



**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FARKLI GELİŞİM DÖNEMLERDE UYGULANAN DEMİR SÜLFAT
DOZLARININ PAMUĞUN (GOSSYPİUM HİRSUTUM L.) VERİM VE BAZI VERİM
UNSURLARINA ETKİSİ**

**Abdulkadir YILMAZ
TARLA BİTKİLERİ BÖLÜMÜ**

**ŞANLIURFA
2026**



**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FARKLI GELİŞİM DÖNEMLERDE UYGULANAN DEMİR SÜLFAT
DOZLARININ PAMUĞUN (GOSSYPİUM HİRSUTUM L.) VERİM VE BAZI VERİM
UNSURLARINA ETKİSİ**

**Abdulkadir YILMAZ
TARLA BİTKİLERİ BÖLÜMÜ**

DANIŞMAN: Prof. Dr. Vedat BEYYAŞ

**ŞANLIURFA
2026**

TEŐEKKÖR

Yüksek lisans eğitimim ve bu tez çalışmasının planlanması, yürütölmesi ve tamamlanması sürecinde bilgi, deneyim ve yol göstericiliğıyle bana her zaman destek olan, akademik bakış açısı kazanmamda önemli katkıları bulunan değerli danışmanım Prof. Dr. Vedat BEYYAVAŞ'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Hayatım boyunca olduğı gibi yüksek lisans eğitimim süresince de sevgileri, sabırları, anlayışları ve sonsuz destekleriyle her zaman yanımda olan, bana güç veren kıymetli aileme ve eşime en derin sevgi ve teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, eğitim ve araştırma sürecinde desteklerini, anlayışlarını ve dostluklarını esirgemeyen tüm arkadaşlarıma ve emeğı geçen herkese teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÇİZELGELER DİZİNİ	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
KISALTMALAR	vii
SİMGELER.....	viii
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
3. GEREÇ ve YÖNTEM	11
3.1. Materyal	11
3.1.1. Deneme yılı ve yeri	11
3.1.2. Denemede kullanılan bitki materyali	11
3.1.3. Denemede kullanılan demir sülfat (FeSO ₄)	12
3.1.4. Toprak özellikleri	12
3.1.5. İklim özellikleri	12
3.2. Yöntem	13
3.2.1. Deneme deseni	13
3.2.2. Arazi hazırlığı, ekim ve hasat	14
3.2.3. Araştırmada uygulanan kültürel işlemler	15
3.2.4. Zararlı ve yabancı ot mücadelesi	15
3.2.5. Araştırmada İncelenen Özellikler ve Yöntemleri	16
3.2.5.1. SPAD ölçümleri.....	16
3.2.5.2. Bitki boyu (cm)	16
3.2.5.3. Bitki başına koza sayısı (adet/bitki)	16
3.2.5.4. Koza ağırlığı (g)	16
3.2.5.5. Kütlü pamuk ağırlığı (g).....	16
3.2.5.6. Kütlü pamuk verimi (kg/da)	17
3.2.5.7. Çırçır randımanı (%)	17
3.2.5.8. 100 Tohum ağırlığı (g)	17
3.2.5.9. Lif kopma dayanıklılığı (g/tex).....	17
3.2.5.10. Lif inceliği (mic)	17
3.2.5.11. Lif uzunluğu (mm)	17
3.2.5.12. Verilerin değerlendirilmesi.....	17
4. BULGULAR	19
4.1. Verim (kg/da)	19
4.2. Bitki boyu (cm).....	22
4.3. Koza sayısı (adet/bitki)	24
4.4. Koza ağırlığı (g)	26
4.5. Koza kütlü ağırlığı (g)	28
4.6. Çırçır randımanı (%)	30
4.7. 100 tohum ağırlığı (g).....	32
4.8. SPAD 45. Gün	34
4.9. SPAD 60. Gün	36
4.10. SPAD 75. Gün	38

4.11. Lif inceliği (micronaire)	40
4.12. Lif uzunluğu (mm)	42
4.13. Lif kopma dayanıklılığı (g/tex).....	44
5. TARTIşMA.....	47
6. SONUÇLAR	53
7. ÖNERİLER	54
KAYNAKLAR.....	55
ÖZ GEÇMİř	58

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI GELİŞİM DÖNEMLERİNDE UYGULANAN DEMİR SÜLFAT DOZLARININ PAMUĞUN (*GOSSYPIUM HIRSUTUM L.*) VERİM VE BAZI VERİM UNSURLARINA ETKİSİ

Abdulkadir YILMAZ

HARRAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TARLA BİTKİLERİ BÖLÜMÜ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Vedat BEYYAVAŞ

Yıl: 2026, Sayfa: 58

Pamuk (*Gossypium hirsutum L.*), tekstil sanayisinin temel hammaddesi olması ve sağladığı ekonomik katkı nedeniyle dünya genelinde yaygın olarak yetiştirilen en önemli endüstri bitkilerinden biridir. Kireçli topraklarda demirin bitkiler tarafından yararlanılabilirliğinin azalması, pamukta demir noksanlığının ortaya çıkmasına ve buna bağlı olarak verim potansiyelinin düşmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle, demir noksanlığının giderilmesinde FeSO_4 'ün farklı gelişme dönemleri ve dozlarda uygulanmasının pamukta verim ve verim unsurları üzerine etkilerinin belirlenmesi bilimsel açıdan önem taşımaktadır. Deneme 2025 yılı yetiştirme sezonunda, Şanlıurfa ili Eyyübiye ilçesi Mutlukaya Mahallesi'nde yürütülmüştür. Ekim işlemi arazi hazırlığı tamamlandıktan sonra 15 Mayıs 2025 tarihinde gerçekleştirilmiş olup, bitkiler 75 cm sıra arası ve 10–12 cm sıra üzeri olacak şekilde ekim işlemi gerçekleştirilmiştir. Tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulan çalışmada dört farklı FeSO_4 dozu [%0 (kontrol), 0,2 g/L, 0,4 g/L ve 0,6 g/L] taraklanma dönemi, taraklanma sonu–çiçeklenme başlangıcı ve çiçeklenme doruğu olmak üzere üç farklı gelişme döneminde yapraktan uygulanmıştır. Denemede pamuğun verim (kg/da), bitki boyu (cm), koza sayısı (adet/bitki), koza ağırlığı (g), koza kütlü ağırlığı (g), SPAD değeri, çırcır randımanı (%), 100 tohum ağırlığı (g), lif inceliği (mic), lif uzunluğu (mm), lif mukavemeti (g/tex) özellikleri incelenmiştir. Araştırma sonucunda; en yüksek verim değeri 467,5 kg/da ile TB+ÇB+ÇD uygulamasının %0,6 dozundan elde edilmiştir ve kontrol parseline göre (408.8 kg/da), %14.36 oranında daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca çalışmada verim (kg/da), bitki boyu (cm), koza sayısı (adet/bitki), koza ağırlığı (g), koza kütlü ağırlığı (g), SPAD değeri, çırcır randımanı (%), lif inceliği (mic), lif uzunluğu (mm), lif mukavemeti (g/tex) üzerine FeSO_4 uygulamaları istatistiksel anlamda önemli bulunmuş ve kontrol parsellerine kıyasla incelenen özelliklerin büyük çoğunluğunda daha yüksek değerler sağlamıştır.

ANAHTAR KELİMELE: Pamuk, Demir sülfat, Gelişim dönemleri, Lif kalitesi

ABSTRACT

MASTER’S THESIS

THE EFFECT OF FERROUS SULFATE DOSES APPLIED IN DIFFERENT DEVELOPMENTAL PERIODS ON THE YIELD AND SOME YIELD COMPONENTS OF COTTON (*GOSSYPIMUM HIRSUTUM* L.)

Abdulkadir YILMAZ

HARRAN UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL
DEPARTMENT OF FIELD CROPS

Thesis Advisor: Prof. Vedat BEYYAVAŞ

Year: 2026, Page: 58

Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) is one of the most important industrial crops widely cultivated worldwide due to its importance as a primary raw material for the textile industry and its economic contribution. The reduced availability of iron to plants in calcareous soils may lead to iron deficiency in cotton, consequently reducing its yield potential. Therefore, determining the effects of foliar applications of FeSO₄ at different growth stages and doses on yield and yield components in cotton is of scientific importance. The experiment was conducted during the 2025 growing season in Mutlukaya Neighborhood, Eyyübiye district, Şanlıurfa Province, Türkiye. Sowing was carried out on May 15, 2025, following the completion of land preparation, with a row spacing of 75 cm and an intra-row spacing of 10–12 cm. The experiment was established in a randomized complete block design with three replications. Four different FeSO₄ doses [0% (control), 0.2 g/L, 0.4 g/L, and 0.6 g/L] were applied foliarly at three different growth stages: squaring stage, the end of squaring–beginning of flowering, and peak flowering. The following characteristics were investigated: yield (kg/da), plant height (cm), number of bolls (number/plant), boll weight (g), seed cotton boll weight (g), SPAD value, ginning outturn (%), 100-seed weight (g), fiber fineness (mic), fiber length (mm), and fiber strength (g/tex). As a result of the study, the highest yield was obtained from the 0.6% dose of the TB+ÇB+ÇD treatment, with 467.5 kg/da, which was 14.36% higher than that of the control treatment (408.8 kg/da). In addition, FeSO₄ applications had statistically significant effects on yield (kg/da), plant height (cm), number of bolls (number/plant), boll weight (g), seed cotton boll weight (g), SPAD value, ginning outturn (%), fiber fineness (mic), fiber length (mm), and fiber strength (g/tex), and provided higher values for the majority of the investigated characteristics compared with the control treatments.

KEYWORDS: Cotton, Ferrous sulphate, Developmental periods, Fiber quality

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1.	Şanlıurfa ili Eyyübiye ilçesi Mutlukaya köyüne ait toprak özellikleri	12
Çizelge 3.2.	Şanlıurfa İli 2025 yılı ve uzun yıllara ait bazı iklim verileri (MGM,2025)	12
Çizelge 4.1.	Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarından elde edilen verim (kg/da) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları	20
Çizelge 4.2.	Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarına göre ortalama verim (kg/da) değerleri	21
Çizelge 4.3.	Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarından elde edilen bitki boyu (cm) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları	22
Çizelge 4.4.	Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarına göre ortalama bitki boyu (cm) değerleri	23
Çizelge 4.5.	Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarından elde edilen koza sayısına (adet/bitki) ilişkin varyans analiz sonuçları	24
Çizelge 4.6.	Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarına göre ortalama koza sayısı (adet/bitki) değerleri	25
Çizelge 4.7.	Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarından elde edilen koza ağırlığı (g) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları	26
Çizelge 4.8.	Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarına göre ortalama koza ağırlığı (g) değerleri	27
Çizelge 4.9.	Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarından elde edilen koza kütlü ağırlığına (g) ilişkin varyans analiz sonuçları	28
Çizelge 4.10.	Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarına göre ortalama koza kütlü ağırlığı (g) değerleri	29
Çizelge 4.11.	Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarından elde edilen çırcır randımanı (%) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları	30
Çizelge 4.12.	Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarına göre ortalama çırcır randımanı (%) değerleri	31
Çizelge 4.13.	Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarından elde edilen 100 tohum ağırlığına (g) ilişkin varyans analiz sonuçları	32
Çizelge 4.14.	Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarına göre ortalama 100 tohum ağırlığı (g) değerleri	33
Çizelge 4.15.	Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarından elde edilen SPAD 45. gün'e ait varyans analiz sonuçları	34
Çizelge 4.16.	Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarına göre ortalama SPAD 45.gün değerleri	35
Çizelge 4.17.	Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarından elde edilen SPAD 60. gün'e ait varyans analiz sonuçları	36
Çizelge 4.18.	Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarına göre ortalama SPAD 60.gün değerleri	37
Çizelge 4.19.	Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarından elde edilen SPAD 75. gün'e ait varyans analiz sonuçları	38

Çizelge 4.20.	Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarına göre ortalama SPAD 75.gün değerleri	39
Çizelge 4.21.	Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarından elde edilen lif inceliğine (micronaire) ilişkin varyans analiz sonuçları	40
Çizelge 4.22.	Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarına göre ortalama lif inceliği (micronaire) değerleri	41
Çizelge 4.23.	Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarından elde edilen lif uzunluğuna (mm) ilişkin varyans analiz sonuçları	42
Çizelge 4.24.	Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarına göre ortalama lif uzunluğu (mm) değerleri	43
Çizelge 4.25.	Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarından elde edilen lif kopma dayanıklılığına (g/tex) ilişkin varyans analiz sonuçları	44
Çizelge 4.26.	Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarına göre ortalama lif kopma dayanıklılığı (g/tex) değerleri	45

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.	Deneme deseni planı	14
Şekil 3.2.	Deneme alanında uygulamaların yapılması ve gözlemlerin alınmasına ait görseller	18
Şekil 3.3.	Deneme alanında gözlem alınmasına ait görseller	18
Şekil 3.4.	Hasat sonrası pamuğun çırcırlama işlemine ait görünüm	19
Şekil 4.1.	Farklı dönemlerde uygulanan demir sülfat uygulamalarının verim üzerine etkisi (TB: Taraklanma başlangıcı dönemi, ÇB: Çiçeklenme başlangıcı dönemi, ÇD: Çiçeklenme doruğu dönemi)	21
Şekil 4.2.	Farklı dönemlerde uygulanan demir sülfat uygulamalarının bitki boyu üzerine etkisi (TB: Taraklanma başlangıcı dönemi, ÇB: Çiçeklenme başlangıcı dönemi, ÇD: Çiçeklenme doruğu dönemi)	23
Şekil 4.3.	Farklı dönemlerde uygulanan demir sülfat uygulamalarının koza sayısı üzerine etkisi (TB: Taraklanma başlangıcı dönemi, ÇB: Çiçeklenme başlangıcı dönemi, ÇD: Çiçeklenme doruğu dönemi)	25
Şekil 4.4.	Farklı dönemlerde uygulanan demir sülfat uygulamalarının koza ağırlığı üzerine etkisi (TB: Taraklanma başlangıcı dönemi, ÇB: Çiçeklenme başlangıcı dönemi, ÇD: Çiçeklenme doruğu dönemi)	27
Şekil 4.5.	Farklı dönemlerde uygulanan demir sülfat uygulamalarının koza kütlü ağırlığı üzerine etkisi (TB: Taraklanma başlangıcı dönemi, ÇB: Çiçeklenme başlangıcı dönemi, ÇD: Çiçeklenme doruğu dönemi)	29
Şekil 4.6.	Farklı dönemlerde uygulanan demir sülfat uygulamalarının çırcır randımanı üzerine etkisi (TB: Taraklanma başlangıcı dönemi, ÇB: Çiçeklenme başlangıcı dönemi, ÇD: Çiçeklenme doruğu dönemi)	31
Şekil 4.7.	Farklı dönemlerde uygulanan demir sülfat uygulamalarının 100 tohum ağırlığı üzerine etkisi (TB: Taraklanma başlangıcı dönemi, ÇB: Çiçeklenme başlangıcı dönemi, ÇD: Çiçeklenme doruğu dönemi)	33
Şekil 4.8.	Farklı dönemlerde uygulanan demir sülfat uygulamalarının 45. Gün SPAD değeri üzerine etkisi (TB: Taraklanma başlangıcı dönemi, ÇB: Çiçeklenme başlangıcı dönemi, ÇD: Çiçeklenme doruğu dönemi)	35
Şekil 4.9.	Farklı dönemlerde uygulanan demir sülfat uygulamalarının 60. Gün SPAD değeri üzerine etkisi (TB: Taraklanma başlangıcı dönemi, ÇB: Çiçeklenme başlangıcı dönemi, ÇD: Çiçeklenme doruğu dönemi)	37
Şekil 4.10.	Farklı dönemlerde uygulanan demir sülfat uygulamalarının 75. Gün SPAD değeri üzerine etkisi (TB: Taraklanma başlangıcı dönemi, ÇB: Çiçeklenme başlangıcı dönemi, ÇD: Çiçeklenme doruğu dönemi)	39
Şekil 4.11.	Farklı dönemlerde uygulanan demir sülfat uygulamalarının lif inceliği üzerine etkisi (TB: Taraklanma başlangıcı dönemi, ÇB: Çiçeklenme başlangıcı dönemi, ÇD: Çiçeklenme doruğu dönemi)	41

Şekil 4.12.	Farklı dönemlerde uygulanan demir sülfat uygulamalarının lif uzunluğu üzerine etkisi (TB: Taraklanma başlangıcı dönemi, ÇB: Çiçeklenme başlangıcı dönemi, ÇD: Çiçeklenme doruğu dönemi)	43
Şekil 4.13.	Farklı dönemlerde uygulanan demir sülfat uygulamalarının lif kopma dayanıklılığı üzerine etkisi (TB: Taraklanma başlangıcı dönemi, ÇB: Çiçeklenme başlangıcı dönemi, ÇD: Çiçeklenme doruğu dönemi)	45

KISALTMALAR

TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
SPAD	Klorofil içeriği ölçüm indeksi
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü

SİMGELER

%	Yüzde
°C	Santigrat Derece (Sıcaklık ölçü birimi)
mg	miligram
g	Gram
mL	Millilitre
L	Litre
kg	Kilogram
ha	Hektar
da	Dekar
cm	santimetre
pH	Hidrojen potansiyeli

1. GİRİŞ

Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) ebegümecigiller (Malvaceae) familyasına ait çok yıllık çalı formunda olan bir bitkidir (Smith ve Cothren, 1999). Subtropikal ve tropikal bölgelere uyum sağlayabilen; derin, kumlu-killi, geçirgen, su tutma kapasitesi yüksek, sulanma ve işlenmesi kolay topraklar pamuk bitkisinin yetişmesi için ideal topraklardır. İklim faktörlerinin başında sıcaklık, oransal nem, yağış ve gün ışığı gelmektedir. Pamuk tarımında yaz aylarında sıcaklığın 25°C olması istenirken yıllık ortalama sıcaklığın 19°C olması gerekmektedir. Ayrıca hasat döneminde kozaların tam olarak açılabilmesi için 15°C'ye kadar sıcaklığın azalması istenmektedir. (Sezener vd., 2007).

Pamuk lif, yağ ve yem sanayisine sağladığı ham madde ile dünya genelinde ve Türkiye'de tarıma dayalı sanayinin en stratejik ürünlerinden biridir. Endüstri bitkisi olan pamuk, tekstil sektörünün ana girdisi olan lifi sağlarken, çekirdeğinden (çiğit) elde edilen bitkisel yağ ile gıda sektörüne, yüksek proteinli küspesiyle de hayvancılık sektörüne hizmet etmektedir. Petrol temininde dışa bağımlılığın sürmesi ve fosil yakıtların oluşturduğu çevresel ve ekolojik risklerin azaltılmasına yönelik girişimler doğrultusunda, pamuğun çekirdeğinden elde edilen yağların biyodizel üretimindeki kullanımının son yıllarda önemli ölçüde arttığı bildirilmektedir (Özüdoğru, 2021).

Türkiye, pamuk üretim alanı ve lif kalitesi bakımından küresel pazarda önemli bir aktör olup, özellikle sürdürülebilir yüksek verim elde edilmesi ülke ekonomisi açısından kritik bir öneme sahiptir. Ülkemizde yaklaşık 467.000 ha'lık alanda pamuk tarımı yapılmakta ve bu alanlardan toplam 830.000 tonluk bir lif pamuk (yaklaşık 2.2 milyon ton kütlü pamuk) üretimi gerçekleştirilmektedir. Ülke üretiminin yaklaşık %60 oranında gerçekleştiği Güneydoğu Anadolu Bölgesinde ise 281.000 ha alanda pamuk ekimi yapılmakta ve 498.000 ton lif pamuk üretimi gerçekleştirilmektedir (TÜİK, 2025). Pamuk bitkisinden birim alandan yüksek verim ve kaliteli lif elde edilmesi; genetik potansiyel, iklim faktörleri, sulama ve dengeli bir bitki besleme programının koordineli yönetimi ile mümkündür.

Bitkisel üretimde yüksek verim ve kaliteli ürün elde edilmesi, bitkilerin ihtiyaç duyduğu besin elementlerinin yeterli ve dengeli miktarlarda karşılanmasına bağlıdır. Bitki besin elementleri, bitkilerin büyüme ve gelişmesini sürdürebilmeleri için mutlak gerekli olan

makro ve mikro besin elementleri olarak iki gruba ayrılmaktadır. Makro besin elementleri (azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve kükürt) bitkiler tarafından yüksek miktarlarda tüketilirken; mikrobesein elementleri demir (Fe), çinko (Zn), mangan (Mn), bakır (Cu), bor (B), molibden (Mo), klor (Cl) ve nikel (Ni) gibi bitkilerin çok düşük miktarlarda gereksinim duyduğu ancak metabolik faaliyetlerin sağlıklı şekilde yürütülmesi açısından hayati öneme sahip elementlerdir (Bolat ve Kara, 2017).

Mikrobesein elementleri, bitki bünyesinde birçok fizyolojik ve biyokimyasal olayın düzenlenmesinde görev almaktadır. Bu elementler enzimlerin yapısına katılarak veya enzim aktivatörü olarak görev yapmakta; fotosentez, solunum, protein sentezi, karbonhidrat metabolizması, azot metabolizması ve hormon sentezi gibi temel yaşamsal süreçlerin düzenlenmesine katkı sağlamaktadır. Mikrobesein elementlerinden herhangi birinin yetersizliği durumunda bitkilerde büyüme gerilemekte, verim ve kalite önemli ölçüde azalmaktadır (Küçükyumuk ve Bayındır, 2023).

Mikrobesein elementleri arasında yer alan demir (Fe), bitki gelişiminde en önemli elementlerden biri olarak kabul edilmektedir. Demir, doğrudan klorofil molekülünün yapısına katılmamakla birlikte klorofil sentezi için zorunlu olan enzimlerin aktivitesinde görev almakta ve fotosentetik mekanizmanın sağlıklı şekilde işlemlerini sağlamaktadır. Ayrıca sitokromlar, ferredoksin ve diğer demir içeren proteinlerin yapısında yer alarak elektron taşınımı, enerji üretiminde önemli roller üstlenmektedir. Bu nedenle demir eksikliği bitkilerde fotosentez kapasitesinin azalmasına, büyümenin yavaşlamasına ve verim kayıplarına neden olmaktadır (Horuz vd., 2016). Demir eksikliği özellikle yüksek pH'lı, kireç içeriği fazla ve bikarbonat bakımından zengin topraklarda yaygın olarak görülmektedir. Bu koşullarda toprakta yeterli miktarda demir bulunsa bile çözünürlüğü azalmakta ve bitkiler tarafından alınabilirliği önemli ölçüde düşmektedir. Bunun sonucunda genç yapraklarda damarlar yeşil kalırken damar aralarının sararması şeklinde kloroz belirtileri ortaya çıkmaktadır. İleri seviyelerde ise yapraklarda beyazlaşma, nekroz, büyümede gerileme ve önemli ürün kayıpları meydana gelmektedir (Aksoy vd., 2020).

Türkiye tarım topraklarının önemli bir bölümü kireçli ve alkali karakter göstermesi nedeniyle mikro besin elementleri, özellikle de demir noksanlığı açısından risk

taşımaktadır. Bu topraklarda yüksek pH ve aktif kireç miktarı, demirin çözünürlüğünü ve bitkiler tarafından alınabilirliğini azaltmakta; bunun sonucunda birçok tarım toprağında bitkilerin gereksinimini karşılayacak düzeyde yararlı demir bulunmamakta ve bu durum tarımsal üretimde verim ile kaliteyi sınırlandıran önemli faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir (Kadifeci vd., 2024). Bu nedenle demir eksikliğinin giderilmesine yönelik uygun gübreleme programlarının geliştirilmesi sürdürülebilir bitkisel üretim açısından büyük önem taşımaktadır. Beyyavaş vd., (2023), pamuk yetiştiriciliğinde demir, bitkinin vejetatif gelişimi, klorofil oluşumu, fotosentetik etkinliği ve generatif organların gelişimi üzerinde önemli etkilere sahip olduğunu belirtmişlerdir. Özellikle kireçli topraklarda yetiştirilen pamuk bitkilerinde demir eksikliği yaygın olarak görülmekte, bu durum bitki boyu, koza sayısı, koza ağırlığı ve lif verimi gibi verim unsurlarında önemli azalışlara neden olmaktadır. Demirin yapraktan uygulanmasına yönelik farklı çalışmalar yürütülmüştür. Bununla birlikte, pamukta demirin farklı elementlerle birlikte uygulanmasına yönelik çalışmaların sınırlı olması, bu alandaki bilgi boşluğunun giderilmesine yönelik araştırmaların önemini ortaya koymaktadır. Bu nedenle farklı gelişme dönemlerinde uygulanacak uygun demir dozlarının belirlenmesi, pamukta yüksek verim ve kaliteli lif üretimi açısından önemli bir araştırma konusu olarak değerlendirilmektedir.

Bu çalışma; pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) bitkisine farklı gelişim dönemlerinde (1-Taraklanma Başlangıcı, 2-Taraklanma Başlangıcı + Çiçeklenme Başlangıcı ve 3-Taraklanma Başlangıcı + Çiçeklenme Başlangıcı + Çiçeklenme Doruğu) uygulanan farklı demir sülfat (FeSO_4) (Kontrol, 0.2 g/l, 0.4 g/l ve 0.6 g/l) dozlarının, bitkinin morfolojik gelişimi ve verim parametreleri üzerindeki etkilerini belirlemek ve bu konuda bölgede ileride yapılacak olan çalışmalara yardımcı olabilmek amacıyla ele alınmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Başar (2002), Uludağ Üniversitesi'nde Ziraat Fakültesi araştırma alanında, yapraktan uygulanan farklı demir (Fe) bileşiklerinin soya fasulyesinin demirle beslenme durumu üzerindeki etkilerini ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Sera koşullarında yürütülen deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuş ve yetiştirme ortamına %0, %10 ve %20 oranlarında tarım kireci ilave edilmiştir. Çalışmada, toprağa 0, 15 ve 30 mg Fe kg⁻¹ dozlarında FeSO₄·7H₂O uygulanırken, bitkilere yapraktan 0,01 N ve 0,001 N konsantrasyonlarında H₂SO₄ verilmiştir. Ayrıca, FeEDDHA (%0,2 w/v), FeSO₄·H₂O (%1 w/v, pH 7) ve FeSO₄·7H₂O (%1 w/v, pH 3) çözeltileri yaprak uygulaması şeklinde toplam dört kez uygulanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, yapraktan uygulanan FeSO₄·7H₂O, soya fasulyesinin toplam ve aktif demir içeriklerini en yüksek düzeyde artıran uygulama olduğu belirlenmiştir. Buna karşılık, topraktan FeSO₄·7H₂O ile birlikte yapraktan H₂SO₄ uygulanan kombinasyonlarda belirgin bir iyileşme gözlenmemiştir. Bununla birlikte, 0,01 N derişimindeki H₂SO₄ uygulamasının, 0,001 N derişimine kıyasla daha etkili olduğu saptanmıştır. FeEDDHA uygulamasının etkinliği ise yapraktan FeSO₄·7H₂O uygulaması ile topraktan FeSO₄·7H₂O ve yapraktan H₂SO₄ kombinasyonu arasında orta düzeyde olduğunu belirtmiştir.

Haliloğlu, (2005), Suruç Ovası koşullarında Erşan-92 ve Stoneville-453 pamuk çeşitlerinde farklı gelişme dönemlerinde uygulanan yaprak gübrelerinin (% 3.4 Fe, % 3.0 Mn, % 0.5 Cu, % 4.2 Zn, % 1.2 Mg (% 2 MgO), % 1.5 B, % 0.05 Mo, % 2.8 S) bitkisel ve lif özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Araştırma bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre; yaprak gübresi uygulamalarının kütlü pamuk verimi ve çırcır randımanı üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin bulunmadığı, koza kütlü ağırlığının Stoneville-453'te önemli etkisinin bulunmadığı belirtmişlerdir. Buna karşın koza sayısı, bitki boyu, 100 tohum ağırlığı ve lif mukavemeti üzerinde olumlu etkiler saptanmıştır. Ayrıca yaprak gübresi uygulamaları lif uzunluğunu az da olsa artırmış, özellikle taraklanma başlangıcında uygulanan 300 g/da dozunda her iki çeşitte de daha ince lifler elde edilmiştir. Araştırmacılar, mikro besin elementi eksikliği belirlenen alanlarda yaprak gübrelerinin kullanılmasının yararlı olabileceğini

bildirmiştir.

Sankaranarayanan vd., (2010), pamukta topraktan magnezyum (Mg), çinko (Zn), demir (Fe) bor ve 50 kg ha⁻¹ FeSO₄'ün verim ve lif kalite özellikleri üzerine etkilerini incelemiştir. Araştırma sonuçlarına göre; 50 kg ha⁻¹ FeSO₄ uygulamasında kütlü pamuk verimi 1380-1540, çırçır randımanı %36.3-39.2, lif uzunluğu 27-27.6 mm, lif mukavemeti 19.8-20.4 g/tex-1, lif inceliği 3.9-4.2 mic değerlerini elde etmişlerdir. Araştırmada FeSO₄ uygulaması ile çırçır randımanı %39,2 ve lif üniformitesi %50,2 ile çalışmanın en yüksek değerlerine ulaşılmıştır. Araştırmada FeSO₄ uygulamasının özellikle çırçır randımanı ve lif üniformitesi üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu, ancak lif mukavemeti, mikroner, lif uzaması ve lif kalite indeksi gibi diğer lif kalite özelliklerinde uygulamalar arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemli olmadığı bildirilmiştir. Araştırma sonucunda özellikle yapraktan Mg ve topraktan B uygulamalarının verimi artırdığı, Fe uygulamasının ise çırçır randımanı ve lif üniformitesini iyileştirdiği bildirilmiştir.

Ivanov vd., (2012), çift çenekli bitkilerde demir eksikliğine karşı geliştirilen fizyolojik ve moleküler adaptasyon uygulamalarını kapsamlı bir derleme çalışmasıyla incelemiştir. Araştırmada sonuçlarına göre; demir eksikliği koşullarında bitkilerin kök ortamını asitleştirerek demirin çözünürlüğünü artırdığı, Fe³⁺ formundaki demiri bitki tarafından alınabilir Fe²⁺ formuna dönüştüren enzimlerin aktivitesini yükselttiği ve demir taşıyıcı proteinlerin sentezini artırarak demir alımını desteklediği belirtilmiştir. Ayrıca demir alımını ve bitki içerisindeki taşınmasını düzenleyen genlerin birlikte çalışarak besin elementi dengesininde korunmasında önemli rol oynadığını vurgulamışlardır. Araştırmacılar, bu mekanizmaların ayrıntılı olarak ortaya konulmasının demir kullanım etkinliği yüksek bitki çeşitlerinin geliştirilmesine katkı sağlayacağını ifade etmişlerdir. Elde edilen bulgular, demir eksikliğinin yaygın olarak görüldüğü kireçli topraklarda yetiştirilen pamukta demir beslenmesinin iyileştirilmesine yönelik yürütülen çalışmalar açısından önemli bir bilimsel altyapı sunduğunu ifade etmişlerdir.

Kabir vd., (2016), demir eksikliği koşullarında yetiştirilen tarla bezelyesinde (*Pisum sativum* L.) yapraktan uygulanan farklı demir gübrelerinin klorozun giderilmesi ve tane demir içeriğinin artırılması üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışmada FeSO₄, Fe-EDTA

ve Fe-EDDHA uygulamaları karşılaştırılmış; tüm uygulamaların demir eksikliğine bağlı kloroz belirtilerini azalttığı ve bitki gelişimini olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir. İncelemeler sonucunda; özellikle çiçeklenme başlangıcında uygulanan FeSO_4 'ün, yaprak klorofil düzeyini artırmada ve demir eksikliği belirtilerini gidermede etkili olduğu, ayrıca olgun tanelerde demir birikimini artıran en başarılı uygulamalardan biri olduğu saptanmıştır. Araştırmacılar, FeSO_4 'ün düşük maliyetli ve kolay uygulanabilir bir demir kaynağı olması nedeniyle demir eksikliğinin giderilmesinde önemli bir alternatif oluşturduğunu, ancak uygulamanın başarısında bitkinin gelişme dönemi ve uygulama zamanının belirleyici rol oynadığını belirtmişlerdir. Elde edilen bulgular, demir eksikliğinin yaygın olarak görüldüğü kireçli topraklarda yetiştirilen kültür bitkilerinde yapraktan FeSO_4 uygulamalarının bitki gelişimi ve demir beslenmesinin iyileştirilmesinde etkili bir yöntem olabileceğini belirtmişlerdir.

Saleem vd., (2016), Pakistan'da mısır bitkisinde yapraktan ve topraktan 3 farklı (10,20,30 kg/ha) demir(Fe) ve çinko (ZN) gübrelemesinin mısır verimine etkisini belirlemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışma 3 tekerrürlü tesadüf deneme desenine göre kurulmuş, gübre kaynağı olarak üre, SSP, potasyum sülfat (K_2SO_4), ZNSO_4 ve FeSO_4 kullanmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre; en yüksek mısır dane veriminin ve Zn ve Fe içeriğinin 30 kg Zn ve Fe ha^{-1} toprak veya yaprak uygulaması olarak uygulamalarından elde edildiğini yapraktan uygulanan FeSO_4 'ün mısır tanesinin demir içeriğini % 51.8 artırdığını ve mısır bitkisinin verim ve tane Fe içeriğinin artırılması için yapraktan ve topraktan Fe uygulamasının yapılabileceğini belirtmişlerdir.

Dukpa vd., (2017), Hindistan'da 2016-2017 yılları arasında bölünmüş parseller deneme deseninde 3 tekerrürlü olarak kurduğu denemede farklı oranlarda ıspanak bitkisinde demir gübreleri kullanmıştır. Kullanılan demir gübreleri; topraktan Fe-EDTA için 5,0 kg/ha, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ için 2,50 kg/ha ve $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ için 2,0 kg/ha dozları uygulamış, yapraktan ise Fe-EDTA (Şelatlı demir) için 1 g/L su, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Ferroz sülfat heptahidrat) için 0,5 g/L su ve $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (Ferrik sülfat) için 0,5 g/L dozlarını uygulamışlardır. Elde ettiği sonuçlara göre; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Demir sülfat heptahidrat) uygulamasının tavsiye edilen dozun %50'si toprağa (1,25 kg/ha) ve tavsiye edilen dozun %50'si yaprak spreyi (0,5 g/l)

uygulamasının, ekimden sonraki 4 hafta sonunda ısıpanağının yeşil yapraklarında 1., 2. ve 3. hasatta yüksek demir içeriği (7.52 mg/100g, 7.39 mg/100g ve 7.28 mg/100g) elde ettiğini bildirmişlerdir.

Díaz Franco vd., (2018), alkali ve kireçli toprak koşullarında yetiştirilen farklı kültür bitkilerinde demir klorozunun giderilmesinde çeşitli demir uygulamalarının etkinliğini incelemişlerdir. Çalışmada 4 farklı bitki sorgum, soya fasulyesi, bamya, fasulye ve 4 farklı gübre uygulamalarının (FeSO_4 , EDDHA+Fe+ FeSO_4 , Fe-EDDHA) bitkilerde klorofil içeriği ve büyüme parametreleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, demir uygulamalarının genel olarak yapraklardaki kloroz belirtilerini azalttığı ve bitkilerin fizyolojik performansını iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca FeSO_4 uygulamalarının da yapraktan uygulanması durumunda hızlı bir yeşillenme etkisi oluşturduğu, ancak etkinliğinin toprak uygulamalarına ve şelatlı formlara kıyasla bitki türü ve çevresel koşullara bağlı olarak değişebildiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca demir klorozunun yoğun olarak görüldüğü kireçli topraklarda, farklı demir kaynaklarının birlikte veya alternatif olarak kullanılmasının bitkilerin demir beslenmesini iyileştirebileceği vurgulanmıştır. Elde edilen bulgular, demir eksikliğinin yaygın olduğu üretim alanlarında pamuk gibi tarla bitkilerinde FeSO_4 uygulamalarının potansiyel etkilerinin değerlendirilmesi açısından önemli olduğunu bildirmişlerdir.

Fuentes vd., (2018), demir eksikliği görülen hıyar (*Cucumis sativus* L.) bitkilerinde yapraktan uygulanan farklı demir kaynaklarının etkinliğini karşılaştırmıştır. Çalışmada demir sülfat (FeSO_4), Fe-EDTA ve Fe(III)-heptaglukonat uygulamalarının bitki gelişimi, klorofil içeriği ve demir beslenmesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, FeSO_4 uygulaması demir eksikliğine bağlı kloroz belirtilerini önemli ölçüde azaltmış ve yaprakların yeşil renk yoğunluğunu artırarak fotosentetik aktivitenin iyileşmesine katkı sağlamıştır. Bununla birlikte, FeSO_4 ile uygulanan demirin bitki içerisinde taşınmasının sınırlı olduğu, bu nedenle uygulama şekli, dozu ve zamanının demir gübrelemesinin başarısını etkileyen önemli faktörler olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar, demir eksikliğinin giderilmesinde FeSO_4 'ün ekonomik ve etkili bir demir kaynağı olabileceğini, ancak uygulama etkinliğinin bitki türü ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak değişebileceğini

ifade etmişlerdir.

Emiroğlu (2019), Harran ovası koşullarında, mısır bitkisinde yapraktan uygulanan üreli ve üresiz demir sülfatın mısırın gelişimi ve dane verimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak çalışma yapmıştır. Araştırmada mısırın SPAD ölçümleri, yaş-kuru ağırlıkları ve dane verimi özelliklerini incelemiştir. Araştırma sonuçlarına göre; %0.30 oranında uygulanan demir sülfatın tek başına yada üre ile birlikte verilmesinin mısır bitkisinde yaş-kuru ağırlığını ve dane verimini arttırdığını bildirmiştir. Ayrıca demir sülfatın üre ile beraber uygulanmasının SPAD değerini arttırdığını bildirmiştir.

Omarak (2019), Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü'nde serada yetiştirilen hıyarda $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ katkılı ve katkısız gübrelerin, hıyarın meyve ve yapraklarında toplam Fe içerikleri ile toprakta yarayışlı Fe durumunu belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüştür. Araştırma tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak serada saksıda kurulmuştur. Araştırma sonuçlarına göre; farklı uygulamaların değişik bitki kısımlarının aktif ve toplam Fe içerikleri üzerinde önemli düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ katkılı ve katkısız organik gübrelerin yaprak ve meyve örneklerinin bazı besin elementleri içerikleri üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Araştırma bulguları, demir noksanlığından kaynaklanan klorozun (sarılığın) giderilmesinde toprağa demir sülfat katkılı ya da katkısız organik gübrelerin uygulanabileceğini göstermektedir. Demir sülfat ilave edilen gübre formülasyonlarında, bu bileşiğin asitleştirici karakterinden dolayı toprak pH'sındaki yükselmenin daha sınırlı kaldığı belirtilmiştir. Bu durum, özellikle alkali karakterli organik materyallerin veya kireçli topraklara yapılacak organik gübrelemelerin demir sülfat ile desteklenmesinin pH yönetimi açısından kritik önem taşıdığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, bitkilerin demir beslenmesini ideal düzeylere ulaştırmak ve bu seviyeyi korumak adına demir sülfatla zenginleştirilmiş organik gübrelerin olumlu etkileri olduğu, demir sülfat uygulamalarının toprakta yarayışlı demir miktarını arttırdığı bildirilmiştir.

Zhang vd., (2019), bitkilerde demir (Fe) alımı, taşınması ve besin elementi dengesinin sağlanmasının düzenlenmesinde rol oynayan fizyolojik ve moleküler mekanizmaları

kapsamlı bir şekilde incelemiştir. Araştırmacılar, özellikle kireçli ve alkali içeriği yüksek topraklarda demirin bitkiler tarafından yararlanılabilirliğinin önemli ölçüde azaldığını, bunun sonucunda bitkilerde kloroz, fotosentez kapasitesinde azalma ve büyüme geriliği gibi olumsuzlukların ortaya çıktığını belirtmişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre; bitkilerin demir eksikliğine karşı kök bölgesini asitleştirme, ferrik şelat redüktaz enzim aktivitesini artırma ve demir taşıyıcı proteinlerin sentezini uyarma gibi çeşitli adaptasyon mekanizmaları geliştirdiği saptanmıştır. Ayrıca demir alımı ve bitki içerisindeki dağılımının çok sayıda gen tarafından kontrol edildiği, bu mekanizmaların anlaşılmasının demir kullanım etkinliği yüksek çeşitlerin geliştirilmesine katkı sağlayacağını ifade etmişlerdir.

Beyyavaş vd., (2023), Harran Ovası koşullarında 2020-2021 pamuk yetiştirme sezonunda farklı dozlarda yapraktan demir sülfat (FeSO_4) uygulamalarının pamuk bitkisinde verim ve verim bileşenleri, toprak enzim aktivitesi ve klorofil içeriği (SPAD değeri) ile Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) değerleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Her iki yetiştirme döneminde elde ettikleri sonuçlara göre %0,4'lük FeSO_4 uygulama dozunun kontrol parselleri ile karşılaştırıldığında diğer dozlardan daha etkili olduğunu belirtmiş, bundan dolayı değerlendirmeleri %0,4'lük FeSO_4 uygulama dozu esas alınarak yapıldığını bildirmişlerdir. Uygulama sonuçları, 2020 ve 2021 sezonunda pamuk verimini sırasıyla %20,53 ve %19,08 artırdığını göstermişlerdir. SPAD değeri 2020 ve 2021 sezonunda sırasıyla %54,88 ve %98,68 artış göstermiş, NDVI değerleri 0,83 ve 0,85 olarak gerçekleşmiştir. Toprak enzimlerinin FeSO_4 uygulamasına olumlu yanıt verdiğini, her iki yetiştirme sezonunda elde edilen sonuçlar, %0,4 FeSO_4 uygulamasının, diğer uygulama dozlarına göre kontrol uygulamasından daha başarılı olduğunu ifade etmişlerdir.

Kara (2024), Şanlıurfa koşullarında 2023 yılı yetiştirme sezonunda, farklı kükürt formlarının pamukta bitki gelişimi, verim, kalite , toprak pH'sı ve lif kalite özellikleri üzerinde etkilerini incelemiştir. Araştırma tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Çalışmada; kütlü pamuk verimi (kg/da) 455.2-589.9 kg/da, bitki boyu 79.8-84.3 cm, boğum sayısı 13.6-15.3 (adet/bitki), meyve dalı sayısı 9.6-10.4 (adet/bitki), koza sayısı 12.1-13.3 (adet/bitki), koza ağırlığı 5.71-6.92 g, koza kütlü ağırlığı 4.47-5.52 g, çırçır randımanı %45.46-46.70, 100 tohum ağırlığı 9.28-10.1 g, lif inceliği 4.25-4.73,

lif uzunluğu 27.98-29.86 mm, lif kopma dayanıklılığı 28.73-31.23 (g/tex) ve SPAD değeri 40.56-53.53 olarak belirlenmiştir. Elde edilen veriler sonucunda; pamukta en yüksek kütlü veriminin potasyum sülfat + üre uygulaması (538.9 kg/da) ile toz kükürt+ $ZnSO_4+K_2SO_4$ uygulamalarından elde edildiğini, en yüksek koza ağırlığı ve koza kütlü ağırlığı toz kükürt + $ZnSO_4+K_2SO_4$ + üre kombinasyonundan elde edildiğini belirtmiştir. Ayrıca söz konusu uygulamaların kontrol parsellerine kıyasla verimi artırdığı, koza ağırlığı, koza kütlü ağırlığı, SPAD değeri, lif inceliği, lif mukavemeti ile toprak pH, EC ve kireç oranı üzerinde de olumlu etkiler oluşturduğu bildirilmiştir.

3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Deneme yılı ve yeri

Deneme, Şanlıurfa ili Eyyübiye ilçesine bağlı Mutlukaya köyünde 2025 yılı yetiştirme sezonunda yürütülmüştür. Deneme alanında arazi hazırlığı tamamlanmasının ardından ekim işlemi 15 Mayıs 2025 tarihinde gerçekleştirilmiştir.

3.1.2. Denemede kullanılan bitki materyali

Araştırmada bitki materyali olarak bölge ekolojisine yüksek uyum gösteren ve yaygın olarak tarımı yapılan tescilli CANDİA çeşidi tercih edilmiştir. Denemede kullanılan tohumlar BASF firmasından tedarik edilmiştir.

CANDİA Pamuk Çeşidinin Bazı Özellikleri;

- Çeşit, oldukça yüksek verim potansiyeli ile öne çıkmaktadır.
- Vejetasyon süresi bakımından orta-geç olgunlaşma grubunda yer almaktadır.
- Çırcır randımanı %43–45 arasında değişmekte olup, 1 kg'da ortalama 11.500 adet tohum bulunmaktadır.
- Su yetersizliğinin görüldüğü koşullarda gelişimini büyük ölçüde sürdürebilmektedir.
- Kuraklık nedeniyle oluşabilecek tarak ile çiçek dökülmelerine karşı yüksek tolerans göstermektedir.
- Hasat döneminde karşılaşılabilecek olumsuz iklim koşullarında elyaf dökülmesine karşı dayanıklılığını korumaktadır.
- Kozaların büyük oranda ana gövde üzerinde oluşması, bu çeşidi sık ekim sistemleri ile mekanik hasat uygulamalarına uygun hale getirmektedir.
- FiberMax® kalite standartlarına sahip elyaf özellikleri sayesinde tekstil endüstrisinde tercih edilen çeşitler arasında yer almaktadır (Agro-BASF, 2026).

3.1.3. Denemede kullanılan demir sülfat (FeSO_4)

Araştırmada kullanılan demir sülfat (FeSO_4) Dostlar Kimya firmasından temin edilmiştir. Demir sülfat (FeSO_4), tarım ve endüstri sektörlerinde geniş bir kullanım alanına sahip, genellikle yeşil veya mavi kristal yapıda ve suda kolayca çözülebilen hayati bir kimyasal bileşik olup toprağın pH dengesini düzenleyen güçlü bir toprak düzenleyici ve bitki gelişimini destekleyen etkili bir gübre işlevi görür. (Anonim, 2026).

3.1.4. Toprak özellikleri

Çizelge 3.1. Şanlıurfa ili Eyyübiye ilçesi Mutlukaya köyüne ait toprak özellikleri

Derinlik (cm)	Organik Madde (%)	Toplam Tuz (%)	pH	Kireç (%)	P_2O_5 (kg/da)	K_2O (kg/da)
0-30 cm	0,877	0,0436	8,13	20,6117	2,061	131,0546

Araştırma alanından 0-30 cm derinliğinde toprak örneği alınıp, toprak özellikleri belirlenmiştir. Yapılan analiz sonucu; araştırma alanı toprağı alkali (pH 8,13) yapıda, kireç oranı yüksek (%20,6), organik madde bakımından zayıf, tuzluluk bakımından düşük içeriğe sahiptir. Fosfor (P_2O_5) içeriğı zayıf, potasyum (K_2O) içeriğı bakımından yüksek özellik göstermiştir.

3.1.5. İklim özellikleri

Şanlıurfa iline ait 2025 yılı ve uzun yıllar ortalama sıcaklık ve yağış verileri Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Şanlıurfa İli 2025 yılı ve uzun yıllara ait bazı iklim verileri (MGM,2025)

Aylar	2025 Yılı			1929-2024 Uzun Yıllar Ortalamaları	
	Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)	Aylık Toplam Yağış (mm)	Aylık Ortalama Nem (%)	Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)	Aylık Ortalama Yağış (mm)
Mayıs	25,4	5,2	32,1	22,54	27,27
Haziran	30,9	-	19,0	28,63	4,6
Temmuz	34,5	-	23,7	32,58	2
Ağustos	32,7	-	33,2	32,77	4,67
Eylül	27,8	-	29,9	27,88	4,93
Ekim	21,6	2,1	40,6	21,2	26,21

Denemenin kurulduğu araştırma alanı kışları nispeten soğuk ve yağışlı, yazları sıcak ve kurak olduğundan dolayı karasal geçit iklimine sahiptir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Deneme deseni

Araştırma 2025 yılı, Mayıs-Ekim yetiştirme periyodunda, Şanlıurfa ili Eyyübiye ilçesine bağlı Mutlukaya köyünde tesadüf blokları deneme deseninde 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemede 3 tekerrürle birlikte tespit edilen 2 faktör hedef alınmıştır. Deneme deseninin kurulmasında pamuk bitkisinin farklı gelişme dönemleri ana parsellere ve demir sülfatın (FeSO_4) uygulama dozları ise alt parsellere uygulanacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Deneme uygulamaları; %0 (Kontrol), 0.2 g/l, 0.4 g/l, 0.6 g/l Demir Sülfat (FeSO_4) olup, her bir uygulama taraklanma döneminde, taraklanma sonu çiçeklenme başlangıcında, çiçeklenme doruğunda uygulamalar yapılmıştır. Uygulamalar; 3 m iş genişliğine sahip olan püskürtme makinesi (Boom sprayer) kullanılarak yapraktan olacak şekilde, güneşin etkisi kaybettiği akşam saatlerinde, bitki yaprakları tamamen ıslanacak şekilde yapılmıştır. Kontrol parsellerine kalibrasyon yapılarak su püskürtülmüştür.

Denemede uygulama grupları;

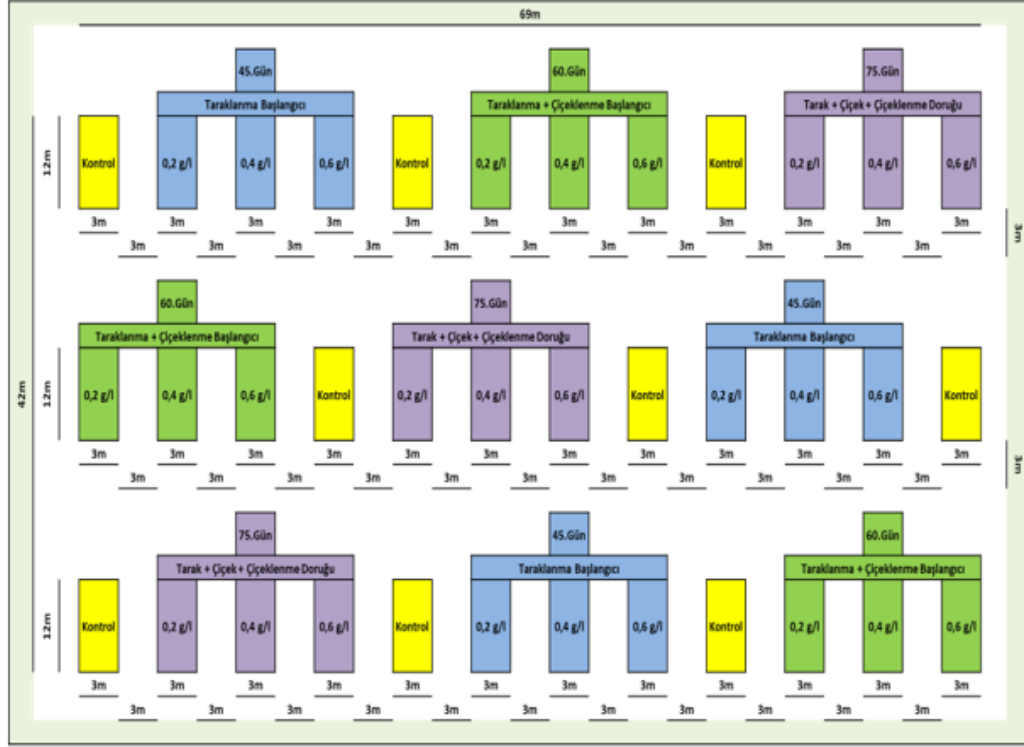
- 1-) Kontrol
- 2-) Taraklanma Başlangıcı (0.2 g/l FeSO_4)
- 3-) Taraklanma Başlangıcı (0.4 g/l FeSO_4)
- 4-) Taraklanma Başlangıcı (0.6 g/l FeSO_4)
- 5-) Taraklanma Başlangıcı (0.2 g/l FeSO_4) + Çiçeklenme Başlangıcı (0.2 g/l FeSO_4)
- 6-) Taraklanma Başlangıcı (0.4 g/l FeSO_4) + Çiçeklenme Başlangıcı (0.4 g/l FeSO_4)
- 7-) Taraklanma Başlangıcı (0.6 g/l FeSO_4) + Çiçeklenme Başlangıcı (0.6 g/l FeSO_4)
- 8-) Taraklanma Başlangıcı (0.2 g/l FeSO_4) + Çiçeklenme Başlangıcı (0.2 g/l FeSO_4) + Çiçeklenme Doruğu (0.2 g/l FeSO_4)
- 9-) Taraklanma Başlangıcı (0.4 g/l FeSO_4) + Çiçeklenme Başlangıcı (0.4 g/l FeSO_4)

+ Çiçeklenme Doruğu (0.4 g/l FeSO₄)

10-) Taraklanma Başlangıcı (0.6 g/l FeSO₄) + Çiçeklenme Başlangıcı (0.6 g/l FeSO₄)

+ Çiçeklenme Doruğu (0.6 g/l FeSO₄)

Deneme Deseni Planı;



Şekil 3.1. Deneme deseni planı

3.2.2. Arazi hazırlığı, ekim ve hasat

Çalışma, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme deseninde 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Deneme alanındaki her bir parsel 12 metre uzunluğunda ve 4 sıradan oluşmaktadır. Sıralar arası mesafe 75 cm, sıra üzeri mesafe ise 10-12 cm olacak şekilde ekim yapılmıştır. Bakım işlemleri için parseller arasında 3'er metre boşluk bırakılmıştır. Deneme alanı sonbaharda pulluk ile işlenmiştir. Şubat sonu ile mart ayının başında kültivatör ile sürülmüştür. Daha sonra diskaro çekilip ardından sırt işlemi yapılarak deneme alanı ekime hazır hale getirilmiştir. Ekimden önce telbis işlemi ile toprak tava getirilmiştir. 15 Mayıs 2025 tarihinde tohum ekimi tavlı toprağa pnömatik mibzer ile sıraya ekim şeklinde

gerçekleştirilmiştir. Hasat işlemi ise 19 Ekim 2025 tarihinde gerçekleştirilmiştir.

3.2.3. Araştırmada uygulanan kültürel işlemler

Bitkilerin kotiledon yapraklarından sonra 2-4 gerçek yaprağa ulaştığında teklemeye işlemi ardından iki hafta sonra ise seyreltme işlemi yapılmıştır. Gübre uygulaması toplamda 20 kg/saf azot (N) ve 10 kg/da saf fosfor (P) olacak şekilde uygulanmıştır. Ekim işlemiyle birlikte taban gübresi olarak 18-46 DAP gübresi kullanımı sonucunda fosforun (P) tamamı ve azotun (N) bir kısmı ekimle birlikte verilerek karşılanmıştır. Geriye kalan azot (N); üre (%46 Azot) gübresi ile iki'ye bölünerek yarısı birinci sulamanın önünde listerli çapa ile geriye kalan diğer yarısı ise ikinci sulamanın önünde tekrar listerli çapa ile verilmiştir. Araştırmada sulama işlemi; ekim öncesi, ekim sonrası ve son sulamaya kadar 9 defa salma sulama şeklinde gerçekleştirilmiştir. Son sulama işlemi, deneme alanı parsellerindeki kozaların %20-25'inin açılmasının tespiti sonrasında 20 Eylül 2025 tarihinde sonlandırılmıştır.

3.2.4. Zararlı ve yabancı ot mücadelesi

Zararlı ve yabancı ot mücadelelerinde genel olarak zararlıların ve yabancı otların popülasyon yoğunlukları ekonomik zarar eşiği düzeyinde entegre mücadele yöntemi teknikleri göz önüne alınarak mücadele ve uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Kültür bitkilerimiz fide döneminde iken tütün tripsi (*Thrips tabaci*) zararlılarıyla mücadele etmek için 100 ml/da dozunda 400 g/l dimethoate aktif maddesine sahip insektisit uygulanmıştır. Ayrıca bu dönemde bitkideki biyotik ve abiyotik stres koşullarını minimize etmek amacıyla 250 ml/da hayvansal menşeli aminoasit uygulaması da gerçekleştirilmiştir. Pamukta diğer zararlılardan olan yaprak biti (*Aphis gossypii*) ve yaprak pirelerinin (*Empoasca spp.*) mücadelelerinde ise 25 g/da dozunda %20 acetamiprid aktif maddesine sahip insektisit uygulaması yapılmıştır. Bu uygulama ile birlikte ayrıca kültür bitkimizdeki taraklanmayı teşvik ve destek amacıyla da 200 g/da ağırlıklı olarak fosfor içerikli yaprak gübresi uygulanmıştır. Bir diğer ana zararlı olan yeşilkurt (*Helicoverpa armigera*) zararlısının ekonomik zarar eşiği döneminde 30 ml/da dozunda zararlının L1-L2 larva döneminde 30 ml/da dozunda 100 g/l chlorantraniliprole + 50 g/l lambda-cyhalothrin aktif maddelerine sahip insektisit uygulaması gerçekleştirilmiştir. Yapılan bir diğer zararlı uygulamasında ise pamukta pamuk bitki tahtakuruları (*Lygus spp.*, *Exolygus spp.*) ve tütün beyaz sineği

(*Bemisia tabaci*) zararlılarına karşı 15 g/da %50 sulfoxaflor aktif maddesine sahip intektisit uygulaması yapılmıştır. Deneme alanında çıkan yabancı otlar çapalama ve elle yolma şeklinde yapılmıştır. Zararlı ve yabancı otların popülasyon yoğunlukları tespit edilip, ekonomik zarar eşiği (EZE) düzeyinde ve entegre mücadele (IPM) teknikleri göz önüne alınarak uygulamalar gerçekleştirilmiştir.

3.2.5. Araştırmada İncelenen Özellikler ve Yöntemleri

Aşağıda incelenen özellikler Worley vd., (1976)'nın belirttiği yöntemler dahilinde alınmıştır.

3.2.5.1. SPAD ölçümleri

Pamuk bitkisinin taraklanma, taraklanma+çiçeklenme başlangıcı ve taraklanma+çiçeklenme başlangıcı+çiçeklenme doruğu dönemlerinde uygulama öncesi ve sonrası (45, 60 ve 75. gün) SPAD değerleri alınmıştır. Klorofil içeriği (SPAD değerleri), CCM-200-Opti Sciences cihazı kullanılarak her parselden tesadüfi seçilen 10 bitkinin yapraklarından ölçülmüştür.

3.2.5.2. Bitki boyu (cm)

Araştırma alanında her parselden tesadüfi seçilen 10 bitkide kotiledon yaprakların başladığı noktadan itibaren en uç kısmına kadar olan kısım ölçülmüş ve ortalamaları alınmıştır.

3.2.5.3. Bitki başına koza sayısı (adet/bitki)

Her parselden tesadüfi seçilen 10 bitkide bulunan kozalar sayılarak ortalaması alınmıştır.

3.2.5.4. Koza ağırlığı (g)

Her parselde bitkinin orta kısmından alınan 30 adet koza örnekleri tartılmış ve koza sayısına bölünerek koza ağırlığı belirlenmiştir.

3.2.5.5. Kütlü pamuk ağırlığı (g)

Her parselde alınan koza örnekleri şiftlenerek kütlü pamuklar tartılmış ve koza sayısına bölünerek koza kütlü pamuk ağırlığı belirlenmiştir.

3.2.5.6. Kütlü pamuk verimi (kg/da)

Araştırma alanında her parselde kenarlardaki 2 sıra ile baş ve sonlardan 1 metrelik kısım kenar tesiri olarak bırakılıp, 2 sıradan 15 m² (2×75×10) bitkiler hasat edilip verim hesaplanmıştır.

3.2.5.7. Çırçır randımanı (%)

Deneme alanında her parselden alınan 500 g kütlü pamuk örneği Rollergin çırçır makinasında çırçırlandı ve aşağıda belirtilen işlem yardımıyla hesaplanmıştır.

Toplam Lif Miktarı (g)

Çırçır Randımanı=—————x100

Toplam Kütlü Miktarı (g)

3.2.5.8. 100 Tohum ağırlığı (g)

Her parselden alınan kütlü pamuk örnekleri çırçırlandıktan elde edilen tohumlardan, 4 tane 100 adet tohum 0.01 g duyarlı hassas terazide tartılıp ve ortalamaları alınarak belirlenmiştir.

3.2.5.9. Lif kopma dayanıklılığı (g/tex)

Deneme alanında her parselden alınan lif örnekleri çırçırlandıktan sonra HVI 1000A cihazı kullanılarak ölçümler yapılmıştır.

3.2.5.10. Lif inceliği (mic)

Deneme alanında her parselden alınan lif örnekleri çırçırlandıktan sonra HVI 1000A cihazı kullanılarak ölçümler yapılmıştır.

3.2.5.11. Lif uzunluğu (mm)

Deneme alanında her parselden alınan lif örnekleri çırçırlandıktan sonra HVI 1000A cihazı kullanılarak ölçümler yapılmıştır.

3.2.5.12. Verilerin değerlendirilmesi

Yöntemlerine göre elde edilen her bir özelliğin verilerini JMP istatistik paket programı ile tesadüf bloklarında bölünmüş deneme desenine göre varyans analizleri yapıp ve Tukey testine (P<0.05) göre ortalamalar gruplandırılmıştır.



Şekil 3.2. Deneme alanında uygulamaların yapılması ve gözlemlerin alınmasına ait görseller



Şekil 3.3. Deneme alanında gözlem alınmasına ait görseller



Şekil 3.4. Hasat sonrası pamuğun çırçırlama işlemine ait görünüm

4. BULGULAR

4.1. Verim (kg/da)

Pamuk bitkisinde farklı gelişim dönemlerinde uygulanan farklı demir sülfat dozlarından elde edilen verim (kg/da) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1’de, elde edilen ortalama değerler Çizelge 4.2’de verilmiştir.

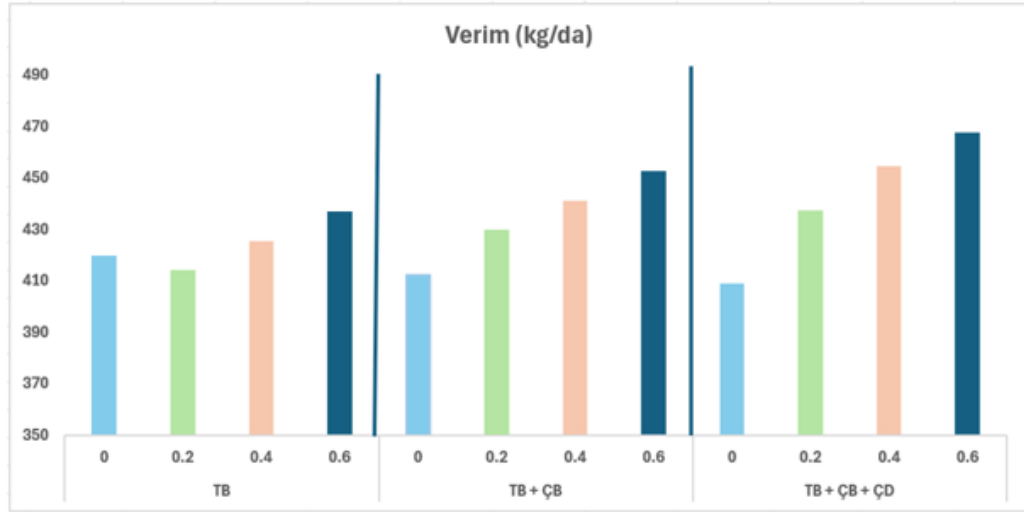
Çizelge 4.1. Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarından elde edilen verim (kg/da) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	2	126,067	63,033	2,841	0,7667 öd
Uygulama	2	19,801,300	9,900,630	446,209	0,0018**
Tekerrür*Uygulama	4	887,533	221,883	10,516	0,4086 öd
Dozlar	3	75,368,000	25,122,700	1,190,668	< 0,0001**
Uygulama × Dozlar	6	17,558,000	2,926,330	138,691	< 0,0001**
Hata	18	380,3173	210,996	-	-
Toplam	35	117,544,073	-	-	-

Çizelge 4.1’de verim üzerine ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre; tekerrür etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunurken ($P>0,05$), uygulama, dozlar ve uygulama × doz etkileşimi %1 düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,01$). Bu sonuçlar, verimin yalnızca uygulama ve dozlardan değil, aynı zamanda bu iki faktörün birlikte oluşturduğu etkileşimden de önemli ölçüde etkilendiğini göstermektedir. Dolayısıyla dozların verim üzerindeki etkisi uygulamalara göre farklılık gösterdiği söylenebilir.

Çizelge 4.2. Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarına göre ortalama verim (kg/da) değerleri

Uygulama	Dozlar	Verim (kg/da)
TB	0	419,6 fg
	0,2	414,1 gh
	0,4	425,2 ef
	0,6	436,8 cd
TB+ÇB	0	412,4 gh
	0,2	429,9 de
	0,4	441,1 c
	0,6	452,7 b
TB+ÇB+ÇD	0	408,8 h
	0,2	437,2 cd
	0,4	454,5 b
	0,6	467,5 a
P değeri		**



Şekil 4.1. Farklı dönemlerde uygulanan demir sülfat uygulamalarının verim üzerine etkisi (TB: Taraklanma başlangıcı dönemi, ÇB: Çiçeklenme başlangıcı dönemi, ÇD: Çiçeklenme doruğu dönemi)

Çizelge 4.2’de uygulama ve doz kombinasyonlarına ait ortalama verim değerleri 408.8-467.5 kg/da arasında değişim göstermiştir. En yüksek verim 467,5 kg/da ile TB+ÇB+ÇD uygulamasının %0,6 dozunda FeSO₄ uygulamasından elde edilirken, en düşük verim ise

408,8 kg/da ile TB+ÇB uygulamasının kontrol (0) dozunda tespit edilmiştir.

4.2. Bitki boyu (cm)

Pamuk bitkisinde farklı gelişim dönemlerinde uygulanan farklı demir sülfat dozlarından elde edilen bitki boyu (cm) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.3’de, elde edilen ortalama değerler Çizelge 4.4’de verilmiştir.

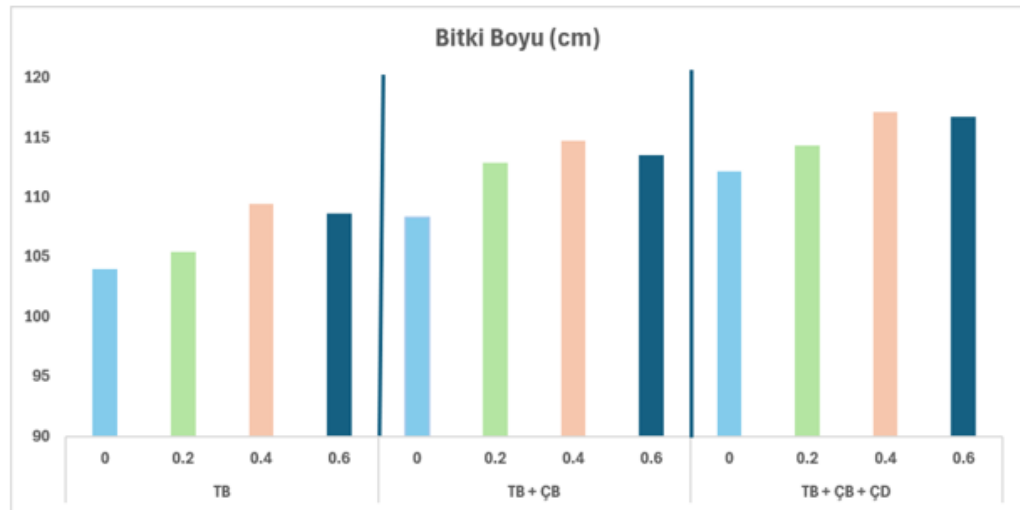
Çizelge 4.3. Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarından elde edilen bitki boyu (cm) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	2	24,450	12,225	8,412	0,4955 öd
Uygulama	2	4,174,820	2,087,410	1,436,290	0,0002**
Tekerrür*Uygulama	4	58,133	14,533	5,596	0,6677 öd
Dozlar	3	1,655,660	551,885	227,695	< 0,0001**
Uygulama × Dozlar	6	99,161	16,527	6,819	0,6665 öd
Hata	18	43,6283	24,238	-	-
Toplam	35	6,448,507	-	-	-

Çizelge 4.3’de bitki boyuna ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre; tekerrür, tekerrür x uygulama etkileşimi ile uygulama × doz etkileşiminin etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$). Buna karşın uygulama ve doz faktörleri bitki boyunu %1 düzeyinde istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilemiştir ($P<0,01$). Bu sonuçlar, farklı uygulamaların ve dozların bitki boyunda anlamlı değişikliklere neden olduğunu, ancak dozların etkisinin uygulamalara bağlı olarak değişmediğini göstermektedir.

Çizelge 4.4. Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarına göre ortalama bitki boyu (cm) değerleri

Uygulama	Dozlar	Bitki boyu (cm)
TB	0	104,0
	0,2	105,4
	0,4	109,4
	0,6	108,6
TB+ÇB	0	108,3
	0,2	112,9
	0,4	114,7
	0,6	113,5
TB+ÇB+ÇD	0	112,2
	0,2	114,3
	0,4	117,1
	0,6	116,7
P değeri		Öd



Şekil 4.2. Farklı dönemlerde uygulanan demir sülfat uygulamalarının bitki boyu üzerine etkisi (TB: Taraklanma başlangıcı dönemi, ÇB: Çiçeklenme başlangıcı dönemi, ÇD: Çiçeklenme doruğu dönemi)

Çizelge 4.4’de uygulama ve doz kombinasyonlarına ait ortalama bitki boyu değerleri 104,0–117,1 cm arasında değişim göstermiştir. En düşük bitki boyu 104,0 cm ile TB uygulamasının kontrol (0) dozunda, en yüksek bitki boyu ise 117,1 cm ile TB+ÇB+ÇD uygulamasının 0,2 dozunda FeSO_4 uygulamasından tespit edilmiştir.

4.3. Koza sayısı (adet/bitki)

Pamuk bitkisinde farklı gelişim dönemlerinde uygulanan farklı demir sülfat dozlarından elde edilen koza sayısı (adet/bitki) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5’de, elde edilen veriler ortalama değerler Çizelge 4.6’da verilmiştir.

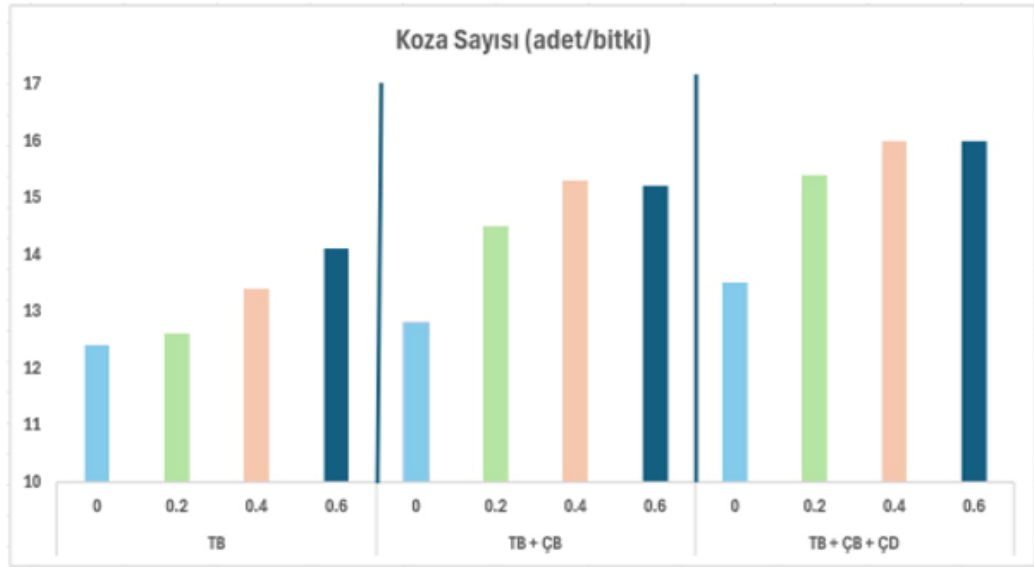
Çizelge 4.5. Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarından elde edilen koza sayısına (adet/bitki) ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	2	617	308	6,916	0,5521 öd
Uygulama	2	269,600	134,800	3,023,551	< 0,0001**
Tekerrür*Uygulama	4	1,783	446	7,523	0,5694 öd
Dozlar	3	273,100	91,033	1,536,188	< 0,0001**
Uygulama × Dozlar	6	35,133	5,856	98,813	< 0,0001**
Hata	18	1,0667	593	-	-
Toplam	35	590,900	-	-	-

Çizelge 4.5’de koza sayısı üzerine varyans analizi sonuçlarına göre, tekerrür ve tekerrür × uygulama etkileşiminin etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$). Buna karşılık uygulama, dozlar ve uygulama × doz etkileşimi koza sayısını önem düzeyinde istatistiksel olarak önemli derecede etkilenmiştir ($P<0,01$). Elde edilen bu sonuçlar, farklı uygulamaların ve dozların koza sayısında önemli değişikliklere neden olduğunu ve dozların etkisinin uygulamalara bağlı olarak farklılaştığını göstermektedir.

Çizelge 4.6. Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarına göre ortalama koza sayısı (adet/bitki) değerleri

Uygulama	Dozlar	Koza sayısı (adet/bitki)
TB	0	12,4 e
	0,2	12,6 e
	0,4	13,4 d
	0,6	14,1 c
TB+ÇB	0	12,8 e
	0,2	14,5 c
	0,4	15,3 b
	0,6	15,2 b
TB+ÇB+ÇD	0	13,5 d
	0,2	15,4 b
	0,4	16,0 a
	0,6	16,0 a
P değeri		**



Şekil 4.3. Farklı dönemlerde uygulanan demir sülfat uygulamalarının koza sayısı üzerine etkisi (TB: Taraklanma başlangıcı dönemi, ÇB: Çiçeklenme başlangıcı dönemi, ÇD: Çiçeklenme doruğu dönemi)

Çizelge 4.6’da uygulama ve doz kombinasyonlarına ait ortalama koza sayısı değerleri 12,4–16,0 adet/bitki arasında değişim göstermiştir. En düşük koza sayısı 12,4 adet/bitki ile

TB uygulamasının kontrol dozunda, en yüksek koza sayısı ise 16,0 adet/bitki ile TB+ÇB+ÇD uygulamasının 0,4 ve 0,6 dozlarında FeSO₄ uygulamasında görülmüştür.

4.4. Koza ağırlığı (g)

Pamuk bitkisinde farklı gelişim dönemlerinde uygulanan farklı demir sülfat dozlarından elde edilen koza ağırlığı (g) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.7’de, elde edilen ortalama değerler Çizelge 4.8’de verilmiştir.

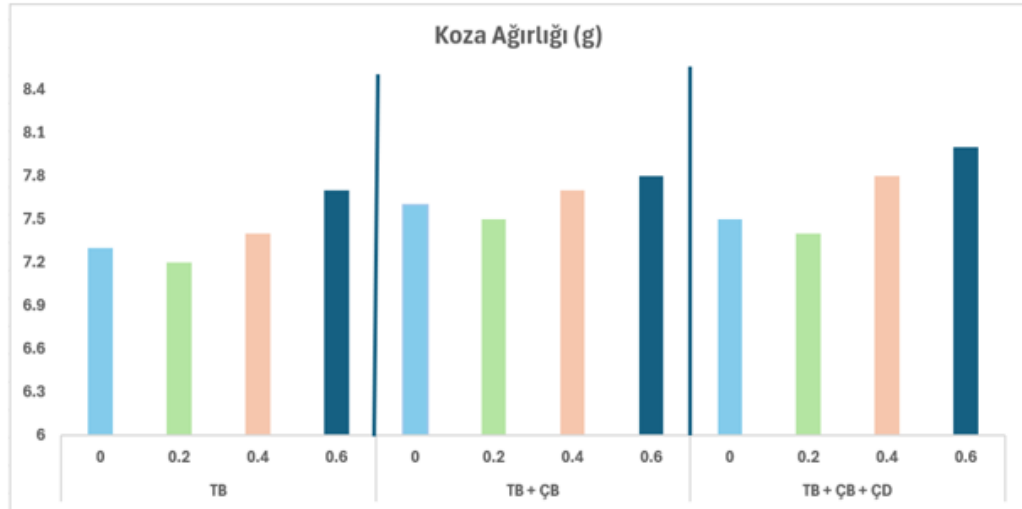
Çizelge 4.7. Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarından elde edilen koza ağırlığı (g) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	2	891	445	6,343	0,5764 öd
Uygulama	2	51,042	25,521	363,577	0,0027**
Tekerrür*Uygulama	4	2,808	702	28,151	0,0563 öd
Dozlar	3	107,176	35,725	1,432,722	< 0,0001**
Uygulama × Dozlar	6	13,571	2,262	90,709	0,0001**
Hata	18	0,04489	249	-	-
Toplam	35	179,977	-	-	-

Çizelge 4.7’de koza ağırlığı üzerine varyans analizi sonuçlarına göre tekerrür ve tekerrür × uygulama etkileşiminin etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (P>0,05). Buna karşılık uygulama, dozlar ve uygulama × doz etkileşimi koza ağırlığını %1 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilemiştir (P<0,01). Elde edilen sonuçlar; farklı uygulama ve dozların koza ağırlığında önemli değişikliklere neden olduğunu ve dozların etkisinin uygulamalara bağlı olarak farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.8. Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarına göre ortalama koza ağırlığı (g) değerleri

Uygulama	Dozlar	Koza ağırlığı (g)
TB	0	7,3 f
	0,2	7,2 g
	0,4	7,4 e
	0,6	7,7 bc
TB+ÇB	0	7,6 d
	0,2	7,5 d
	0,4	7,7 bc
	0,6	7,8 b
TB+ÇB+ÇD	0	7,5 d
	0,2	7,4 e
	0,4	7,8 b
	0,6	8,0 a
P değeri		**



Şekil 4.4. Farklı dönemlerde uygulanan demir sülfat uygulamalarının koza ağırlığı üzerine etkisi (TB: Taraklanma başlangıcı dönemi, ÇB: Çiçeklenme başlangıcı dönemi, ÇD: Çiçeklenme doruğu dönemi)

Çizelge 4.8’de uygulama ve doz kombinasyonlarına ait ortalama koza ağırlığı değerleri 7,2–8,0 g arasında değişim göstermiştir. En düşük koza ağırlığı 7,2 g ile TB uygulamasının

0,2 dozunda FeSO₄ uygulamasından, en yüksek koza ağırlığı ise 8,0 g ile TB+ÇB+ÇD uygulamasının 0,6 dozunda FeSO₄ uygulamasından elde edilmiştir.

4.5. Koza kütlü ağırlığı (g)

Pamuk bitkisinde farklı gelişim dönemlerinde uygulanan farklı demir sülfat dozlarından elde edilen koza kütlü ağırlığı (g) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.9'da, elde ortalama değerler Çizelge 4.10'da verilmiştir.

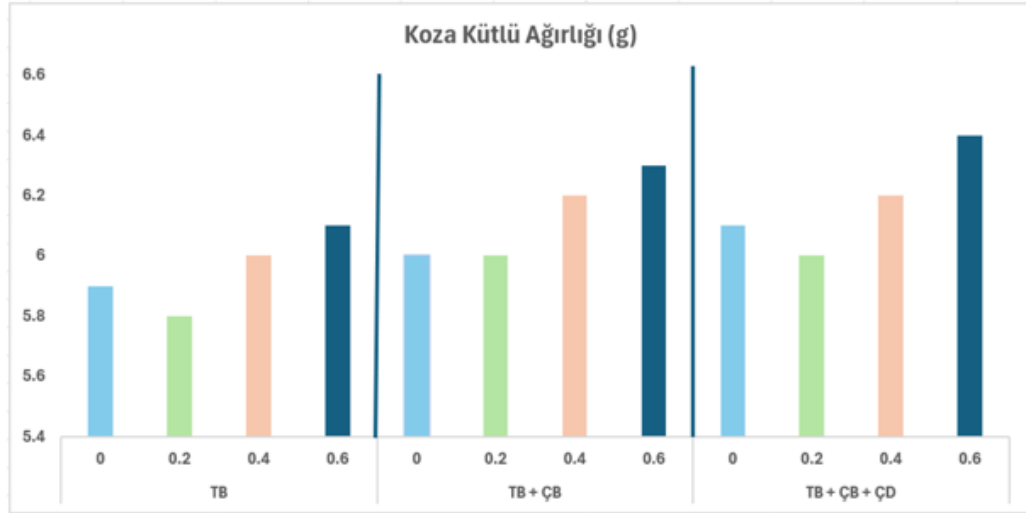
Çizelge 4.9. Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarından elde edilen koza kütlü ağırlığına (g) ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	2	245	123	1,393	0,8740 öd
Uygulama	2	33,912	16,956	192,771	0,0088**
Tekerrür*Uygulama	4	3,518	880	28,699	0,0531 öd
Dozlar	3	54,170	18,057	589,157	< 0,0001**
Uygulama × Dozlar	6	2,846	474	15,477	0,2194 öd
Hata	18	0,05517	306	-	-
Toplam	35	100,208	-	-	-

Çizelge 4.9'da koza kütlü ağırlığına ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre tekerrür, tekerrür × uygulama etkileşimi ve uygulama × doz etkileşimi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (P>0,05). Buna karşılık uygulama ve dozlar faktörleri koza kütlü ağırlığını %1 düzeyinde istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilemiştir. Elde edilen sonuçlara göre; koza kütlü ağırlığının uygulama ve dozlardan önemli ölçüde etkilendiğini, ancak dozların etkisinin uygulamalara göre değişmediğini göstermektedir. Bu nedenle koza kütlü ağırlığının değerlendirilmesinde uygulama ve dozların ana etkileri esas alınmalıdır.

Çizelge 4.10. Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarına göre ortalama koza kütlü ağırlığı (g) değerleri

Uygulama	Dozlar	Koza kütlü ağırlığı (g)
TB	0	5,9
	0,2	5,8
	0,4	6,0
	0,6	6,1
TB+ÇB	0	6,0
	0,2	6,0
	0,4	6,2
	0,6	6,3
TB+ÇB+ÇD	0	6,1
	0,2	6,0
	0,4	6,2
	0,6	6,4
P değeri		Öd



Şekil 4.5. Farklı dönemlerde uygulanan demir sülfat uygulamalarının koza kütlü ağırlığı üzerine etkisi (TB: Taraklanma başlangıcı dönemi, ÇB: Çiçeklenme başlangıcı dönemi, ÇD: Çiçeklenme doruğu dönemi)

Çizelge 4.10'da uygulama ve doz kombinasyonlarına ait ortalama koza kütlü ağırlığı değerleri 5,8–6,4 g arasında değişmiştir. En düşük değer 5,8 g ile TB uygulamasının 0,2

dozunda FeSO_4 uygulamasından, en yüksek değer ise 6,4 g ile TB+ÇB+ÇD uygulamasının 0,6 dozunda FeSO_4 uygulamasından elde edilmiştir.

4.6. Çırçır randımanı (%)

Pamuk bitkisinde farklı gelişim dönemlerinde uygulanan farklı demir sülfat dozlarından elde edilen çırçır randımanı (%) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.11’de, elde edilen ortalama değerler Çizelge 4.12’de verilmiştir.

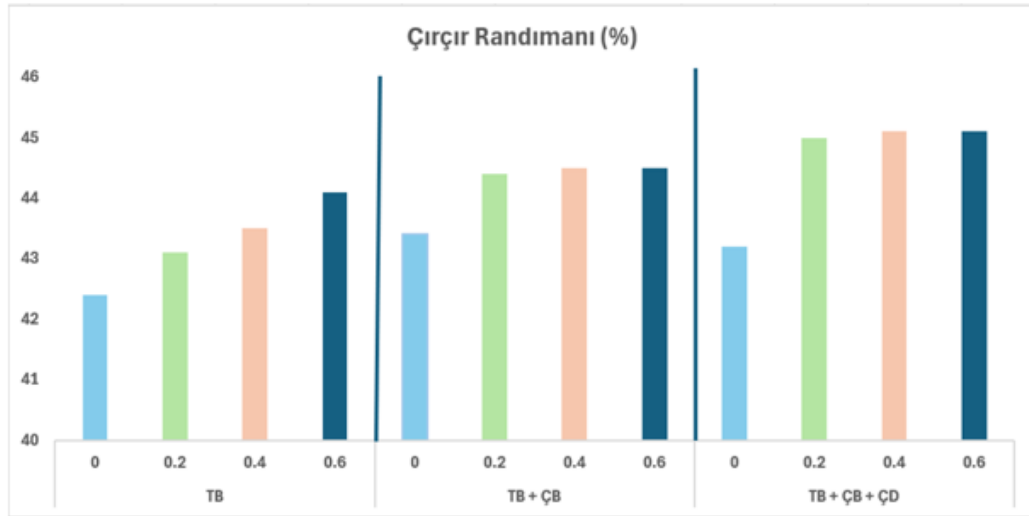
Çizelge 4.11. Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarından elde edilen çırçır randımanı (%) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	2	5,312	2,656	58,263	0,0653 öd
Uygulama	2	1,179,500	589,748	12,937,790	< 0,0001**
Tekerrür*Uygulama	4	1,823	456	8,693	0,5013 öd
Dozlar	3	1,355,230	451,744	8,615,283	< 0,0001**
Uygulama × Dozlar	6	163,807	27,301	520,666	< 0,0001**
Hata	18	0,09439	524	-	-
Toplam	35	2,715,111	-	-	-

Çizelge 4.11’de çırçır randımanı üzerine varyans analizi sonuçlarına göre, tekerrür ve tekerrür x uygulama etkileşimi etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$). Buna karşın uygulama, doz ve uygulama × doz etkileşimi istatistiksel olarak çok önemli ($P<0,01$) olduğundan, uygulanan dozların çırçır randımanı üzerindeki etkisinin uygulama yöntemine bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.12. Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarına göre ortalama çırçır randımanı (%) değerleri

Uygulama	Dozlar	Çırçır randımanı (%)
TB	0	42,4 h
	0,2	43,1 g
	0,4	43,5 e
	0,6	44,1 d
TB+ÇB	0	43,4 e
	0,2	44,4 c
	0,4	44,5 c
	0,6	44,5 c
TB+ÇB+ÇD	0	43,2 f
	0,2	45,0 b
	0,4	45,1 a
	0,6	45,1 a
P değeri		**



Şekil 4.6. Farklı dönemlerde uygulanan demir sülfat uygulamalarının çırçır randımanı üzerine etkisi (TB: Taraklanma başlangıcı dönemi, ÇB: Çiçeklenme başlangıcı dönemi, ÇD: Çiçeklenme doruğu dönemi)

Çizelge 4.12’de uygulama ve doz kombinasyonlarına ait ortalama çırçır randımanı değerleri %42,4–45,1 arasında değişmiştir. En düşük değer %42,4 ile TB uygulamasının

kontrol (0) dozunda, en yüksek değer ise %45,1 ile TB+(ÇB+ÇD) uygulamasının 0,4 ve 0,6 dozlarında FeSO₄ uygulamasından elde edilmiştir.

4.7. 100 tohum ağırlığı (g)

Pamuk bitkisinde farklı gelişim dönemlerinde uygulanan farklı demir sülfat dozlarından elde edilen 100 tohum ağırlığı (g) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.13’de, elde edilen ortalama değerler Çizelge 4.14’de verilmiştir.

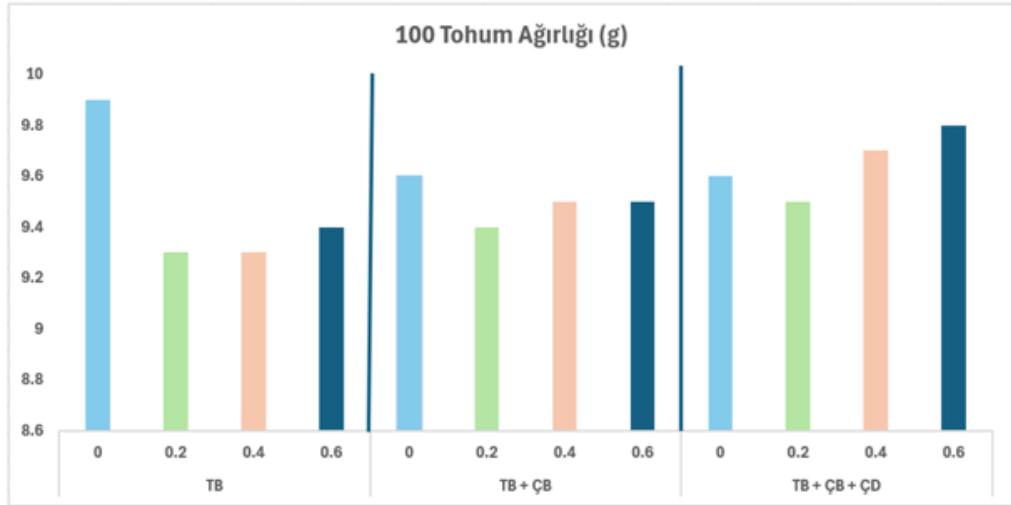
Çizelge 4.13. Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarından elde edilen 100 tohum ağırlığına (g) ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	2	51,905	25,953	49,862	0,0820 Öd
Uygulama	2	21,395	10,697	20,553	0,2432 öd
Tekerrür*Uygulama	4	20,820	5,205	20,934	0,1239 öd
Dozlar	3	38,622	12,874	51,779	0,0094**
Uygulama × Dozlar	6	46,335	7,722	31,060	0,0287*
Hata	18	0,44753	2,486	-	-
Toplam	35	223,830	-	-	-

Çizelge 4.13’de 100 tohum ağırlığına ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre, uygulama faktörünün, tekerrürün ve tekerrür × uygulama interaksyonunun 100 tohum ağırlığı üzerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$). Buna karşılık doz faktörünün 100 tohum ağırlığı üzerinde istatistiksel olarak çok önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir ($P<0,01$). Bu sonuçlar, uygulamaların tek başına 100 tohum ağırlığında anlamlı bir değişime neden olmadığını ortaya koymaktadır. Diğer taraftan, uygulama × doz interaksyonu %5 önem düzeyinde anlamlı bulunmuştur ($P<0,05$). Bu durum, dozların 100 tohum ağırlığı üzerine etkisinin uygulama şekline bağlı olarak değiştiğini göstermektedir.

Çizelge 4.14. Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarına göre ortalama 100 tohum ağırlığı (g) değerleri

Uygulama	Dozlar	100 tohum ağırlığı (g)
TB	0	9,9 a
	0,2	9,3 ef
	0,4	9,3 ef
	0,6	9,4 def
TB+ÇB	0	9,6 abcd
	0,2	9,4 def
	0,4	9,5 cdef
	0,6	9,5 cdef
TB+ÇB+ÇD	0	9,6 abcd
	0,2	9,5 cdef
	0,4	9,7 abc
	0,6	9,8 ab
P değeri		*



Şekil 4.7. Farklı dönemlerde uygulanan demir sülfat uygulamalarının 100 tohum ağırlığı üzerine etkisi (TB: Taraklanma başlangıcı dönemi, ÇB: Çiçeklenme başlangıcı dönemi, ÇD: Çiçeklenme doruğu dönemi)

Çizelge 4.14’de uygulama ve doz interaksiyonuna ait ortalama 100 tohum ağırlığı değerleri incelendiğinde, 100 tohum ağırlığının 9.3–9.9 g arasında değiştiği gösterilmiştir. En yüksek 100 tohum ağırlığı TB uygulamasında kontrol dozunda (0 doz) 9.9 g olarak, en

düşük TB uygulamasında 0.2 ve 0.4 dozlarında FeSO₄ uygulamasından 9.3 g olarak elde edilmiştir.

4.8. SPAD 45. Gün

Pamuk bitkisinde farklı gelişim dönemlerinde uygulanan farklı demir sülfat dozlarından elde edilen SPAD 45. gün değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.15’de, elde edilen ortalama değerler Çizelge 4.16’da verilmiştir.

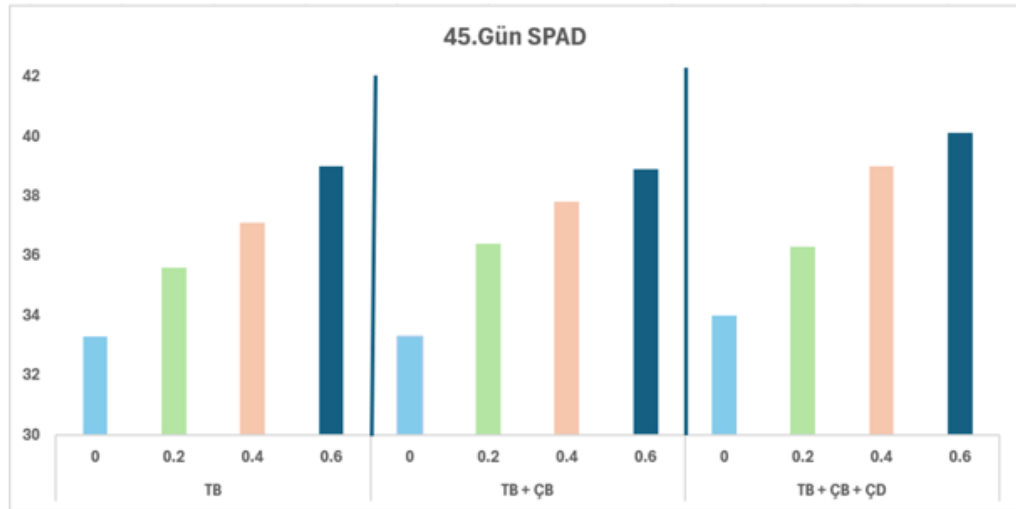
Çizelge 4.15. Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarından elde edilen SPAD 45. gün’e ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	2	234,001	11,700	32,125	0,1472 Öd
Uygulama	2	768,861	38,443	105,555	0,0254*
Tekerrür*Uygulama	4	145,679	3,642	19,276	0,1495 öd
Dozlar	3	168,166	56,055	2,966,888	< 0,0001**
Uygulama × Dozlar	6	267,739	4,462	23,618	0,0736 öd
Hata	18	3,40087	1,889	-	-
Toplam	35	1,756,736	-	-	-

Çizelge 4.15’de SPAD 45. gün değerlerine ait varyans analizi sonuçlarına göre, uygulama, tekerrür x uygulama ve uygulama x doz etkileşimleri SPAD 45. gün değeri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Buna karşılık uygulama faktörü ($P<0.05$), doz faktörü ise ($P<0.01$) düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuştur. Özellikle uygulama × doz interaksiyonunun anlamlı olmaması, dozların SPAD 45. gün üzerine etkisinin tüm uygulamalarda benzer şekilde gerçekleştiğini ve uygulamaya bağlı olarak değişmediğini göstermektedir.

Çizelge 4.16. Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarına göre ortalama SPAD 45.gün değerleri

Uygulama	Dozlar	SPAD 45. Gün
TB	0	33,3
	0,2	35,6
	0,4	37,1
	0,6	39,0
TB+ÇB	0	33,3
	0,2	36,4
	0,4	37,8
	0,6	38,9
TB+ÇB+ÇD	0	34,0
	0,2	36,3
	0,4	39,0
	0,6	40,1
P değeri		öd



Şekil 4.8. Farklı dönemlerde uygulanan demir sülfat uygulamalarının 45. Gün SPAD değeri üzerine etkisi (TB: Taraklanma başlangıcı dönemi, ÇB: Çiçeklenme başlangıcı dönemi, ÇD: Çiçeklenme doruğu dönemi)

Çizelge 4.16’da uygulama ve doz kombinasyonlarına ait ortalama SPAD 45. gün değerleri 33.3-40.1 arasında değişmiştir. SPAD 45. Gün en yüksek değeri TB+ÇB+ÇD uygulamasının 0.6 dozunda FeSO_4 uygulamasından (40.1), en düşük değer ise TB ve TB+ÇB

uygulamalarının kontrol (0) dozunda (33.3) FeSO₄ uygulamasından elde edilmiştir.

4.9. SPAD 60. Gün

Pamuk bitkisinde farklı gelişim dönemlerinde uygulanan farklı demir sülfat dozlarından elde edilen SPAD 60. gün değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17’de, elde edilen ortalama değerler Çizelge 4.18’de verilmiştir.

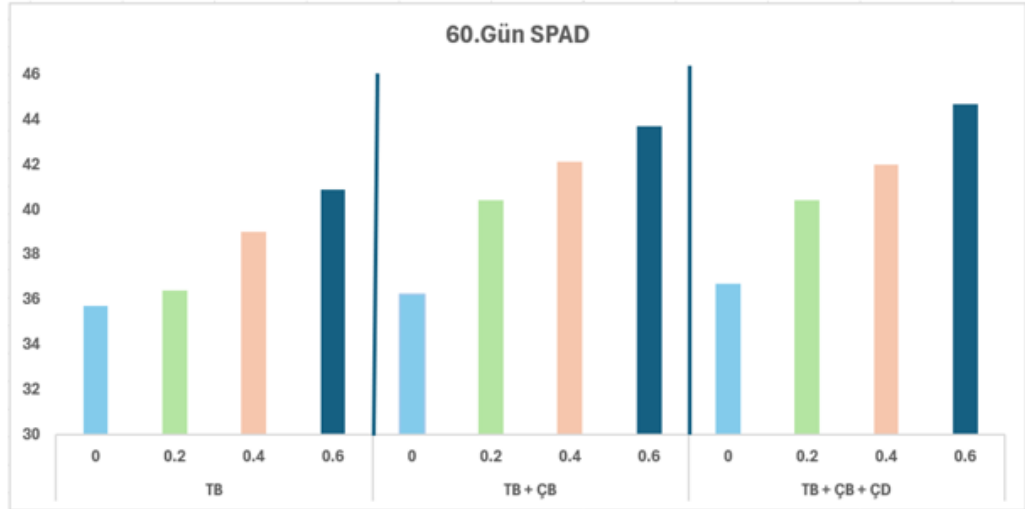
Çizelge 4.17. Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarından elde edilen SPAD 60. gün’e ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	2	364,371	182,185	47,462	0,0879 öd
Uygulama	2	634,923	317,462	827,031	0,0006**
Tekerrür*Uygulama	4	153,543	38,386	17,415	0,1848 öd
Dozlar	3	231,534	771,782	3,501,496	< 0,0001**
Uygulama × Dozlar	6	133,349	222,248	100,832	< 0,0001**
Hata	18	3,96747	22,041	-	-
Toplam	35	3,175,083	-	-	-

Çizelge 4.17’de SPAD 60. gün değerlerine ait varyans analizi sonuçlarına göre, uygulama, doz, uygulama x doz etkileşimi SPAD 60. gün değeri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,01). Buna karşılık, tekerrürlerin etkisi ile tekerrür × uygulama interaksiyonu istatistiksel olarak önemsiz (P>0,05) bulunmuştur.

Çizelge 4.18. Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarına göre ortalama SPAD 60.gün değerleri

Uygulama	Dozlar	SPAD 60. Gün
TB	0	35,7 g
	0,2	36,4 fg
	0,4	39,0 e
	0,6	40,9 d
TB+ÇB	0	36,2 fg
	0,2	40,4 d
	0,4	42,1 c
	0,6	43,7 b
TB+ÇB+ÇD	0	36,7 f
	0,2	40,4 d
	0,4	42,0 c
	0,6	44,7 a
P değeri		**



Şekil 4.9. Farklı dönemlerde uygulanan demir sülfat uygulamalarının 60. Gün SPAD değeri üzerine etkisi (TB: Taraklanma başlangıcı dönemi, ÇB: Çiçeklenme başlangıcı dönemi, ÇD: Çiçeklenme doruğu dönemi)

Çizelge 4.18’de uygulama ve doz kombinasyonlarına ait ortalama SPAD 60. Gün değerleri 35.7-44.7 arasında değişmiştir. En düşük değer TB uygulamasının kontrol (0)

dozunda (35,7) belirlenirken, en yüksek değer TB+ÇB+ÇD uygulamasının 0,6 dozunda FeSO₄ uygulamasından (44,7) elde edilmiştir.

4.10. SPAD 75. Gün

Pamuk bitkisinde farklı gelişim dönemlerinde uygulanan farklı demir sülfat dozlarından elde edilen SPAD 75. gün değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.19’da, elde edilen ortalama değerler Çizelge 4.20’de verilmiştir.

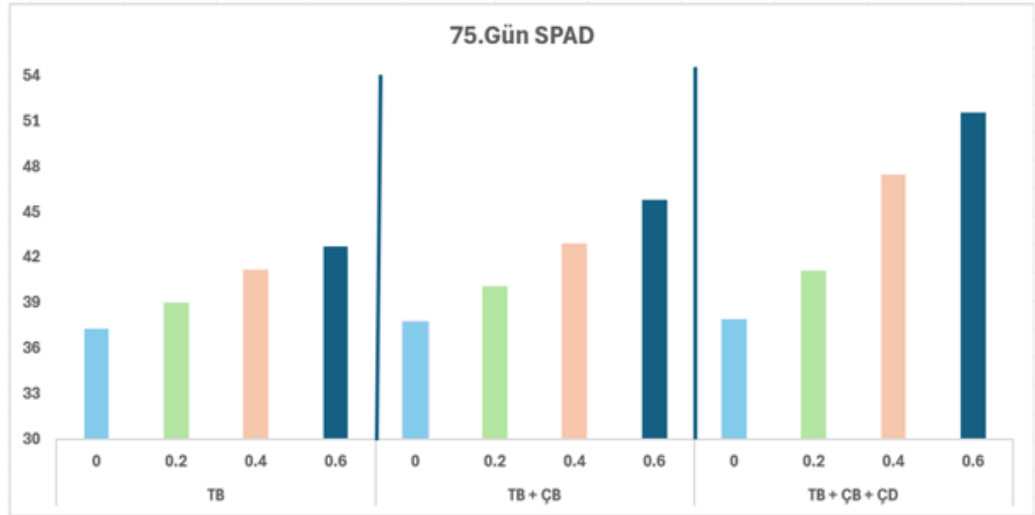
Çizelge 4.19. Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarından elde edilen SPAD 75. gün’e ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	2	7,287	3,643	1,298	0,8818 öd
Uygulama	2	125,208	62,604	2,231,144	< 0,0001**
Tekerrür*Uygulama	4	112,237	28,059	17,368	0,1858 öd
Dozlar	3	431,215	143,738	8,897,048	< 0,0001**
Uygulama × Dozlar	6	685,368	114,228	707,043	< 0,0001**
Hata	18	2,90803	16,156	-	-
Toplam	35	6,288,630	-	-	-

Çizelge 4.19’da SPAD 75. gün değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre, uygulama, doz ve uygulama x doz etkileşimi faktörlerinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P< 0,01). Buna karşılık, tekerrür etkisi ile tekerrür × uygulama etkileşimi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (P> 0,05).

Çizelge 4.20. Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarına göre ortalama SPAD 75.gün değerleri

Uygulama	Dozlar	SPAD 75. Gün
TB	0	37,3 h
	0,2	39,0 g
	0,4	41,2 e
	0,6	42,7 d
TB+ÇB	0	37,7 h
	0,2	40,1 f
	0,4	42,9 d
	0,6	45,8 c
TB+ÇB+ÇD	0	37,9 h
	0,2	41,1 e
	0,4	47,5 b
	0,6	51,6 a
P değeri		**



Şekil 4.10. Farklı dönemlerde uygulanan demir sülfat uygulamalarının 75. Gün SPAD değeri üzerine etkisi (TB: Taraklanma başlangıcı dönemi, ÇB: Çiçeklenme başlangıcı dönemi, ÇD: Çiçeklenme doruğu dönemi)

Çizelge 4.20’de SPAD 75. gün değerleri bakımından uygulama ve doz interaksiyonuna

ait ortalama değerler 37.3-51.6 arasında değişim göstermiştir. SPAD 75. Gün en yüksek değeri TB+ÇB+ÇD uygulamasının 0,6 dozunda FeSO₄ uygulamasından (51,6) elde edilmiş, en düşük SPAD 75. gün değerleri TB uygulamasının kontrol (0) dozu uygulamasından (37,3) elde edilmiştir.

4.11. Lif inceliği (micronaire)

Pamuk bitkisinde farklı gelişim dönemlerinde uygulanan farklı demir sülfat dozlarından elde edilen lif inceliği (micronaire) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.21’de, elde edilen ortalama değerler Çizelge 4.22’de verilmiştir.

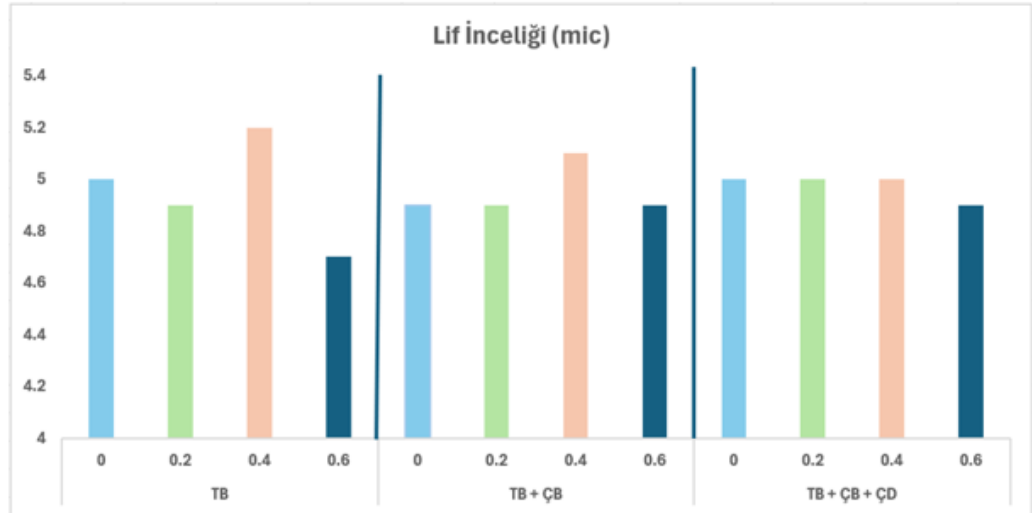
Çizelge 4.21. Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarından elde edilen lif inceliğine (micronaire) ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	2	105	52	52,500	0,0761 öd
Uygulama	2	1,140	570	570,000	0,0011**
Tekerrür*Uygulama	4	40	10	16,615	0,2026 öd
Dozlar	3	24,103	8,034	1,334,938	< 0,0001**
Uygulama × Dozlar	6	16,651	2,775	4,611,077	< 0,0001**
Hata	18	0,00108*	6	-	-
Toplam	35	42,142	-	-	-

Çizelge 4.21’de lif inceliği (micronaire) özelliğine ait varyans analizi sonuçlarına göre, uygulama, doz ve uygulama x doz etkileşim faktörleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,01$). Buna karşılık tekerrür etkisi ile tekerrür × uygulama interaksiyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P > 0,05$).

Çizelge 4.22. Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarına göre ortalama lif inceliği (micronaire) değerleri

Uygulama	Dozlar	Lif inceliği (micronaire)
TB	0	5,0 c
	0,2	4,9 d
	0,4	5,2 a
	0,6	4,7 e
TB+ÇB	0	4,9 d
	0,2	4,9 d
	0,4	5,1 b
	0,6	4,9 d
TB+ÇB+ÇD	0	5,0 c
	0,2	5,0 c
	0,4	5,0 c
	0,6	4,9 d
P değeri		**



Şekil 4.11. Farklı dönemlerde uygulanan demir sülfat uygulamalarının lif inceliği üzerine etkisi (TB: Taraklanma başlangıcı dönemi, ÇB: Çiçeklenme başlangıcı dönemi, ÇD: Çiçeklenme doruğu dönemi)

Çizelge 4.22’de lif inceliği bakımından uygulama ve doz kombinasyonları ortalama değerleri 4.7-5.2 arasında değişim göstermiştir. En yüksek micronaire değeri TB uygulama-

sının 0,4 dozunda FeSO₄ uygulamasından (5,2 mic), en düşük değer ise TB uygulamasının 0,6 dozunda (4,7 mic) elde edilmiştir.

4.12. Lif uzunluğu (mm)

Pamuk bitkisinde farklı gelişim dönemlerinde uygulanan farklı demir sülfat dozlarından elde edilen lif uzunluğu (mm) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.23’de, elde edilen ortalama değerler Çizelge 4.24’de verilmiştir.

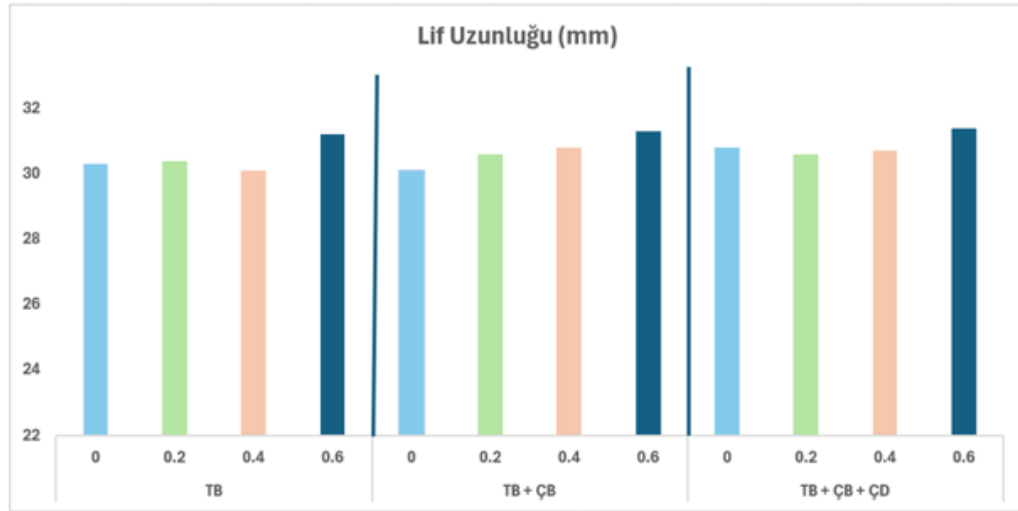
Çizelge 4.23. Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarından elde edilen lif uzunluğuna (mm) ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	2	65	33	945	0,9118 öd
Uygulama	2	76,715	38,358	1,115,855	0,0003**
Tekerrür*Uygulama	4	1,375	344	14,105	0,2706 öd
Dozlar	3	468,256	156,085	6,404,711	< 0,0001**
Uygulama × Dozlar	6	84,403	14,067	577,223	< 0,0001**
Hata	18	0,04387	2,437	-	-
Toplam	35	635,201	-	-	-

Çizelge 4.23’de lif uzunluğuna ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre, uygulama, doz, ve uygulama x doz etkileşim faktörlerinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,01$). Öte yandan, tekerrür etkisi ile tekerrür × uygulama interaksyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P > 0,05$).

Çizelge 4.24. Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarına göre ortalama lif uzunluğu (mm) değerleri

Uygulama	Dozlar	Lif uzunluğu (mm)
TB	0	30,3 h
	0,2	30,4 g
	0,4	30,1 i
	0,6	31,2 c
TB+ÇB	0	30,1 i
	0,2	30,6 ef
	0,4	30,8 d
	0,6	31,3 b
TB+ÇB+ÇD	0	30,8 d
	0,2	30,6 ef
	0,4	30,7 de
	0,6	31,4 a
P değeri		**



Şekil 4.12. Farklı dönemlerde uygulanan demir sülfat uygulamalarının lif uzunluğu üzerine etkisi (TB: Taraklanma başlangıcı dönemi, ÇB: Çiçeklenme başlangıcı dönemi, ÇD: Çiçeklenme doruğu dönemi)

Çizelge 4.24’de lif uzunluğu bakımından uygulama ve dozların interaksiyonunun ortalama değerleri 30.1-31.4 mm arasında değişmiştir. En yüksek lif uzunluğu 31,4 mm ile TB+ÇB+ÇD uygulamasının 0,6 dozu FeSO_4 uygulamasından elde edilmiş, en düşük

lif uzunluğu ise 30,1 mm ile TB uygulamasının 0,4 dozunda FeSO_4 uygulamasından elde edilmiştir.

4.13. Lif kopma dayanıklılığı (g/tex)

Pamuk bitkisinde farklı gelişim dönemlerinde uygulanan farklı demir sülfat dozlarından elde edilen lif kopma dayanıklılığı (g/tex) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.25’de, elde edilen ortalama değerler Çizelge 4.26’da verilmiştir.

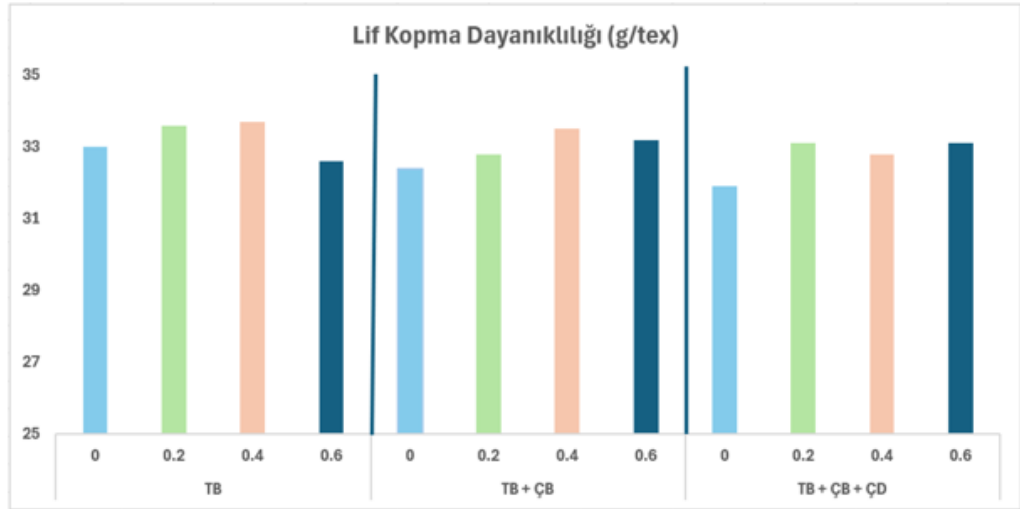
Çizelge 4.25. Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarından elde edilen lif kopma dayanıklılığına (g/tex) ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	2	6,167	3,083	18,500	0,2699 öd
Uygulama	2	145,167	72,583	435,500	0,0019**
Tekerrür*Uygulama	4	6,667	1,667	7,930	0,5450 öd
Dozlar	3	406,083	135,361	644,009	< 0,0001**
Uygulama × Dozlar	6	304,833	50,806	241,718	< 0,0001**
Hata	18	0,37834	2,102	-	-
Toplam	35	906,750	-	-	-

Çizelge 4.25’de lif kopma dayanıklılığına ilişkin varyans analizi sonuçları incelendiğinde, uygulama, doz, uygulama x doz etkileşimlerinin lif kopma dayanıklılığı üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P < 0,01$). Buna karşılık tekerrür ile tekerrür × uygulama interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P > 0,05$).

Çizelge 4.26. Pamuk bitkisinde farklı dozlarda demir sülfat uygulamalarına göre ortalama lif kopma dayanıklılığı (g/tex) değerleri

Uygulama	Dozlar	Lif kopma dayanıklılığı (g/tex)
TB	0	33,0 bc
	0,2	33,6 a
	0,4	33,7 a
	0,6	32,6 d
TB+ÇB	0	32,4 e
	0,2	32,8 cd
	0,4	33,5 a
	0,6	33,2 b
TB+ÇB+ÇD	0	31,9 f
	0,2	33,1 b
	0,4	32,8 cd
	0,6	33,1 b
P değeri		**



Şekil 4.13. Farklı dönemlerde uygulanan demir sülfat uygulamalarının lif kopma dayanıklılığı üzerine etkisi (TB: Taraklanma başlangıcı dönemi, ÇB: Çiçeklenme başlangıcı dönemi, ÇD: Çiçeklenme doruğu dönemi)

Çizelge 4.26'da lif kopma dayanıklılığı bakımından uygulama ve dozların interaksiyonunun ortalama değerleri 31.9-33.7 g/tex arasında değişim göstermiştir. En yüksek lif kopma dayanıklılığı 33,7 g/tex ile TB uygulamasının 0,4 dozunda FeSO₄ uygulamasından

elde edilmiş olup, en düşük lif kopma dayanıklılığı 31,9 g/tex ile TB+ÇB+ÇD uygulamasının kontrol (0) dozundan elde edilmiştir.

5. TARTIŞMA

Demir (Fe), bitkilerde eser miktarda gereksinim duyulan mikro besin elementi olmasına rağmen fotosentez, solunum, klorofil biyosentezi, elektron taşınımı, antioksidan savunma sistemi, azot metabolizması ve birçok enzimatik reaksiyonun düzenlenmesinde temel rol oynadığından bitki büyümesi ve verim oluşumunda vazgeçilmez bir elementtir (Marschner, 2011; Briat vd., 2015; Kobayashi ve Nishizawa, 2012; Hänsch ve Mendel, 2009; Rout ve Sahoo, 2015; Vigani vd., 2013; Zuo ve Zhang, 2011). Özellikle kireçli ve alkali karakterli topraklarda demirin Fe^{3+} formunda çözünmeyen hidroksit ve oksit bileşiklerine dönüşmesi, bitkilerin demirden yararlanmasını önemli ölçüde sınırlandırmaktadır (Lindsay ve Schwab, 1982; Lucena, 2003; Fernández ve Ebert, 2005; Abadía vd., 2011). Araştırmanın yürütüldüğü toprağın pH değerinin 8,13 ve kireç içeriğinin %20'nin üzerinde olması, demir noksanlığının ortaya çıkması için oldukça uygun koşullar oluşturmuştur. Bu nedenle yapraktan uygulanan $FeSO_4$ 'ün toprak kaynaklı demir bağlanması doğrudan metabolik olarak aktif yaprak dokularına ulaşması, araştırmada elde edilen olumlu sonuçların temel nedenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Nitekim yapraktan uygulanan demirin özellikle alkali topraklarda toprak uygulamalarına göre daha hızlı etki gösterdiği ve kloroz belirtilerini kısa sürede ortadan kaldırdığı birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Fernández ve Brown, 2013; Römhelt ve Marschner, 1986; Fernández ve Ebert, 2005; Zuo ve Zhang, 2011).

Araştırmada en dikkat çekici bulgulardan biri, $FeSO_4$ dozunun ve uygulama dönemlerinin artmasına bağlı olarak kütlü pamuk veriminde meydana gelen önemli yükseliştir. Özellikle taraklanma, çiçeklenme başlangıcı ve çiçeklenme doruğu dönemlerinde gerçekleştirilen ardışık uygulamaların $0,6 \text{ g L}^{-1}$ dozunda en yüksek verimi sağlaması, pamuk bitkisinin demir gereksiniminin yalnızca erken vejetatif gelişme ile sınırlı olmadığını, generatif gelişim süresince de devam ettiğini göstermektedir. Verim artışı doğrudan tek bir fizyolojik mekanizmanın sonucu olmayıp fotosentez kapasitesindeki yükselme, klorofil sentezinin korunması, elektron taşınım zincirinin daha etkin çalışması, ATP ve NADPH üretiminin artması, karbon asimilasyonunun hızlanması ve sentezlenen fotoasimilatların gelişmekte olan kozalara daha etkin taşınmasının ortak sonucudur (Marschner, 2011; Briat

vd., 2015; Kobayashi ve Nishizawa, 2012; Vigani vd., 2013). Demir eksikliğinde ferredoksin, sitokromlar ve Fe-S proteinlerinin sentezi azalmakta, bunun sonucunda fotosistem I'de elektron taşınımı yavaşlamakta ve Calvin döngüsüne aktarılan enerji miktarı düşmektedir (Hänsch ve Mendel, 2009; Rout ve Sahoo, 2015; Briat vd., 2015). Buna karşılık yeterli demir beslenmesi fotosentetik aparatın bütünlüğünü koruyarak karbon fiksasyonunu artırmakta ve oluşan karbonhidratların generatif organlara taşınmasını hızlandırmaktadır (Abadía vd., 2011; Kobayashi ve Nishizawa, 2012). Pamukta koza gelişiminin yüksek düzeyde karbon ve enerji gerektiren bir süreç olduğu dikkate alındığında, demir uygulamalarının verim üzerine olumlu etkisinin büyük ölçüde bu fizyolojik mekanizmalarla ilişkili olduğu söylenebilir. Araştırmada elde edilen verim artışları literatürde bildirilen birçok çalışma ile uyumludur. Beyyavaş vd., (2023), kireçli ve alkali toprak koşullarında yapraktan uygulanan FeSO_4 'ün pamukta hem biyokütleyle hem de kütlü pamuk verimini önemli düzeyde artırdığını bildirmiştir. Aynı şekilde Oosterhuis (2001), mikro besin elementi uygulamalarının özellikle çiçeklenme döneminde pamukta karbon metabolizmasını destekleyerek koza tutumunu artırdığını belirtmiştir. Fernández ve Ebert (2005)'da yapraktan demir uygulamalarının özellikle yüksek pH'lı topraklarda verim kayıplarını önemli ölçüde azalttığını bildirmiştir.

Bitki boyunda meydana gelen artışlar da demirin metabolik fonksiyonları dikkate alındığında beklenen bir sonuçtur. Bitki boyu büyük ölçüde hücre bölünmesi, hücre uzaması ve karbonhidrat üretimiyle ilişkilidir. Demir, mitokondride gerçekleşen oksidatif fosforilasyonda görev alan sitokrom komplekslerinin temel bileşenlerinden biri olduğundan ATP sentezini doğrudan desteklemektedir (Marschner, 2011; Briat vd., 2015). Bunun yanında demirin nitrat redüktaz ve nitrit redüktaz enzimlerinin aktivitesini desteklemesi protein sentezini artırmakta ve yeni dokuların oluşumunu hızlandırmaktadır (Marschner, 2011; Rout ve Sahoo, 2015). Bu nedenle araştırmada özellikle üç uygulama döneminde gerçekleştirilen FeSO_4 uygulamalarında bitki boyunun sürekli artış göstermesi fizyolojik açıdan beklenen bir durumdur. Literatürde de benzer sonuçlar rapor edilmiştir. Haliloğlu, (2005), yapraktan uygulanan mikro besin elementlerinin pamukta bitki boyunu önemli ölçüde artırdığını bildirmiştir. Beyyavaş vd., (2023), FeSO_4 uygulamalarının vejetatif gelişmeyi hızlandırdığını ve bitki boyunda anlamlı artış oluşturduğunu belirtmiştir. Ayrıca Römheld ve Marschner (1986), alkali topraklarda yapraktan uygulanan demirin kökten alınan demire

göre daha hızlı fizyolojik cevap oluşturduğunu göstermiştir.

Araştırmada FeSO_4 uygulamalarıyla birlikte SPAD değerlerinde gözlenen artış, yapraklarda klorofil sentezinin ve fotosentetik pigment yoğunluğunun yükseldiğini göstermektedir. Her ne kadar demir klorofil molekülünün yapısına doğrudan katılmasa da δ -aminolevulinik asit sentezi, protochlorophyllide reductase aktivitesi ve porfirin metabolizmasında görev alan birçok enzimin kofaktörü olarak klorofil biyosentezinde vazgeçilmez rol üstlenmektedir (Marschner, 2011; Briat vd., 2015; Kobayashi ve Nishizawa, 2012). Demir eksikliğinde genç yapraklarda damar arası klorozun ortaya çıkmasının temel nedeni de klorofil sentezindeki bu yavaşlamadır (Abadía vd., 2011). Yapraktan uygulanan FeSO_4 kısa sürede mezofil dokularına taşınarak klorofil sentezini yeniden aktive etmekte, ışık hasat komplekslerinin stabilitesini artırmakta ve fotosentetik etkinliği yükseltmektedir (Fernández ve Brown, 2013; Zuo ve Zhang, 2011). SPAD değerindeki artış yalnızca yaprak renginin koyulaşması anlamına gelmemektedir. Daha yüksek SPAD değeri aynı zamanda daha fazla klorofil, daha yüksek ışık absorpsiyonu, daha yüksek elektron taşınımı, daha yüksek Rubisco aktivitesi ve daha fazla karbon asimilasyonu anlamına gelmektedir (Taiz vd., 2018; Marschner, 2011). Bu nedenle araştırmada SPAD ile verim arasındaki paralel artış fizyolojik açıdan oldukça anlamlıdır. Nitekim birçok araştırmacı SPAD değerinin pamukta verim tahmini için önemli göstergelerden biri olduğunu bildirmiştir (Pettigrew, 2004; Beyyavaş vd., 2023). Benzer şekilde Fernández ve Ebert (2005), yapraktan uygulanan demirin klorofil içeriğini artırarak fotosentetik performansı iyileştirdiğini ve bunun biyokütle ile verime olumlu yansıdığını bildirmişlerdir.

Pamukta verimin belirlenmesinde en önemli verim unsurları koza sayısı, koza ağırlığı ve koza kütlü ağırlığıdır. Bu üç parametre birbirinden bağımsız olmayıp bitkinin fotosentetik kapasitesi, besin elementi alımı, karbon metabolizması, generatif organların oluşumu ve koza doldurma sürecinin ortak sonucu olarak şekillenmektedir (Oosterhuis, 2001; Constable ve Bange, 2015). Araştırmada FeSO_4 uygulamalarıyla birlikte özellikle üç farklı gelişme döneminde gerçekleştirilen yaprak uygulamalarının koza sayısı, koza ağırlığı ve koza kütlü ağırlığını artırması, demirin yalnızca vejetatif gelişmeyi değil aynı zamanda generatif büyüme süreçlerini de önemli ölçüde desteklediğini göstermektedir. Özellikle $0,6 \text{ g L}^{-1}$

dozunun en yüksek değerleri oluşturması, pamukta generatif gelişme boyunca yeterli demir beslenmesinin koza oluşumu ve koza gelişimi açısından kritik olduğunu ortaya koymaktadır.

Koza sayısındaki artışın temel nedeni demirin bitki fizyolojisinde üstlendiği çok yönlü görevlerle açıklanabilir. Tarak oluşumu ve çiçeklenme dönemleri pamukta karbon gereksiniminin en yüksek olduğu dönemlerdir. Bu dönemde fotosentezin yetersiz kalması veya besin elementi noksanlıkları genç tarak ve çiçeklerin dökülmesine neden olmaktadır (Oosterhuis, 2001). Demir eksikliğinde fotosentetik elektron taşınımı yavaşlamakta, ATP ve NADPH üretimi azalmakta ve karbonhidrat sentezi sınırlanmaktadır (Marschner, 2011; Briat vd., 2015; Kobayashi ve Nishizawa, 2012). Araştırmada yapraktan FeSO_4 uygulanmasıyla koza sayısının artması, fotosentetik kapasitenin korunması sayesinde generatif organlara yeterli fotoasimilat aktarılmasının sağlandığını göstermektedir. Bu durum özellikle kaynak-havuz (source-sink) ilişkisinin güçlenmesiyle açıklanabilir. Fotosentetik kaynakların artması, daha fazla tarak ve çiçeğin koza olarak gelişmesine olanak sağlamaktadır (Pettigrew, 2004; Oosterhuis, 2001).

Demir aynı zamanda nitrat redüktaz, nitrit redüktaz ve ferredoksin gibi azot metabolizmasının temel enzimlerinin yapısında görev almaktadır (Marschner, 2011; Rout ve Sahoo, 2015). Azot metabolizmasının iyileşmesi protein sentezini artırmakta, bu durum generatif organların gelişmesini desteklemektedir. Çiçek tomurcuklarının farklılaşması sırasında protein sentezindeki artışın koza bağlama oranını yükselttiği bildirilmektedir (Mengel ve Kirkby, 2012). Dolayısıyla araştırmada koza sayısındaki artış yalnızca fotosentezle değil, aynı zamanda azot metabolizmasının iyileşmesiyle de ilişkilendirilebilir. Koza sayısındaki artış literatürde bildirilen çalışmalarla büyük ölçüde uyumludur. Beyyavaş vd., (2023), alkali toprak koşullarında yapraktan FeSO_4 uygulamalarının koza sayısını önemli düzeyde artırdığını bildirmiştir. Oosterhuis (2001), çiçeklenme döneminde uygulanan mikro besin elementlerinin koza tutumunu artırdığını belirtmiştir. Benzer sonuçlar Fernández ve Ebert (2005), Fernández ve Brown (2013), Abadía vd., (2011), Briat vd., (2015) ve Vigani vd., (2013) tarafından da rapor edilmiştir.

Araştırmada koza ağırlığında meydana gelen artış, demir uygulamalarının koza doldurma sürecini olumlu etkilediğini göstermektedir. Koza gelişimi sırasında lif hü-

relerinin uzaması, tohum gelişimi ve selüloz sentezi yüksek miktarda enerji gerektiren metabolik olaylardır (Basra ve Malik, 1984; Constable ve Bange, 2015). Demir, mitokondride gerçekleşen elektron taşınım zincirinin temel elemanlarından biri olduğundan ATP üretimini artırmakta ve enerji gereksinimi yüksek olan koza doldurma sürecini desteklemektedir (Marschner, 2011; Briat vd., 2015). Ayrıca demirin klorofil sentezini artırması sonucu fotosentez hızlanmakta, daha fazla sakkaroz sentezlenmekte ve bu karbonhidratlar floem yoluyla gelişmekte olan kozalara taşınmaktadır (Marschner, 2011). Kozalarda biriken karbonhidratların önemli bölümü lif oluşumu ve tohum gelişiminde kullanıldığından koza ağırlığında artış meydana gelmektedir. Demir eksikliğinde reaktif oksijen türlerinin (ROS) birikimi artmakta, zar lipidleri zarar görmekte ve generatif organların gelişimi olumsuz etkilenmektedir (Briat vd., 2015; Kobayashi ve Nishizawa, 2012). Yeterli demir beslenmesi ise katalaz, peroksidaz ve diğer antioksidan sistemlerin etkinliğini artırarak hücre zarlarının korunmasını sağlamaktadır (Gill ve Tuteja, 2010). Böylece koza gelişimi boyunca hücresel bütünlük korunmakta ve daha yüksek koza ağırlıkları elde edilmektedir. Benzer şekilde Beyyavaş vd., (2023), FeSO_4 uygulamalarının koza ağırlığını artırdığını bildirirken; Oosterhuis (2001), mikro besin elementi uygulamalarının koza doldurma sürecini hızlandırdığını rapor etmiştir. Ayrıca Fernández ve Ebert (2005) benzer sonuçlar bildirmiştir.

Araştırmada koza kütlü ağırlığının FeSO_4 uygulamalarıyla artması da; koza içerisindeki tohum gelişimi ile lif sentezinin birlikte değerlendirilmesini sağlayan önemli bir verim unsurudur. Demirin fotosentetik karbon metabolizmasını iyileştirmesi sonucu gelişmekte olan tohumlara daha fazla karbon ve azot taşınmakta, aynı zamanda lif hücrelerinde selüloz sentezi hızlanmaktadır (Basra ve Malik, 1984). Bu nedenle koza kütlü ağırlığındaki artış yalnızca daha iri kozalardan değil, aynı zamanda daha iyi gelişmiş lif ve tohumlardan kaynaklanmaktadır. Araştırmada özellikle üç uygulama döneminde gerçekleştirilen FeSO_4 uygulamalarında en yüksek koza kütlü ağırlıklarının elde edilmesi, sezon boyunca yeterli demir beslenmesinin sürdürülmesinin koza doldurma sürecinde büyük önem taşıdığını göstermektedir. Bu sonuçlar Beyyavaş vd., (2023), Fernández ve Ebert (2005), Oosterhuis (2001), Briat vd., (2015), Marschner (2011), Kobayashi ve Nishizawa (2012), Abadía vd., (2011) tarafından bildirilen bulgularla genel olarak uyumludur.

Pamukta lif kalitesi, tekstil sanayisinin talep ettiği en önemli kalite kriterleri arasında yer almakta olup lif inceliği (micronaire), lif uzunluğu ve lif kopma dayanıklılığı bu özelliklerin başında gelmektedir. Araştırmada farklı gelişme dönemlerinde yapraktan uygulanan FeSO_4 dozlarının söz konusu lif kalite özellikleri üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu belirlenmiştir. Özellikle uygulama sayısının artırılması ve yüksek dozların kullanılmasıyla lif kalite özelliklerinde iyileşme eğilimi gözlenmiştir. Bu durum, demirin bitki metabolizmasında üstlendiği temel fizyolojik görevlerle yakından ilişkilidir. Araştırmada elde edilen bulgular, FeSO_4 uygulamalarının lif kalite özelliklerini iyileştirdiğini bildiren Sankaranarayanan vd., (2010) ile uyumludur. Araştırmacılar demir uygulamalarının özellikle çırçır randımanı ve lif kalite parametrelerinde olumlu gelişmeler sağladığını belirtmişlerdir. Bunun yanında Beyyavaş vd., (2023), Harran Ovası koşullarında yapraktan uygulanan FeSO_4 'ün klorofil içeriğini artırarak fotosentetik etkinliği yükselttiğini ve bunun verim ile kalite parametrelerine olumlu yansıdığını ifade etmiştir.

6. SONUÇLAR

Bu çalışma, pamukta farklı gelişme dönemlerinde yapraktan uygulanan farklı FeSO_4 dozlarının verim, verim bileşenleri ve lif kalite özellikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla yürütülmüştür. Araştırma sonuçları, özellikle yüksek pH ve kireç içeriğine sahip araştırma alanı topraklarında yapraktan gerçekleştirilen FeSO_4 uygulamalarının, toprak kaynaklı demir noksanlığını azaltarak bitki beslenmesini iyileştirdiği ve bunun hem verim hem de lif kalite özelliklerine olumlu yansıdığı belirlenmiştir. Uygulama zamanının da en az uygulama dozu kadar önemli olduğu, bitkinin kritik gelişme dönemlerinde gerçekleştirilen ardışık uygulamaların tek dönem uygulamalarına göre daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Araştırma bulguları birlikte değerlendirildiğinde, 0.6 g L^{-1} FeSO_4 ’ün taraklanma başlangıcı, çiçeklenme başlangıcı ve çiçeklenme doruğu dönemlerinde yapraktan uygulanmasının, pamukta yüksek verim ile birlikte lif kalite özelliklerinin geliştirilmesi açısından en uygun uygulama olduğu belirlenmiştir. Bu uygulama, yalnızca kütlü pamuk verimini artırmakla kalmamış; bitki gelişimi, koza oluşumu, çırcır randımanı ve lif kalite kriterlerinde de olumlu gelişmeler sağlamıştır.

Sonuç olarak, FeSO_4 ’ün kritik gelişme dönemlerinde yapraktan uygulanması, özellikle yüksek pH’lı ve kireçli topraklarda pamuk yetiştiriciliğinde verim ve kalite kayıplarının azaltılmasına katkı sağlayabilecek etkili bir bitki besleme stratejisi olarak değerlendirilebilir. Bununla birlikte, farklı pamuk çeşitleri, çevre koşulları ve yetiştirme sistemlerinde yürütülecek çok yıllık çalışmalarla optimum uygulama zamanı ve dozunun doğrulanması, elde edilen bulguların farklı üretim koşullarına aktarılabilirliğini artıracaktır. Bu araştırmanın, sürdürülebilir pamuk üretiminde mikro besin elementi yönetimine yönelik yapılacak gelecekteki çalışmalara önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

7. ÖNERİLER

Çalışmada, yapraktan uygulanan farklı dozlarda demir sülfat (FeSO_4) uygulamalarının pamukta verim, verim unsurları ve bazı lif kalite özellikleri üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu belirlenmiştir. Özellikle taraklanma, çiçeklenme başlangıcı ve çiçeklenme doruğu dönemlerinde uygulanan 0,6 g/L FeSO_4 dozunun verim ve birçok agronomik özellik bakımından en başarılı sonuçları verdiği görülmüştür. Yapraktan FeSO_4 uygulamalarının bitki gelişimini destekleyerek verim ve ürün kalitesinin artırılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu doğrultuda, demir noksanlığının görüldüğü, demir alımının sınırlı olduğu ve yüksek pH'lı kireçli toprak koşullarında pamuk yetiştiriciliği yapan üreticilere söz konusu uygulama önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Abadía, J., Vázquez, S., Rellán-Alvarez, R., El-Jendoubi, H., Abadía, A., Alvarez-Fernandez, A., & López-Millán, A. F. (2011). Towards a knowledge-based correction of iron chlorosis. *Plant Physiology and Biochemistry*, 49(5), 471–482.
- Aksoy, E., Maqbool, A., & Abudureyimu, B. (2020). Arpa Nikotinamin Sentaz1 (HvNAS1) Genini Yüksek Seviyede İfade Eden Arabidopsis thaliana Bitkileri Demir Eksikliğine Dayanıklılık Gösterir. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8, 70–79.
- Basra, A. S., & Malik, C. P. (1984). Development of the cotton fiber. İçinde *International Review of Cytology* (ss. 65–113, C. 89). Academic Press.
- Başar, H. (2002). Yapraktan uygulanan değişik bileşiklerin soya fasulyesinin demirle beslenmesine etkisi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16, 15–27.
- Beyyavas, V., Ramazanoglu, E., Sakin, E., Cevheri, C. İ., & Seyrek, A. (2023). Responses of some soil enzymes and cotton plant to foliar application of ferrous sulfate in a calcareous alkaline soil. *Journal of Plant Nutrition*, 46(14), 3421–3434.
- Bolat, İ., & Kara, Ö. (2017). Bitki besin elementleri: Kaynakları, işlevleri, eksik ve fazlalıkları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 218–228.
- Briat, J. F., Dubos, C., & Gaymard, F. (2015). Iron nutrition, biomass production, and plant product quality. *Trends in Plant Science*, 20(1), 33–40.
- Constable, G. A., & Bange, M. P. (2015). The yield potential of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) *Field Crops Research*, 182, 98–106.
- Dukpa, P., Chatterjee, R., & Subba, S. K. (2017). Soil and foliar iron fertilization on terrestrial water spinach (*Ipomoea reptans*) for biofortification. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(6), 1327–1330.
- Emiroğlu, A. (2017). *Demir sülfat tek başına veya üreyle birlikte Harran Ovasında yetiştirilen mısır bitkisine yapraktan uygulanmasının bitki gelişimine, demir ile beslenmesine ve tane verimine etkisi* [dok. tezi, Harran Üniversitesi].
- Fernández, V., & Brown, P. H. (2013). From plant surface to plant metabolism: the uncertain fate of foliar-applied nutrients. *Frontiers in Plant Science*, 4, 289.
- Fernández, V., & Ebert, G. (2005). Foliar iron fertilization: A critical review. *Journal of Plant Nutrition*, 28(12), 2113–2124.
- Franco, A. D., Ramírez, M. E., & Cháirez, F. E. O. (2018). Correction of iron chlorosis with chelate EDDHA in crops grown in alkaline and calcareous soil. *Terra Latinoamericana*, 36(1), 23–30.
- Fuentes, M., Bacaicoa, E., Rivero, M., Zamarreño, Á. M., & García-Mina, J. M. (2018). Complementary evaluation of iron deficiency root responses to assess the effectiveness of different iron foliar applications for chlorosis remediation. *Frontiers in Plant Science*, 9, 351.

- Gill, S. S., & Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48(12), 909–930.
- Hänsch, R., & Mendel, R. R. (2009). Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). *Current Opinion in Plant Biology*, 12(3), 259–266.
- Horuz, A., Korkmaz, A., Akinoğlu, G., & Boz, E. (2016). Bitkilerde demir klorozunun nedenleri ve giderilme yöntemleri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 4(1), 32–42.
- Ivanov, R., Brumbarova, T., & Bauer, P. (2012). Fitting into the harsh reality: regulation of iron-deficiency responses in dicotyledonous plants. *Molecular Plant*, 5(1), 27–42.
- Kabir, A. H., Paltridge, N., & Stangoulis, J. (2016). Chlorosis correction and agronomic biofortification in field peas through foliar application of iron fertilizers under Fe deficiency. *Journal of Plant Interactions*, 11(1), 1–4.
- Kadifeci, H., Dikici, H., & Demir, Ö. F. (2024). Effect of active lime on the availability of metal micronutrients. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 11(2), 347–356.
- Kara, H. (2024). *Topraktan ve yapraktan uygulanan kükürt formlarının pamuk (Gossypium hirsutum L.) bitkisinde bazı besin elementlerinin alımına ve topraktaki pH oranının izlenmesi üzerine bir araştırma* [dok. tezi, Harran Üniversitesi].
- Kobayashi, T., & Nishizawa, N. K. (2012). Iron uptake, translocation, and regulation in higher plants. *Annual Review of Plant Biology*, 63, 131–152.
- Küçükyumuk, Z., & Bayındır, Ü. (2023). Bitki Beslenmesi ve Bitki Hastalıkları İlişkisi. *Turkish Journal of Science and Engineering*, 5(1), 42–49.
- Lindsay, W. L., & Schwab, A. P. (1982). The chemistry of iron in soils and its availability to plants. *Journal of Plant Nutrition*, 5(4-7), 821–840.
- Lucena, J. J. (2003). Fe chelates for remediation of Fe chlorosis in strategy I plants. *Journal of Plant Nutrition*, 26(10-11), 1969–1984.
- Marschner, H. (Ed.). (2011). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press.
- Mengel, K., & Kirkby, E. A. (2012). *Principles of Plant Nutrition*. Springer.
- Omarak, M. (2019). *Serada yetiştirilen hıyarın demir içeriği üzerine değişik organik gübre ve demirli bileşiklerin etkisi* [Y. L. tezi, Bursa Uludağ University].
- Oosterhuis, D. (2001). Physiology and nutrition of high yielding cotton in the USA.
- Özüdoğru, T. (2021). Dünya ve Türkiye’de pamuk üretim ekonomisi. *Tekstil ve Mühendis*, 28(122), 149–161.
- Pettigrew, W. T. (2004). Physiological consequences of moisture deficit stress in cotton. *Crop Science*, 44(4), 1265–1272.
- Rout, G. R., & Sahoo, S. (2015). Role of iron in plant growth and metabolism. *Reviews in Agricultural Science*, 3, 1–24.

- Römheld, V., & Marschner, H. (1986). Evidence for a specific uptake system for iron phytosiderophores in roots of grasses. *Plant Physiology*, 80(1), 175–180.
- Saleem, I., Javid, S., Bibi, F., Ehsan, S., Niaz, A., & Ahmad, Z. A. (2016). Biofortification of maize grain with zinc and iron by using fertilizing approach. *Journal of Agriculture and Ecology Research International*, 7(4), 1–6.
- Sankaranarayanan, K., Praharaj, C. S., Nalayini, P., Bandyopadhyay, K. K., & Gopalakrishnan, N. (2010). Effect of magnesium, zinc, iron and boron application on yield and quality of cotton (*Gossypium hirsutum*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 80(8), 699–703.
- Sezener, V., Ozbek, N., Erdogan, O., Bozbek, T., Yavas, I., & Unay, A. (2007). Variety × environment interaction in cotton yield trials.
- Smith, C. W., & Cothren, J. T. (1999). *Cotton: Origin, History, Technology and Production*. John Wiley & Sons.
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2025). *2025 Yılı Bitkisel Üretim I. Tahmini* (tek. rap.). TÜİK. Ankara.
- Variety × environment interaction in cotton yield trials. (2007). *International Journal of Agricultural Research*, 2(2), 175–179.
- Vigani, G., Zocchi, G., Bashir, K., Philippar, K., & Briat, J. F. (2013). Signals from chloroplasts and mitochondria for iron homeostasis regulation. *Trends in Plant Science*, 18(6), 305–311.
- Zhang, X., Zhang, D., Sun, W., & Wang, T. (2019). The adaptive mechanism of plants to iron deficiency via iron uptake, transport, and homeostasis. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(10), 2424.
- Zuo, Y., & Zhang, F. (2011). Soil and crop management strategies to prevent iron deficiency in crops. *Plant and Soil*, 339(1), 83–95.