service Special Report, No. 53, USA.
- Hoss, M., Behnke, G. D., Davis, A. S., Nafziger, E. D., & Villamil, M. B. 2018. Short corn rotations do not improve soil quality, compared with corn monocultures. Agronomy Journal, 110, 1274–1288
- Hotz, C., & Brown, K. H. 2004. Assessment of the risk of zinc deficiency in populations and options for its control. Food and Nutrition Bulletin, 25, 94-204.
- Imsong, W., Tzudir, L., Longkumer, L. T., Gohain, T., and Kawikhonliu, Z., 2023. Effect of sulphur and zinc fertilization on the quality and economics of soybean (*Glycine max* L. Merrill) under Nagaland condition. Biological Forum – An International Journal, 15(4), 307-312.

- Islam, M. S., Muhyidiyn, I., Islam, M. R., Hasan, M. K., Hafeez, A. G., Hosen, M. M., and Erman, M., 2022. Soybean and sustainable agriculture for food security. In Soybean-Recent Advances in Research and Applications. Intech Open
- Jones, J. B., Wolf, J. B. & Mills, H. A., 1991. Plant Analysis Handbook. Micro-Macro Publishing, 23-26 pp, Athens, G.A.
- Kacar, B. ve Katkat, V., 2010. Bitki besleme. 5. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti, Kızılay
- Kacar, B., 2016. Bitki, Toprak ve Gübre Analizleri 3: Fiziksel ve Kimyasal Toprak Analizleri. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, TR.
- Kacar, B., 1995. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri. III. Toprak Analizleri. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Eğitim. Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 3. 705 ss Ankara.
- Kacar, B. ve İnal, A., 2008. Bitki Analizleri. Nobel Yayın Dağıtım. Ankara.
- Kacar, B., 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: II. Bitki Analizleri. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları 453. Uygulama Kılavuzu 155. A.Ü. Basımevi. 1-646 s. Ankara.
- Kacar, B., 2019. Sürdürülebilir Tarımda Mikro Besin Maddeleri. Nobel Yayın Dağıtım. Ankara.
- Kachinski, W. D., Ávila, F. W., Muller, M. M. L., Reis, A. R., Rampim, L., & Vidigal, J. C. B., 2020. Nutrition, yield and nutrient export in common bean under zinc fertilization in no-till system. *Ciência e Agrotecnologia*, 44, e029019.
- Kandel, H., & Endres, G. 2019. Soybean production field guide for North Dakota. North Dakota State University. A1172.
- Kara, O., Arslan, E., Yıldız, M., ve Dengiz, O., 2023. İkinci Ürün Soya Yetiştiriciliğinde Farklı Toprak İşleme ve Ekim Yöntemlerinin Toprağın Bazı Fiziksel Özelliklerine ve Bitki Çıkış Oranına Etkisi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 10(2), 168-179.
- Kumlay, A. M., Demirel, S., Demirel, F. ve Yıldırım, B., 2021. Bazı soya çeşitlerinin IPBS markörleriyle moleküler karakterizasyonu. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(1), 11-18.
- Lakshmy, M. P., Engrala, A.O., Yabi G., & Singh, A. K., 2020. Response of Soybean (*Glycine max* L. Merrill) to Foliar Application of Nutrients. *Int. J. Curr. Microbiol. App.Sci.* 9(4): 494-500.
- Leite, C. M., da Silva, A., César, F. R., Guimarães, G. G., Almeida, E., & Muraoka, T., 2020. Low efficiency of Zn uptake and translocation in plants provide poor micronutrient enrichment in rice and soybean grains. *Journal of Plant Nutrition*, 43(1), 79-91.
- Lindsay, W. L., and Norvell, W. A., 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42, 421-428.
- Lindsay, W.L. and Norwell, W.A., 1969. Development of a DTPA Micronutrient Soil Test. Argon. Abstr. 84
- Loue, A., 1993. Les oligo-éléments en agriculture. France: SCPA-NATHAN.

- Malakooti, S. H., Majidian, M., Ehteshami, S. M., & Rabiee, M., 2017. Evaluation of iron and zinc foliar and soil application on quantitative and qualitative characteristics of two soybean cultivars. *A Journal of Multidisciplinary Science and Technology*, 8(3), 1-7.
- Mallarino, A., Kaiser, D., Ruiz-Diaz, D., Laboski, C., Camberato, J., and Vyn, T., 2017. Micronutrients for soybean production in the north central region.
- Marschner, H., 1983. General introduction to the mineral nutrition of plants. In *Inorganic plant nutrition* (pp. 5-60). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Marschner, H., 1993. Zinc uptake from soils. In *Zinc in Soils and Plants: Proceedings of the International Symposium on 'Zinc in Soils and Plants' held at The University of Western Australia, 27–28 September, 1993* (pp. 59-77). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Marschner, H., 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2nd Edition, Academic Press, New York.
- Martens, D. C., & Westermann, D. T., 1991. Fertilizer applications for correcting micronutrient deficiencies. *Micronutrients in agriculture*, 4, 549-592.
- Martínez Cuesta, N., Carciocchi, W., Wyngaard, N., Sainz Rozas, H., Silva, S., Salvagiotti, &F., Barbieri, P., 2022. Zinc fertilization strategies in soybean: Plant uptake, yield, and seed concentration. *Journal of Plant Nutrition*, 46(6), 1134-1144.
- Martínez Cuesta, N., Carciocchi, W., Sainz-Rozas, H., Salvagiotti, F., Colazo, J. C., Wyngaard, N., & Barbieri, P., 2021. Effect of zinc application strategies on maize grain yield and zinc concentration in mollisols. *Journal of Plant Nutrition*, 44(4), 486-497.
- Merken, Ö., Çolakoğlu, H., Aydın, M., Erdem, A., İrget, M. E., Çakıcı, H., Ilgın, C., Ünal, A. ve Yıldız, S., 2011. Gediz havzasında sultani çekirdeksiz üzüm bağlarının mevcut beslenme durumu ve iyileştirilmesine yönelik parametrelerin belirlenmesi. *Manisa Bağcılık Araştırma İstasyonu Müdürlüğü Sonuç Raporu*.
- Montalvo, D., Degryse, F., da Silva, R.C., Baird, R. & McLaughlin, M.J., 2016. Chapter Five- Agronomic Effectiveness of Zinc Sources as Micronutrient Fertilizer. *Advances in Agronomy*, 139, 215-267.
- Moradi, M., Daneshzad, E., & Azadbakht, L., 2020. The effects of isolated soy protein, isolated soy isoflavones and soy protein containing isoflavones on serum lipids in postmenopausal women: A systematic review and meta-analysis. *Critical Reviews in Food Science and*
- Moraghan, J.T., & Mascogni, H.J., 1991. Environmental and Soil Faktors Affecting Micronutrient Deficiencies and Toxities, In *Micronutrients in Agriculture*. 371–425.
- Moreira, A., Moraes, L. A. C., & Fageria, N. K., 2015. Zinc and Amino-Acids on the Yield and Nutritional State of Alfalfa Grown in the Tropical Soil. *Journal of Plant Nutrition*, 38(5), 780–
- Moreira, A., Moraes, L. A. C., Furlan, T., & Heinrichs, R., 2016. Effect of glyphosate and zinc application on yield, soil fertility, yield components, and nutritional status of soybean. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47(8), 1033-1047.

- Moreno-Lora, A., & Delgado, A., 2020. Factors determining Zn availability and uptake by plants in soils developed under Mediterranean climate. *Geoderma*, 376, 114509.
- Morshedi, A. & H. Naghibi. 2004. Effects of foliar application of Cu and Zn on yield and quality of canola seed (*Brassica napus* L.). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 11 (3):15–22.
- Mortvedt, J.J., 1991. Micronutrient fertilizer technology. In: Mortvedt JJ, Cox FR, Shuman LM, Welch RM (eds) *Micronutrients in Agriculture*. SSSA Book Series No. 4. Madison, WI. pp. 89–112
- Murshed,F., 2024.Zinc and boron foliar application. An influential treatment on the quality and seed yield of soybean. *DYSONA-Applied Science*. 5(1). 20-24.
- Nazarovna, A. K., Bakhromovich, N. F., Alavkhonovich, K. A., & Ugli, K. S. S.,2020. Effects of sulfur and manganese micronutrients on the yield of soybean varieties. *Agricultural Sciences*, 11(11), 1048.
- Nazlıcan,A.N.,2010.Soya Yetiştiriciliği.https://arastirma.tarimorman.gov.tr/cukurovataem/Belgeler/Yeti%C5%9Ftiricilik/soya-yetistiriciligi_1.pdf
- Ning, P., Zhang, X., Wu, T., Li, Y., Wang, S., Fei, P., & Tian, X. 2021. Biofortification of wheat with zinc as affected by foliar applications of zinc, pesticides, phosphorus and biostimulants. *Crop and Pasture Science*.
- Noulas, C., Tziouvalekas, M., & Karyotis, T., 2018. Zinc in soils, water and food crops. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 49, 252-260.
- Oliveira, N. T., de Rezende, P. M., de Fátima Piccolo Barcelos, M., & Bruzi, A. T. 2019. Zinc biofortification strategies in food-type soybean cultivars. *Australian Journal of Crop Science*, 13(1), 11-16.
- Oliveira, V. D. S., Marchiori, J. J. D. P., Ferreira, L. D. S., Boone, G. T. F., Pereira, L. L. D. S., Carriço, E., & Bolsoni, E. Z., 2023. The Nutrient Zinc in Soil and Plant: A Review. *International Journal of Plant & Soil Science*, 35(4), 25-30.
- Öner, T. 2006. Soya Sektör Raporu. İstatistik Şubesi.www.ito.org.tr/ITOPortal/Dokuman/15.59.pdf
- Özdemir, G., Tangolar, S., Erdem, H., Bilir Ekbiç, H., ve Torun, M., 2005. Değişik asma anaçları ve Flame Seedless üzüm çeşidi ile bunların oluşturdukları kombinasyonlara çinko uygulamalarının fenolojik gelişme ve bazı vejetatif özellikler üzerine etkisi. *Alatarım*.
- Parker, M.B., & Walker, M.E., 1986. Soil pH and manganese effect on manganese nutrition of peanut. *Argon. J.*, 78, 614-620.
- Pejuhan, J. ve Çomaklı, B., 2018. Kireçli topraklarda uygulanan demir, çinko ve bazı biyolojik gübrelere yemlik soya (*Glycine max. (L) Merrill*)’da verim ve bazı özelliklere etkileri. *Alinteri Journal of Agriculture Science*, 33(2), 153-163.
- Plaster, E.J., 1992. *Soil science and management*. 2 nd. Edition, Delmar Publishers Inc., Albany, New York, USA.

- Prasad, R. & Power, J.F., 1997. Soil Fertility Management for Sustainable Agriculture. Lewis Publishers in an Imprint of CRC Press. 243.
- Purcell, L.C., Montserrat, S., & Ashlock, L., 2014. Soybean growth and development. Arkansas Soybean Production Handbook, Chapter 2.
- Raghuwanshi, N., Sharma, B., Uikey, I., & Prajapati, S., 2017. Residual and Cumulative effect of Zinc on Yield, Quality of Soybean (*Glycine max* L.) and Various pools of Zinc in a Vertisol of Madhya Pradesh, cv. JS 97-52. *Int. J. Bio-resource Stress Manage.* 8, 444–449. doi: 10.23910/IJBSM/2017.8.3.1800
- Reddy, N. S., & Kumari, K., 2022. Importance of zinc in plant nutrition: a review. *Asian J. Microbiol. Biotechnol. Environ. Sci.* 490-493.
- Rees, J., Specht, J., Elmore, R., Nygren, A., & Mueller, N., 2019. Considerations after crusted soybean. University of Nebraska-Lincoln.
- Rengel, Z., 2015. Availability of Mn, Zn and Fe in the rhizosphere. *Journal of soil science and plant nutrition*, 15(2), 397-409.
- Richards, L. A., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Handbook No. 60. United States Department of Agriculture.
- Sarkar, A. N., & Wynjones, R. G., 1982. Effect of rhizosphere pH on the availability and uptake of Fe, Mn and Zn. *Plant and Soil*, 66, 361-372.
- Schulte, C. C., Borah, K., Wheatley, R. M., Terpolilli, J. J., Saalbach, G., Crang, N., & Poole, P. S., 2021. Metabolic control of nitrogen fixation in rhizobium-legume symbioses. *Science Advances*, 7(31), eabh2433.
- Sentimenla, Singh, A.K., & Merasenla., 2022. Effect of Zinc Sources on Nutrient Content and Uptake in Soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] under the Acidic Soil Conditions of Nagaland. *Legume Research*. 45(4): 502-506.
- Shukla, L.M., 2000. Sorption of zinc and cadmium on soil clays. *Agrochimica*, 44: 101-106.
- Shulte, E.E., Walsh, L.M., 1982. Soil and applied zinc. *Üniv. Wisconsin Coop. Xet. Serv.* A 2528.
- Sillanpaa, M., 1982. Micronutrients and the Nutrient Status of Soils. A Global Study FAO Soils Bulletin. No: 48. FAO. Rome. Italy.
- Singh, S., Singh, V., & Layek, S., 2017. Influence of sulphur and zinc levels on growth, yield and quality of soybean (*Glycine max* L.). *Int. J. Plant Soil Science*. 18, 1–7.
- Singh, D. & Sharma, S., 2019. Soil Factors Affecting Zinc Availability For Cereal Crops. *Indian J. Sci. Res.* 10 (1): 225-229, 2019
- Small, H. G., & A. J. Ohlrogge., 1973. Plant analysis as a aid in fertilizing soybeans and peanuts. In *Soil testing and plant analysis*, eds. L. M. Walsh, and J. B. Beaton, 2nd ed., 315–27. Madison, WI: Soil Science Society of America.

- Solanki, D., Swetha, P., & Solanki, M. S., 2017. Effect of sulphur and zinc on content and uptake of nutrients of summer green gram [*Vigna Radiata* (L.) Wilezeck] under medium black calcareous soils. *International Journal of Agricultural Science and Research*, 7(4), 657-662.
- Sousa, S. F., Lopes, A. B., Fernandes, P. A., & Ramos, M. J., 2009. The Zinc proteome: a tale of stability and functionality. *Dalton Transactions*, (38), 7946-7956.
- Souza, H. A. D., Vieira, P. F. D. M. J., Rozane, D. E., Sagrilo, E., Leite, L. F. C., & Ferreira, A. C. M., 2020. Critical levels and sufficiency ranges for leaf nutrient diagnosis by two methods in soybean grown in the Northeast of Brazil. *Revista Brasileira de Ci4ncia do Solo*, 44, e0190125.
- S6nmez, B., 6zbahe, A., Akg6l, S. ve Keçeci, M., 2018. T6rkiye topraklarının bazı verimlilik ve organik karbon (TOK) içeriğinin coğrafi veri tabanının oluşturulması. Proje Sonuç Raporu (TAGEM/TSKAD/11/A13/P03). Toprak G6bre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstit6s6, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel M6d6rl6ğ6, Ankara.
- Stowe K.D. & Vann, R., 2022. <https://content.ces.ncsu.edu/north-carolina-soybean-production-guide/the-soybean-plant>
- Sutrathar, A.K., Kaiser, D.E., & Behnken, L.M.,2017. Soybean Responseto Broadcast Application of Boron, Chlorine, Manganese, and Zinc. *Agron. J.*109(3):1048–1059.
- S6mer F.6., 2022. Soya Tane Verimi ve Protein Oranının inko Uygulaması ile Geliştirilmesi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(11), 2188-2195.
- Tarumingkeng, R. C., & Coto, Z., 2003. Effects of drought stress on growth and yield of soybean. *Kisman. Sci. Philosophy*, 702, 798-807.)
- TEBGE. 2018. Tarım 6r6nleri Piyasaları. Soya
- TEBGE. 2022. Soya 6r6n Raporu.
- Tek., 2022. Diyarbakır koşullarında çinko g6bre dozlarının mercimek (*Lens culinaris* Medic.) eşitlerinde verim ve verim komponentleri 6zerine etkisinin belirlenmesi. Y6ksek Lisans Tezi.Mardin Artuklu 6niversitesi Lisans6st6 Eğitim Enstit6s6. Tarla Bitkileri Anabilim Dalı
- Thapa, S., Bhandari, A., Ghimire, R., Xue, Q., Kidwaro, F., Ghatrehsamani, S., ..., & Goodwin, M., 2021. Managing micronutrients for improving soil fertility, health, and soybean yield. *Sustainability*, 13(21), 11766.
- Toğay, N., Togay, Y. ve G6lser, F., 2001. Van koşullarında farklı çinko dozlarının mercimek (*Lens culinaris* Medik) eşitlerinde verim ve verim 6đelerine etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(2), 126-130.
- Toğay, Y., ve Anlarsal, A. E., 2008. Farklı inko ve fosfor dozlarının mercimek (*Lens Culinaris* Medic.)'de verim ve verim 6đelerine etkisi. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 18(1), 49-59.
- Toğay,E.,2007.Soya Tarımı.<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/etae/Belgeler/EgitimBrosur/139-ciftcibro.pdf>

- Torun, B. ve akmak, İ. B. 2004. Orta Anadolu Bölgesinde inko noksanlığı. Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi. Tarım Sanayi Çevre, 521-534, 11-13 Ekim 2004, Tokat.
- Tovep, 1991. Türkiye toprakları Verimlilik Envanteri. T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı. Köy Hizmetleri Genel Müd.
- TÜİK, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr>. Erişim Tarihi: 20.03.2023
- Tüzüner, A., 1990. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Ankara.
- Vassilev, A., Nikolova, A., Koleva, L., & Lidon, F., 2011. Effects of excess Zn on growth and photosynthetic performance of young bean plants. *Journal of phytology*, 3(6).
- White, J.G. & Zasoski, R.J., 1999. Mapping soil micronutrients. *Field Crop Res* 60:11–26
- Wiebold, W. J., 2012. Arrested development in the soybean field part 1: Flower and pod abscission. *Integrated Pest & Crop Management*, 22(11), 117-8.
- Xue, A. O., Zhao, M. H., Qian, Z. H. U., Jie, L. I., Zhang, H. J., Wang, H. Y., ...& Han, X. R., 2013. Study on plant morphological traits and production characteristics of super high-yielding soybean. *Journal of Integrative Agriculture*, 12(7), 1173-1182.
- Yadav, S. L., Rai, H. K., Yadav, I.R., Kumar, A., & Choudhary. M., 2022. Effect of zinc application strategies on growth and yield of soybean in central India. *International Journal of Plant & Soil Science*. 33(24). 490-497.
- Yarnia, M., Soltani Bouljak, M., Bolouri, P., & Tolay, İ., 2024. "Zinc and manganese effect seed quality and germination in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.)," *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*: Vol. 48: No. 1, Article 14.
- Yasari, E., & Vahedi, A., 2012. Micronutrients impact on soybean (*Glycine max* (Merrill)) qualitative and quantitative traits. *International Journal of Biology*, 4(2), 112.
- Yılmaz, A., Ekiz, H., Torun, B., Gültekin, I., Karanlık, S., Bağcı, S. A., & akmak, I., 1997. Effect of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in wheat cultivars grown on zinc-deficient calcareous soils. *Journal of Plant Nutrition*, 20(4–5), 461–471.
- Zayed, B.A., Salem, A.K.M., El Sharkawy, H.M., 2011. Effect of different micronutrient treatments on rice (*Oriza sativa* L.) growth and yield under saline soil conditions. *World Journal of Agricultural Sciences*, 7(2): 179-184.
- Zobiolo, L. H. S., Kremer, R. J., de Oliveira Jr, R. S., & Constantin, J., 2012. Glyphosate effects on photosynthesis, nutrient accumulation, and nodulation in glyphosate-resistant soybean. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 175(2), 319-330.
- Zulfiqar, U., Hussain, S., Maqsood, M., Ishfaq, M., & Ali, N., 2021. Zinc nutrition to enhance rice productivity, zinc use efficiency, and grain biofortification under different production systems. *Crop Science*, 61(1), 739-749



ÖZGEÇMİŞ

Havva AKÇA,

