



T. C.

ORDU ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI DEMİR KAYNAKLARININ BAKLA BİTKİSİNİN
BESİN MADDESİ İÇERİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

SİNEM UZUN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

ORDU 2022

TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

SİNEM UZUN

Bu çalışma Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğünün B-2109 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

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

ÖZET

FARKLI DEMİR KAYNAKLARININ BAKLA BİTKİSİNİN BESİN MADDESİ İÇERİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

SİNEM UZUN

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ, 66 SAYFA

(TEZ DANIŞMANI: Prof. Dr. Ceyhan TARAKÇIOĞLU)

Bu çalışmada, FeSO₄, Fe-SİTRAT, Fe-HUMAT, Fe-NANO, Fe-EDTA, Fe-EDDHA, Fe-DTPA ve Fe-HBED gibi farklı demir uygulamalarının serada yetiştirilen bakla bitkisinin toplam ve aktif Fe içerikleri ile diğer makro ve mikro besin element içerikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Toprağa 10 mg kg⁻¹ düzeyinde Fe uygulanmış olup; deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

Bakla bitkisinin kuru ağırlıkları en yüksek asit toprakta Fe-DTPA uygulamasından elde edilirken; alkalın ve kireçli toprakta EDDHA uygulamasından elde edilmiştir. Bitkinin toplam ve aktif Fe içerikleri asit toprakta EDTA ve EDDHA uygulamalarında, alkalın ve kireçli toprakta ise EDDHA ve EDTA'da en yüksek belirlenmiştir. Demir uygulamaları ile bitkinin toplam N içerikleri kontrolün üzerinde olup her üç toprakta da EDTA ve DTPA'nın etkili olduğu gözlenmiştir. Bitkinin P ve K içerikleri genellikle kontrol uygulamasının altında kaldığı belirlenmiştir. Bitkinin Ca içerikleri uygulamalarla birlikte düzensiz bir dağılım göstermiştir. Bitkinin Zn içeriği tüm toprak çeşitlerinde genellikle en yüksek EDTA ve EDDHA'da iken; Cu içeriği EDDHA ve EDTA uygulamalarından elde edilmiştir. Bitkinin Mn içeriği asit toprakta (EDTA ve EDDHA) yaklaşık 5-8 kat daha yüksek iken; alkalın ve kireçli toprakta FeSO₄ ve Fe-SİTRAT uygulamalarında yüksek bulunmuştur.

Asit, alkalın ve kireçli topraklarda bitkinin N ve Cu içerikleri optimum sınırların üzerinde olduğu belirlenmiştir. Yaprakların P içerikleri tüm toprakta yetersiz iken; K içeriğinin asit ve alkalın topraklarda noksan, kireçli toprakta optimum sınırları sağladığı belirlenmiştir. Tüm toprak çeşitlerinde yaprakların Ca, Zn ve Cu içeriklerinin optimum sınırlar içerisinde değiştiği belirlenirken; Mn içeriklerinin asit toprakta yüksek, alkalın toprakta optimum ve kireçli toprakta ise yetersiz olduğu saptanmıştır.

Sonuç olarak, bakla bitkisinde demir klorozuna karşı asit reaksiyonlu toprakta Fe-EDTA ve Fe-DTPA uygulamaları, alkalın reaksiyonlu toprakta Fe-EDDHA ve Fe-EDTA uygulamaları, kireçli toprakta ise Fe-EDDHA, Fe-HBED ve Fe-HUMAT uygulamaları önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Aktif Demir, Bakla, Besin Elementleri, Demir Kaynakları.

ABSTRACT

EFFECTS OF DIFFERENT IRON SOURCES ON THE NUTRIENTS CONTENTS OF BROAD BEAN

SİNEM UZUN

ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED
SCIENCES

SOIL SCIENCE AND PLANT NUTRITION

MASTER THESIS, 66 PAGES

(SUPERVISOR: Prof. Dr. Ceyhan TARAĞCIOĞLU

In this study, the effect of different iron application such as FeSO₄, Fe-CITRATE, Fe-HUMATE, Fe-NANO, Fe-EDTA, Fe-EDDHA, Fe-DTPA and Fe-HBED on the total and active Fe contents of the pod plant grown in the greenhouse and other macro and micronutrient element contents was investigated. Fe was applied to the soil at the level of ten mg kg⁻¹; the experiment was carried out according to the randomized plot design with four replications.

The dry weight of the broad bean plant was obtained by applying Fe-DTPA to the most acidic soil, whereas it was obtained by applying EDDHA to alkaline and calcareous soils. The plant's total and active Fe contents were highest in EDTA and EDDHA applications in acid soil and EDTA and EDDHA applications in alkaline and calcareous soils. The plant's total N content was higher than the control, and EDTA and DTPA were reported to be effective in all three soils with iron applications. Under control application, the plant's P and K concentrations were generally determined. With the applications, the Ca content of the plant revealed an irregular distribution. Although the plant's Zn content was generally highest in EDTA and EDDHA in all soil types, the Cu content was obtained by EDDHA and EDTA applications. This plant's Mn content was 5-8 times higher in acid soil (EDTA and EDDHA); it was observed to be higher in FeSO₄ and Fe-CITRAT applications in alkaline calcareous soils.

The plant's N and Cu contents were reported above optimal pH limits in acid, alkaline, and calcareous soils. It has been observed that the P content of the leaves is insufficient across the soil. However, the K content is deficient in acid and alkaline soils while providing optimal limits in calcareous soils. While the leaves' Ca, Zn, and Cu contents varied within the optimal ranges in all soil types, Mn contents were found to be high in acid soils, optimum in alkaline soils, and insufficient in calcareous soils.

As a result, applications of Fe-EDTA and Fe-DTPA in acidic soils, Fe-EDDHA and Fe-EDTA in alkaline soils, and Fe-EDDHA, Fe-HBED, and Fe-HUMAT in calcareous soils can be recommended to protect broad bean plants against iron chlorosis.

Keywords: Active Iron, Broad Bean, Iron Resources, Nutritional Elements.

TEŞEKKÜR

Çalışma konunun belirlenmesinde, uygulama sürecinde ve yürütülmesinde öncelikle tecrübelerini, bilgilerini ve değerli zamanını esirgemeyerek bana her konuda ve fırsatta yardımcı olan, öğrencisi olmaktan gurur duyduğum başta hocam Sayın Prof. Dr. Ceyhan TARAKÇIOĞLU' na ve bölümdeki bütün hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatımın her anında ve tez çalışma sürecimde desteğini esirgemeyen ve her zaman yanımda olan anneme, babama ve abilerime sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ BİLDİRİMİ	I
ÖZET	II
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜR	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİL LİSTESİ	VII
ÇİZELGE LİSTESİ	VIII
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ	IX
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	6
3. MATERYAL ve YÖNTEM	20
3.1 Materyal	20
3.1.1 Bitki Materyali	20
3.1.2 Denemede Kullanılan Toprak Örneklerinin Alınması	20
3.1.3 Denemede Kullanılan Demirli Gübre Kaynakları	21
3.2 Yöntem	23
3.2.1 Denemenin Kurulması ve Yürütülmesi	23
3.2.2 Toprak Örneklerinde Yapılan Bazı Fiziksel ve Kimyasal Analizler	24
3.2.3 Bitki Örneklerinde Yapılan Bazı Analizler	26
3.2.4 İstatistik Analizler	27
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	28
4.1 Farklı Demir Kaynaklarının Bakla Bitkisinin Toplam Kuru Ağırlığı Üzerine Etkisi	28
4.2 Farklı Demir Kaynaklarının Bakla Bitkisi Yapraklarının Kuru Ağırlığı Üzerine Etkisi	30
4.3 Farklı Demir Kaynaklarının Bakla Bitkisinin Yapraklarının Toplam Demir İçeriği Üzerine Etkisi	32
4.4 Farklı Demir Kaynaklarının Bakla Bitkisinin Yapraklarının Aktif Demir İçeriği Üzerine Etkisi	36
4.5 Farklı Demir Kaynaklarının Bakla Bitkisinin Yapraklarının Azot İçeriği Üzerine Etkisi	38
4.6 Farklı Demir Kaynaklarının Bakla Bitkisinin Yapraklarının Fosfor İçeriği Üzerine Etkisi	41
4.7 Farklı Demir Kaynaklarının Bakla Bitkisinin Yapraklarının Potasyum İçeriği Üzerine Etkisi	43
4.8 Farklı Demir Kaynaklarının Bakla Bitkisinin Yapraklarının Kalsiyum İçeriği Üzerine Etkisi	45
4.9 Farklı Demir Kaynaklarının Bakla Bitkisinin Yapraklarının Çinko İçeriği Üzerine Etkisi	47
4.10 Farklı Demir Kaynaklarının Bakla Bitkisinin Yapraklarının Mangan İçeriği Üzerine Etkisi	50
4.11 Farklı Demir Kaynaklarının Bakla Bitkisinin Yapraklarının Bakır İçeriği Üzerine Etkisi	52
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	55

6. KAYNAKLAR	58
ÖZGEÇMİŞ	66

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 Denemeyle İlgili Genel Görünüm.....	20
Şekil 3.2 Denemede Ekim ve Seyreltme İşlemi.....	23
Şekil 3.3 Demir Uygulamalarına Göre Bakla Bitkisinin Gelişimi	24
Şekil 4.1 Demir Uygulamalarının Bitkinin Toplam Kuru Ağırlığına Etkisi.....	29
Şekil 4.2 Demir Uygulamalarının Bitkinin Yaprak Kuru Ağırlığına Etkisi	31
Şekil 4.3 Demir Uygulamalarının Bitkinin Toplam Demir İçeriğine Etkisi.....	33
Şekil 4.4 Demir Uygulamalarının Bitkinin Aktif Demir İçeriğine Etkisi.....	37
Şekil 4.5 Demir Uygulamalarının Bitkinin Toplam Azot İçeriğine Etkisi	39
Şekil 4.6 Demir Uygulamalarının Bitkinin Toplam Fosfor İçeriğine Etkisi.....	42
Şekil 4.7 Demir Uygulamalarının Bitkinin Toplam Potasyum İçeriğine Etkisi	44
Şekil 4.8 Demir Uygulamalarının Bitkinin Toplam Kalsiyum İçeriğine Etkisi.....	46
Şekil 4.9 Demir Uygulamalarının Bitkinin Toplam Çinko İçeriğine Etkisi	49
Şekil 4.10 Demir Uygulamalarının Bitkinin Toplam Mangan İçeriğine Etkisi	51
Şekil 4.11 Demir Uygulamalarının Bitkinin Toplam Bakır İçeriğine Etkisi	53

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 Denemede Kullanılan Toprağın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	25
Çizelge 3.2 Bakla Bitkisi Yapraklarının Optimum Bitki Besin Maddesi İçerikleri (Bergmann, 1992)	26
Çizelge 4.1 Bakla Bitkisinin Toplam Kuru Ağırlığına Ait Varyans Analiz Sonuçları	28
Çizelge 4.2 Demir Uygulamalarının Bitkinin Toplam Kuru Ağırlığı Üzerine Etkisi	29
Çizelge 4.3 Bakla Bitkisinin Yaprak Kuru Ağırlığına Ait Varyans Analiz Sonuçları	30
Çizelge 4.4 Demir Uygulamalarının Bitkinin Yaprak Kuru Ağırlığı Üzerine Etkisi	31
Çizelge 4.5 Yaprakların Toplam Demir İçeriğine Ait Varyans Analiz Sonuçları	32
Çizelge 4.6 Demir Uygulamalarının Bitkinin Toplam Demir İçeriğine Etkisi	33
Çizelge 4.7 Yaprakların Akif Demir İçeriğine Ait Varyans Analiz Sonuçları	36
Çizelge 4.8 Demir Uygulamalarının Bitkinin Aktif Demir İçeriğine Etkisi	37
Çizelge 4.9 Yaprakların Toplam İçeriğine Ait Varyans Analiz Sonuçları	39
Çizelge 4.10 Demir Uygulamalarının Bitkinin Azot İçeriğine Etkisi	40
Çizelge 4.11 Yaprakların Fosfor İçeriğine Ait Varyans Analiz Sonuçları	41
Çizelge 4.12 Demir Uygulamalarının Bitkinin Fosfor İçeriğine Etkisi	42
Çizelge 4.13 Yaprakların Potasyum İçeriğine Ait Varyans Analiz Sonuçları	43
Çizelge 4.14 Demir Uygulamalarının Bitkinin Potasyum İçeriğine Etkisi	45
Çizelge 4.15 Yaprakların Kalsiyum İçeriğine Ait Varyans Analiz Sonuçları	46
Çizelge 4.16 Demir Uygulamalarının Bitkinin Kalsiyum İçeriğine Etkisi	47
Çizelge 4.17 Yaprakların Çinko İçeriğine Ait Varyans Analiz Sonuçları	48
Çizelge 4.18 Demir Uygulamalarının Bitkinin Çinko İçeriğine Etkisi	49
Çizelge 4.19 Yaprakların Mangan İçeriğine Ait Varyans Analiz Sonuçları	50
Çizelge 4.20 Demir Uygulamalarının Bitkinin Mangan İçeriğine Etkisi	51
Çizelge 4.21 Yaprakların Bakır İçeriğine Ait Varyans Analiz Sonuçları	52
Çizelge 4.22 Demir Uygulamalarının Bitkinin Bakır İçeriğine Etkisi	54

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

Ca	:	Kalsiyum
Cu	:	Bakır
EDDHA	:	Etilen Diamin Dihidroksifenil Asetik Asit
EDDHMA	:	Etilen Diamin (O-Hydroxy-P-Methylphenylacetic) Asit
EDDCHA	:	Etilen Diamin Di(5-Karboksi-2-Hidroksifenilasetik) Asit
EDHSA	:	Etilen Diamin Di(2-Hidroksi-5-Sülfofenilasetik) Asit
EDDS	:	Etilen Diamin Disüksinik Asit
EDTA	:	Etilendiamin Tetraasetik Asit
Fe	:	Demir
FeSO₄	:	Demir Sülfat
DTPA	:	Dietilen Triamin Penta Asteik Asit
g/cm³	:	Gram/Santimetreküp
g da⁻¹	:	Gram/Dekar
g L⁻¹	:	Gram/Litre
H⁺	:	Hidrojen
HEDTA	:	Trisodyum Hidroksietil Etilendiaminriasetat
HBED	:	Di (ortho-HydroxyBenzyl)-Etilen Diamin-Diasetik Asit
K	:	Potasyum
KH₂PO₄	:	Monopotasyum Fosfat
kg da⁻¹	:	Kilogram/Dekar
Mg	:	Magnezyum
Mn	:	Mangan
mg kg⁻¹	:	Miligram/Kilogram
mg L⁻¹	:	Miligram/Litre
mM	:	Mili Molar
N	:	Azot
NH₄NO₃	:	Amonyum Nitrat
P	:	Fosfor
pH	:	Toprak Reaksiyonu
SPAD	:	SPAD-502Plus Klorofilmetre cihazı
Zn	:	Çinko

1. GİRİŞ

Ülkemizde bakla bitkisi kuru tane ve sebze olarak kullanılmasının yanı sıra gıda ve konserve sanayinde de değerlendirilmektedir. İnsan beslenmesi yönünden iyi bir besin kaynağı olan bakla, yetiştiricilik masraflarının çok az olduğu kültür bitkilerinden bir tanesidir. Azot bağlayıcı özelliği yüksek olan bakla bitkisi, yeşil gübre olarak toprak verimliliğinin artırılmasında önemli bir rol oynamaktadır (Özdemir, 2002). Bakla, ılıman bitkisi olarak bezelye, börülce ve fasulyeye göre soğuk hava koşullarına daha dayanıklıdır (Vural ve ark., 2000).

Anavatanı Kuzey Afrika ve Güneybatı Asya olan baklanın, ülkemizde yetiştiriciliği en çok Akdeniz, Ege ve Marmara bölgelerinde yapılmaktadır. Ülkemizde bütün sahil kesiminde yetişmekle beraber üretimin %80'i Güney Marmara ve Ege'de yapılmaktadır. Çanakkale ve Balıkesir illeri, toplam üretim alanı ve üretim miktarının %75'ine sahip illerdir (Anonim, 2022a).

Bakla, ılıman iklim bitkisi olup düşük sıcaklıklara belirli düzeylere kadar dayanabilmektedir. Bakla bitkisinde ekim zamanının saptanmasında düşük sıcaklıkların derecesi önemli bir faktördür. Bakla bitkisi, kışları ılık geçen alanlarda kışlık, soğuk yerlerde ise erken yazlık olarak ekimi yapılmaktadır (Sepetoğlu, 1994). Bakla fide döneminde -4°C 'ye kadar dayanabilmekte ve gelişme döneminde ise $20-25^{\circ}\text{C}$ sıcaklık istemektedir. Sıcaklığın fazla olması çiçek ve bakla dökülmesine sebep olmaktadır (Akçin, 1988; Akdağ, 2001; Şehirli, 1988). Bakla bitkisinin soğuğa duyarlılığı yazlık tipler için (-6°C) ve kimi kışlık çeşitler için (-12°C) değişkenlik göstermektedir. Lübnan ve Suriye kökenli yerel çeşitler; bazı günlerde 0°C 'nin altında sıcaklıkla karşı karşıya kalmalarına rağmen (-11°C) hayatta kalmışlardır (Saxena, 1982). Bakla bitkisinin tarla koşullarında -25°C 'ye kadar hayatta kaldığı saptanmıştır (Eser, 1981; Tosun ve Eser, 1975).

Kazık köklü bir bitki olan baklanın kökleri 20–25 cm derinliğe ulaştığında yan kökler ortaya çıkar. Yan köklerden birçok saçak kök oluşur. Kazık kök 1-1.5 m derinliğe kadar gelişebilir. Yan kökler ise toprak koşullarına göre ana kazık kök kadar uzayarak 1 m'ye kadar gelişebilir. Kökler belirli bir büyüklüğe ulaştığında kökte bakterilerin etkisiyle nodüller oluşur. Bakla toprakta $19-20 \text{ kg da}^{-1}$ azot biriktirebilir. Fasulyelerde küçük yuvarlağa yakın şekilde olan nodüller, baklada

birkaç tane nodülün bir araya gelmesiyle küçük yumak gibi görülebilir (Anonim, 2022b).

Atmosferdeki serbest azottan yararlanabilme özelliğinde olan bakla bitkisi yüksek miktarda azotlu gübreye gereksinim duymaz. Toprağın N içeriği düşük ise bakteri faaliyeti için başlangıçta az miktarda azotlu gübreyi ekimden önce uygulamak gerekebilir. Bunun için 3 kg da⁻¹ saf N olacak şekilde N'lu ve amonyum sülfat gübresi tercih edilmelidir. Yeteri miktarda P'un kök gelişimini, nodozite ağırlığı ve sayısını arttırdığı belirlenmiştir. Toprak analiz sonuçlarına göre kurak ve yarı kurak alanlarda P önemli olup; dekara 6 kg P₂O₅ olacak şekilde fosforlu gübre uygulanabilir (Anonim, 2022c).

Toprakta toplam demir çok fazla olmasına rağmen, bitkilerde Fe noksanlığıyla çok sık karşılaşılmaktadır. Bitkilerde Fe noksanlığına neden olan etmenler, genellikle kökler tarafından topraktan mevcut demirin absorpsiyonu, bitki içerisine taşınımı ve metabolizmasını engelleyen etmenlerdir ki; bunlar toprağın yüksek pH'sı, CaCO₃, toprak çözeltisinde fazla Ca⁺² ve HCO₃⁻ iyonları konsantrasyonu ve diğer elementlerle interaksyonudur (Horuz ve ark., 2016).

Breear ve ark., (2013) baklagil-Rhizobium simbiyotik yaşamı için demirin mutlak gerekli bir mikro element olduğunu, baklagillerin bu yüzden Fe gereksiniminin fazla olduğunu, nodülün Fe konsantrasyonundaki artışla N fiksasyonu arasında pozitif ilişki olduğunu, demirin konukçuda yüksek leghemoglobin içeren proteinlerin sentezi ve bakteroidlerde elektron taşınım zincirinde sitokrom ve nitrogenaz için gerekli olduğunu, Fe noksanlığında nodül oluşumunun ve gelişiminin etkilenebileceğini, kök hücreleri içerisinde demirin sitrat ve nikotianamid gibi organik asitleri şelatlayarak bitkinin diğer kısımlarına dağıttığını bildirmişlerdir.

Bitkiler yeterli miktarda Fe alamadıklarında demir eksikliği göstermektedir ve bu bitkilerle beslenen insan ve hayvanlarda demir noksanlığına neden olmaktadır. Klorozun şiddetine bağlı olarak büyüme ve çiçeklenme o oranda etkilenecektir. Genç yapraklar genellikle küçük kalır, meyve ağaçlarında meyve tutumu düşer ve buna bağlı olarak meyveler normal renklerine ulaşamazlar. Turunçgillerde meyveler küçük, sert ve az sulu olur. Diğer besin elementleri veya diğer etmenlerden meydana

gelen klorozun aksine, noksanlık şiddetli değilse yapraklar uzun zaman canlılığını koruyabilir (Güneş ve ark., 2000).

Bitkilerde Fe noksanlığını gidermek üzere Fe içeren endüstriyel yan ürünlerin veya atıkların kullanılması, inorganik demir tuzları ve Fe-şelatların uygulanması, toprak pH'sının düzeltilmesi gibi yöntemler bulunmaktadır. Ayrıca bitkilerin yapraklarına çeşitli seyreltik inorganik ve organik asitlerin püskürtülmesi, topraktaki yarayışsız formdaki demiri şelatlayıcı şelatörlerin kullanılması gibi uygulamalar da Fe noksanlığını giderebilmektedir. Özellikle Fe-şelatların en etkili ve en uygun olduğu, ancak Fe-şelatların fiyatlarının pahalı olması kullanılmalarını ekonomik olarak sınırlandırmakta ve zorlaştırmaktadır. Bu nedenle Fe-şelatların yerini alabilecek daha ucuz materyal ve yöntemlerle ilgili çalışmalar günümüzde de sürmektedir (Güneş ve ark., 2013).

Günümüzde nano gübre ve taşıyıcıların üretilerek tarımsal biyoteknolojide kullanılması, tarımsal üretim tekniklerini geliştirme açısından önemli bir konudur. Tarımda nanoteknolojiye yeni besin elementlerinin etkin kullanımı ile bitki gelişiminin artırılması bakımından ihtiyaç duyulmaktadır. Nanoteknolojinin tarımda kullanılması ile yavaş salınımlı gübre üretimi ve tüketimi, iyon veya moleküllerin bitkide taşınımının sağlanması, gübrelerin etkin kullanımı yoluyla aşırı gübre tüketiminin azaltılmasını sonucu fazla gübrenin çevreye oluşturduğu zararlı etkilerin azaltılması gibi birçok konuda gelişme kaydedilmesi amaçlanmaktadır (Güneş ve ark., 2013).

Demir noksanlığına sebep olan şartlar; (Römheld ve Marschner 1986; Bergmann, 1992); 1. Demirce fakir topraklar, 2. Aktif veya serbest kireç içeriği fazla topraklar, 3. Sulama suyu veya toprağın HCO_3^- konsantrasyonunun yüksekliği, 4. Toprakta aşırı su veya sulama, 5. Tarım aletleri tarafından toprağın sıkışması ve kök gelişiminin zayıflaması, 6. Yüksek alınabilir fosforlu topraklar, 7. Fazla miktarda ağır metaller (Mn, Zn ve Cu), 8. Toprak havalanmasının kötü olması (aşırı CO_2), 9. Kireçli topraklarda K eksikliği, 10. Nitratlı gübrelerin fazla uygulanması, 11. Fizyolojik alkalın karakterli azotlu gübrelerin aşırı uygulanması, 12. Yüksek sıcaklık ve ışık intensitesi, 13. Çok düşük organik madde içeriği veya turba topraklarda olduğu gibi çok yüksek organik madde içeriği, 14. Ağaç ve üzümü bitkilerin aşırı

meyve tutması ile metabolizma ürünlerinin köklere yeteri kadar taşınmaması nedeniyle kök gelişiminin azalarak, ertesini yıl Fe alımının azalması, 15. Nematod ve diğer organizmaların köklerine zarar vermesi şeklinde belirtilmiştir.

Demirin bitki bünyesindeki taşınımı sınırlı olduğu için yeşil bitkiler vejetasyon süresince topraktan büyük oranda Fe^{+2} , Fe-şelat ve az miktarda da Fe^{+3} şeklinde demiri absorbe etmektedirler. İnorganik demirin bitkilere elverişliliği köklerin, kök çevresinin pH'sını düşürme ve Fe^{+3} 'ü Fe^{+2} 'ye indirgeme yeteneğine bağlıdır (Aktaş, 1994). Bitkilerdeki toplam demirin her daim metabolik olarak aktif olmadığı bildirilmiştir. Bazen bitkilerde yeterli miktarda Fe bulunmasına rağmen, yine de demir noksanlığı belirtileri görülmektedir. Hatta Fe noksanlığı olan bitkilerin, sağlıklı bitkilerden daha fazla toplam Fe içerdiği de saptanmıştır. Bu durumun bitkide bulunan demirin her zaman metabolik işlevini yapmadığını ve bitkide “aktif demir”, “inaktif demir” terimlerinin doğmasına yol açmıştır. Bitkide metabolik aktif olan demirin Fe^{+2} olduğu, Fe^{+3} 'ün ise daha çok inaktif oldukları düşünülmektedir (Aktaş, 1994). Mengel ve ark., (1979) yeşil yaprakların klorozlu yapraklara göre daha fazla aktif Fe içerdiğini belirterek, bu kriterin klorozlu yaprakların teşhisinde uygun bir parametre olduğunu belirtmişlerdir.

Bitkilerde demir noksanlığı genç yaprakların karakteristik olarak damar aralarının sarıdan kar beyazına dönüşümü şeklinde olup, diğer beslenme arazlarıyla kolayca ayırt edilebilir. Yaşlı yapraklar yeşil ve sağlıklı görünüm arz eder. Hafif etkilenen bitkilerde kloroz, yaprak kenarından itibaren yaprağın yeşil dokularına yayılarak kendisini gösterir. Şiddetli durumlarda damarlar hariç yaprağın tamamı kloroza uğrayarak damarlar da yeşil rengini kaybedebilir. Analiz sonuçları bitkilerin demir durumunu doğru yansıtmayabilir. Bakla bitkisinde demir noksanlığı olan klorotik yapraklar, sağlıklı yapraklar kadar ve hatta daha fazla demir içerebilir. Diğer bitkilerle yapılan çalışmalar, demirin bitki dokularındaki fizyolojik etkisinden dolayı inaktif olduğunu göstermektedir. Bu yüzden yaşlı klorotik dokular noksanlık arazlarını hafifletmeksizin demir birikimini artırabilir.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, toprakta demirin yarayırlılığını etkileyen çok çeşitli faktörler olması sebebiyle farklı Fe kaynakları kullanılmıştır. Uygulanan çeşitli demir kaynaklarının sera ortamında yetiştirilen bakla bitkisinin gelişimi ile Fe

ve diğer kimi bitki besin element içerikleri üzerine etkisi üç farklı toprakta araştırılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tang ve ark., (1990) demir elementinin, çeşitli enzimlere ihtiyaç duyması sebebiyle N₂ fiksasyonunda önemli etkinliğe sahip olduğunu ve demir noksanlığı görülen topraklarda acı bakla ve yerfıstığı gibi baklagil bitkisi köklerinde nodül gelişmesinin azaldığını saptamışlardır.

Karaman ve ark., (1997) Yalova tarla fasulyesi çeşidi (*Phaseolus vulgaris L.*) ile serada yaptığı çalışmada kireç içeriği yüksek, alüvyal topraklarla karşılaştırmalı olarak kolüvyal topraklar kullanılmışlardır. Toprağa 0, 10 ve 20 mg kg⁻¹ demiri Fe-EDDHA, FeSO₄.7H₂O ve Fe-EDDHA + FeSO₄.7H₂O (1:1) şeklinde, çinkoyu ise 0, 10 ve 20 mg kg⁻¹ olarak ZnCl₂ şeklinde uygulamışlardır. Sonuç olarak, artan dozlarda Fe ve Zn uygulamasının tüm dozlarda bitkinin kuru madde miktarını arttırdığını; en yüksek kuru madde miktarının Fe-EDDHA'nın 20 mg kg⁻¹ Fe ve 20 mg kg⁻¹ Zn uygulamalarının birlikte uygulanmasında saptamışlardır. Fe-EDDHA + FeSO₄.7H₂O uygulamasının da kuru madde miktarını önemli düzeyde artırdığını tespit etmişlerdir. Fe uygulaması ile fasulye bitkisinin Cu, P, Zn ve Mn içeriklerinin, Zn uygulaması ile de Fe, P, Cu ve Mn içeriklerinin azaldığını belirlemişlerdir.

Başar ve ark., (2001) sera koşullarında farklı Fe bileşikleri ve uygulama metotlarının, soya fasulyesinin aktif ve toplam Fe içeriği ile bazı verimlilik özellikleri üzerine etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmada, Fe-EDDHA (%6, Fe); FeSO₄.7H₂O (%19, Fe) ve Ironite (%12, Fe) 0, 2, 4, 8 ve 16 mg Fe kg⁻¹ dozlarında uygulamışlardır. Yaprak uygulamalarında ise Fe-EDDHA, %0.2; FeSO₄.7H₂O, %1 pH 7; FeSO₄.7H₂O, %1 pH 3; H₂SO₄, 0.1 N; 0.01 N; 0.001 N konsantrasyonlarında iki kez uygulamışlardır. Yapraktan FeSO₄ uygulamasının bitkilerin Fe içeriğini en fazla arttıran uygulama olurken, Fe-EDDHA'nın da yaprakların Fe içeriğini arttırdığı, araştırmada kullanılan bileşiklerin Fe-EDDHA'nın en etkili olduğunu belirlemişlerdir. Yapılan diğer uygulamaların etkisinin FeSO₄ ve Fe-EDDHA uygulamaları kadar etkili olmadığını saptamışlardır.

Başar (2002) soya fasulyesinin Fe ile beslenme durumuna etkisini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmasında, üç farklı dozda FeSO₄.7H₂O'nun (0, 15, 30 mg Fe kg⁻¹) topraktan uyguladığı bitkilere yapraktan 0.01 N ve 0.001 N olmak üzere iki farklı konsantrasyonda H₂SO₄ uygulamıştır. Fe-EDDHA, %0.2 (w/v); FeSO₄.H₂O %1

(w/v) pH 7 ve FeSO₄.7H₂O % 1 (w/v) pH 3 çözeltileri yapraktan olmak üzere dört defa uygulanmıştır. Çalışmada yapraktan FeSO₄.7H₂O verilmesi soya fasulyesinin toplam ve aktif Fe içeriğini en fazla artıran uygulama olurken, topraktan FeSO₄.7H₂O ve yapraktan H₂SO₄'ın birlikte uygulandığında bariz bir etki görülmemiş, fakat 0.01 N H₂SO₄'ın konsantrasyonunun daha etkili olduğu saptanmıştır.

Cantera ve ark., (2002) 18 adet Fe şelatlı ticari üründen toprağa 10 mg kg⁻¹ Fe uygulamış olup; 1-5-12-22 ve 50 gün sonra kireçli ve alkalın topraktaki davranışını incelemişlerdir. İnkübasyon sürelerine bağlı olarak suda çözünebilir Fe miktarının FeSO₄ uygulamasında hızla azaldığını ve bunun sebebi olarak kireçli alkalın toprakta Fe'in etkili olmadığını göstermişlerdir. EDTA uygulamasında da inkübasyon süresi içinde toprağın suda çözünebilir Fe miktarının yarayışsız forma dönüşmesi sebebiyle düştüğünü bildirmişlerdir. DTPA uygulamasında inkübasyon süreleri içinde toprakta suda çözünebilir Fe miktarının azaldığını, bunun sebebinin DTPA'nın toprakta hızla adsorbe olduğunu, sonrasında yavaş desorbe olduğu şeklinde açıklamışlardır. EDDHA ve çeşitlerinin ise inkübasyon süresi içinde benzer kinetik davranışlar gösterdiğini, 0-1 dakika içerisinde hızlı, sonrasında yavaş düşüş gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar, demirin Ca ve Mg gibi kationlarla rekabete girerek kireçli toprakta çökelti oluşturarak yarayışsız hale dönüştüğünü belirtmişlerdir. FeSO₄'ın alkalın pH'da çökelti oluşturduğunu bu yüzden alkalın reaksiyonlu ve kireçli topraklarda FeSO₄, Fe-EDTA ve Fe-DTPA uygulamalarının yetersiz ve sıfır sonuç verdiğini bildirmişlerdir. Alkalın reaksiyonlu ve kireçli toprakta Fe-EDDHA'nın klorozu önlemede başarılı olduğunu, çoğu yazarın o-o izomerinin en aktif olduğunu ve tek aktif Fe kaynağı olarak kullanılabileceğinde hem fikirdirler. Bu şelatların oldukça pahalı olduğu ve sorunlu olduğu düşünülür ve o,o-Fe-EDDHA şelatlarının ancak sadece yarısının açıklandığını bildirmişlerdir.

Ece ve ark., (2004) kış aylarında yaptıkları çalışmada, bakla bitkisini ısıtmasız cam sera ortamında yetiştirerek, örtüaltı yetiştiriciliğine uygunluğunun belirlenmesi amaçlamışlardır. Taze bakla tüketimine uygun iki çeşit (Luz de otono ve Lara) kullanılarak dört farklı ekim zamanında deneme gerçekleştirilmiştir. Farklı ekim zamanları içerisinde en yüksek verimin; 1 Kasım tarihli ekimde olduğu, toplam

bakla verimi ile ekim zamanları arasında önemli ve negatif, ancak bakla sayısı, bitki boyu, bitkide anadal sayısı ve bitkide bakla verimi, bakla uzunluğu ile de önemli ve pozitif ilişkiler olduğunu belirlemişlerdir. Sonuç olarak, Tokat yöresinde kış aylarında bakla bitkisinin sera ortamında en uygun ekim zamanının, Kasım ayı içerisinde olduğunu saptamışlardır.

Fernandez ve ark., (2005) toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın etkisinin yüksek olduğunu, o-o izomerlerinin yüksek pH ve kireçli koşullarda stabil şelatlar oluştururken, diğerlerinin daha düşük stabiliteye sahip olduğunu, bu durumun da topraktan alınan Fe miktarını etkilediğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar izomer oranı arttıkça şelat etkisinin de arttığını Fe-EDDHA'nın izomer oranları ile (5.25, 3.5, 4.8, 6) bitkinin topraktan kaldırdığı Fe içeriğindeki artışların istatistiki bakımdan önemli olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca farklı bitkilerde, yaprak alanı ve birim yaprak alanında besin içeriği gibi kimyasal ve morfolojik özelliklere ilaveten K/Ca, P/Fe, Fe/Mn ve 50(10P+K)/Fe oranlarının da klorozun düzeyiyle ilişkili olduğunu belirlemişlerdir.

Civelek (2006) Samsun Bafra şartlarında pH değeri yüksek, Fe içeriği düşük ve yüksek kireçli olan tarlada yapraktan Fe uygulamasının bazı soya çeşitlerinin verim ve verim özellikleri üzerine etkisini araştırdığı bu çalışmada; bitkilerde görülen Fe noksanlığının ürünün hem kalitesini hem de verimini negatif yönde etkilediğini belirtmiştir. Sonuç olarak, yapraktan uygulanan Fe-EDDHA'nın farklı soya bitkisi çeşitlerinin dane verimlerinde önemli artışlar sağladığını tespit etmiştir. Fe uygulama sayılarının dane ve ham yağ verimi üzerinde etkili olmadığını ancak, danenin kalitesini belirleyen N oranı ve yağ asitleri kompozisyonunu etkilediğini saptamıştır. Uygulamanın bin dane ağırlığına etkisinin önemli olduğunu, dallanmaya, bakla boyu yüksekliğine ve sayısına etki ettiğini belirlemiştir.

Uysal ve Akay (2007) serada yaptıkları çalışmada fasulye çeşitlerine 0, 6, 30 ve 60 mg kg⁻¹ Fe uygulaması sonucu, aktif demir kapsamı ile toplam demir kapsamı ve topraktan kaldırılabilir Fe arasında istatistiki açıdan %1 düzeyinde önemli ilişkiler tespit etmişlerdir.

Schenkeveld ve ark., (2008) soya fasulyesinin Fe alımı üzerine EDDHA ürünleri olan oo-EDDHA-meso, o-o-EDDHA, o-p-EDDHA ve rest-EDDHA

uygulamalarının etkisini incelemek amacıyla yaptıkları araştırmada, Fe-EDDHA'nın bitkinin verimini %30 ve Fe içeriğini %50 artırdığını tespit etmişlerdir.

Slatni ve ark., (2009) azot fikse eden baklagil nodülleri için demirin önemli bir besin maddesi olduğunu, bitki ve bakteroidin her ikisi için demir kapsayan proteinlerin sentezinde faydalı olması sebebiyle simbiyotik yaşam esnasında bu mikro elemente olan talebin arttığını, maalesef önemi bilinmesine rağmen Fe⁺³'e oksidasyonu nedeniyle demirin yararlılığının çok düşük olmasına bağlı olarak bitkiler tarafından alınımı çok zayıf olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar yeterli Fe uygulandığında Flamingo çeşidinin kök ve nodüllerinde Fe-şelat redüktaz (FC-R) ve H-ATPase aktivitesinin daha fazla arttığını, kök nodüllerinde organik asit içeriği ile PEPC aktivitesinin arttığını tespit etmişlerdir.

Ylivainio (2009) kireçli toprakta demirin çözünürlüğünün düşük olması sebebiyle sentetik şelatların kullanıldığını, bunların içerisinde sitrat, tartarat gibi organik bileşikler kullanılarak alkalın topraklarda demirin çözünürlüğünün arttığını bildirmiştir. EDTA hafif asit ve nötr topraklarda kullanılırken EDDHA geniş pH (4-9) aralığında çözünebilir formda kullanılmaktadır. Toprakta EDTA, EDDHA'dan ve Ca-EDTA'dan daha fazla, Zn-EDTA'dan daha az adsorbe olmaktadır. Fe-EDDHA stabil şelattır ve özellikle kireçli topraklarda daha az adsorbe olmaktadır. Değişen toprak pH'ında serbest EDTA veya metal-EDTA anyonik formdadır ve toprak pH'ı ile adsorbe edilen EDTA ile negatif ilişkilidir. Çoğu çalışmada besin alımı üzerine Fe-EDDHA uygulamasından sonra Mn ve Zn konsantrasyonunun azaldığı, K, Mg ve Ca'un Zn'ya göre daha az fakat P alımını arttırdığı belirtilmiştir. Kireçli ve alkalın toprak şartlarında Fe noksanlığı meydana gelir, oysaki fitoremediasyon çalışmalarında bu kısıtlamanın kalker sebebiye olduğu bildirilmiştir. Ağır metal ile kirlenmiş topraklarda EDTA fitoremediasyon etkisiyle faydalı olmaktadır. EDTA biyodegradasyona karşı oldukça rekalsitrananttır, nehirlerde ağır metal riskini azaltır. EDDHA'da benzerdir fakat rekalsitranant etkisi daha azdır.

Asri ve Sönmez (2010) domates bitkisine 1 ve 3 mg kg⁻¹ dozlarında Fe uygulamalarının etkisini araştırdıkları çalışmada, yaprakların toplam ve aktif Fe, klorofil a, b ve a+b içerikleri üzerine Fe uygulamalarına bağlı olarak değiştiğini,

toplam ve aktif Fe içerikleri ile klorofil içeriklerinin artan Fe uygulamalarına göre arttırdığını saptamışlardır.

Korkmaz ve ark., (2010) toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe miktarına bağlı olarak fasulye bitkisinin (*Phaseolous vulgaris l. var. nanus*) demirli gübrelemeye tepkisini incelemek ve toprakta bitkiye yarayışlı demirin kritik seviyesini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, Çarşamba, Suluova ve Bafra yörelerinden toprak örnekleri almışlardır. Sera koşullarında topraklara ekimden önce çözelti halinde 0-2-4 ve 8 mg kg⁻¹ dozlarında demir Fe-EDDHA'dan (%6 Fe) uygulanmıştır. Yapılan analizlere göre Suluova topraklarının %57.1'i, Bafra topraklarının %11.1'i yarayışlı Fe bakımından noksan (6 mg kg⁻¹'dan düşük) bulunurken, Çarşamba topraklarının %100'ü Fe bakımından yeterli bulunmuştur. Sonuçlara rağmen sera koşullarında Bafra topraklarının %33'ünde, Çarşamba topraklarının %40'ında ve Suluova topraklarının % 86'sında demirli gübreleme sonucu üründe önemli artış tespit edilmiştir. Toprakların DTPA metodu ile belirlenen Fe miktarı arttıkça demirli gübreleme sonucu fasulye bitkisinin kuru maddesinde kontrole oranla sağlanan artışlar düşmüştür. Araştırmacılar DTPA ile ekstraksiyon yönteminin, toprakların Fe içeriklerinin belirlenmesinde uygun metod olduğunu bildirmişlerdir.

Lucena ve ark., (2010) sentetik Fe-şelatların Avrupa Birliği tarafından poliamino karboksilik asit olarak nitelendirildiğini ve bilinen yapısının fenolik ve non-fenolik olarak isimlendirildiğini bildirmişlerdir. Non-fenolik şelatlar (EDTA gibi) kireçli ve alkalın toprak solusyonunda yarayışsız ve düşük stabiliteye sahipken, daha çok hidrofobik, fertigasyon ve yapraktan uygulamalar için önerildiğini belirtmişlerdir. Fenolik şelatların (Fe-o,o-EDDHA) ise iki karboksil gruplu Fe-EDTA'dan oluşan fenolik gruplardan oluşarak Fe-şelatların stabilitesini arttırdığını bildirmişlerdir. Üstelik çoğu şelatların toprakta ve suda rekalsitran ürünler olarak toprak uygulamalarında çevresel risk oluşturduğunu, yeni ürünlerin (DHA ve EDS) mikroelement gübrelemesinde şelatlayıcı olarak kullanıldığını belirtmişlerdir. Yine besin solusyonunda düşük düzeyde uygulanan EDDS'nin EDTA'dan daha etkiliyken, yapraktan uygulamada EDDS ile EDTA'nın benzer etkide bulunduğunu ve EDDS'nin çevre dostu olduğunu rapor etmişlerdir.

Borowski ve ark., (2011) yaptıkları çalışmada, fitotron içinde yürütülen saksı denemesinde, Fransız fasulyesinin 3 inorganik demir tuzu [$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$] ve 2 organik demir tuzu [Fe-Sitrat, Fe-EDTA] ve %0.5 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ilaveli ve ilavesiz olarak uygulamışlardır. Demir, kontrol muamelesi olarak suya kıyasla, $0.2 \mu\text{g L}^{-1}$ Fe içeren sulu çözeltiler formunda sadece basit yapraklara 3 kez uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, demir tuzu çözeltilerinin uygulanmasının, basit yapraklarda ve sonraki üç yapraklı yapraklarda Fe içeriğinde belirgin bir artışa yol açtığını göstermektedir. Bitkilerin $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ile yaprak gübrelenmesi en etkili iken Fe-EDTA ile beslenmesi en az etkili olmuştur. Şelat şeklinde verilen demir, bitkilerde inorganik tuzlar şeklinde uygulanandan daha fazla hareketlilik göstermiştir. Bitkilerin inorganik demir tuzları ile yaprak gübrelenmesi, yapraklardaki klorofil a +b ve karotenoid içeriğinin yanı sıra stoma iletkenliğini ve fotosentez ve terleme oranlarını önemli ölçüde arttırmıştır.

Darwesh (2011) mercimek bitkisine yapraktan ve topraktan 0, 10, 20, 30 mg L^{-1} dozlarda uygulanan iki farklı Fe kaynağının (Fe-EDTA ve Fe-EDDHA) bitkinin besin maddesi içerikleri üzerine etkisini araştırmak üzere bir saksı denemesi yürütmüştür. Yapraklara 20 gün ara ile iki kez Fe uygulamış ve Fe bulaşmasını önlemek için toprak yüzeyi plastik ile kaplanmıştır. Sonuçlar, Fe uygulama türleri, konsantrasyonu ve yöntemi arasındaki kombinasyonun toplam kuru madde ve N, P, K, Fe, Ca ve Mg içerikleri üzerinde önemli bir etkisinin ($P < 0.01$) olduğunu ortaya koymuştur.

Yılmaz ve ark., (2012) sera koşullarında ıspanak bitkisinde yaptıkları çalışmada, farklı Fe bileşikleri ve TKİ-Hümas (%5 Organik Madde, %12 Humik+Fulvik asit, pH=11) etkilerini incelemişlerdir. TKİ-Hümas uygulamalarının ıspanak bitkisinin toplam ve aktif Fe, klorofil içeriği, kuru maddesi üzerine etkilerinin farklı olduğunu belirlemişlerdir. Bitkilerin beslenmesi, ekonomik olması ve verimin artırılması bakımından $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} + 250 \text{ mg kg}^{-1}$ hümik + fulvik asit sağlayan TKİ-Hümas uygulamasının Fe-EDDHA'ya alternatif olabileceğini belirtmişlerdir.

Nadi ve ark., (2013) bakla bitkisine yapraktan nano-Fe'i ($0-2-4-6 \text{ g L}^{-1}$) 3 farklı zamanda uygulayarak bakla verimi ve verim bileşenlerinin üzerindeki

etkilerini araştırmışlardır. Sonuçlarda en düşük ve en yüksek tane veriminin sırasıyla Nano-Demir ve kontrole ait olduğu gözlenmiştir. Nano-Fe uygulamalarının tane verimini, protein yüzdesi ile tanenin Fe ve klorofil içeriği üzerinde olumlu ve önemli bir etkiye sahip olduğunu saptamışlardır. Farklı uygulama zamanları içerisinde vegetatif dönemin başlangıcında yapılan erken uygulamanın danenin Fe içeriğini arttırdığını ve en yüksek 4 g L⁻¹ uygulamasından elde edildiğini bildirmişlerdir. Klorofil içeriği ise en yüksek 6 g L⁻¹ uygulamasından elde edilmiş olup; diğer dozlar arasında fark tespit edilmiştir. Araştırmacılar nano partiküllerin spesifik yüzey alanı sebebiyle daha yüksek düzeyde reaktif olduğunu ve ayrıca partikül yüzeylerindeki alanların aktifliğini arttırdığını, Fe noksanlığının fotosentetik pigmentlerin içeriğini azalttığını, karotenoidlerin klorofilin üzerinde artışa sebep olduğu için fotosentetik alanlarda sarı renk oluşumu ile karakterize olduğunu bildirmişlerdir.

Harsini ve ark., (2014) Fe-EDDHA'nın toprakta stabil olduğunu, zaman içinde birikebileceğini, toprağın Fe içeriğini artırabileceğini, fakat hem sorunu hem de pahalı olduğunu bildirmişlerdir. Nano gübrelerin ise, bitkiler tarafından tamamının hızlı bir şekilde alındığını, elementin etkinliğini arttırıp topraktaki toksikliğini azalttığını belirtmişlerdir. Fe-nano gübrelerin bitkiler için 2 değerlikli ve uygun, güvenilir bir kleyt olduğunu, yüksek stabilite ve geniş pH aralığında büyük bir kısmı salındığı ve yapısında etilen bileşikleri kullanılmadığı için avantajlı olduğunu, ikinci avantajının ise Fe⁺³'in Fe⁺²'ye geçişini arttırarak bitkinin klorofil sentezini arttırdığını rapor etmişlerdir. Nano-Fe içerikli gübreler doğal, kaliteli organik ve mineral materyallerden yapılmaktadır. Bu gübreler evre ve tarım arazileri için uyumludur.

Karimi ve ark., (2014) nano-Fe ve Fe-EDDHA'nın (0-10-50-100-250 mg Fe kg⁻¹) maş fasulyesinin gelişimi üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada; 50 mg kg⁻¹ Fe-EDDHA ve 10 mg kg⁻¹ nano-Fe'in gelişim parametrelerini arttırdığını tespit etmişlerdir. Fe-EDDHA'nın 50 mg kg⁻¹ ve 10 mg kg⁻¹ nano-Fe uygulamanın dozunun en yüksek gövde yaş ve kuru ağırlığını arttırdığını tespit etmişlerdir. Fe-EDDHA bitkinin katalaz ve askorbat peroksidaz enzim aktivitesini arttırdığını, nano-Fe'in protein miktarını azalttığını belirlemişlerdir. Nano-Fe'in Fe-EDDHA yerine kullanılabileceğini önermişlerdir.

Schenkeveld ve ark., (2014) kireçli toprakta yüksek pH'da (7-8.5) ve bikarbonat varlığında Fe (hidro) oksitlerinin zayıf çözünürlüğe sahip olması sebebiyle Fe'in biyoyararışlılığını sınırladığını, toprağa uygulamalarda Fe-EDDHA⁽⁺³⁾ ve izomerlerinin en etkili şelatlar olduğunu belirtmişlerdir.

Lucas (2015) Avrupa'da Fe⁺³ şelatlar içerisinde EDTA, DTPA, HEEDTA, EDDHA, EDDHMA, EDDCHA, EDDHSA, DHA ve HBED'in Fe gübresi olarak kullanıldığını bildirmiştir. Sentetik Fe⁺³ şelatlardan EDDHA, EDDHMA, EDDHCA ve EDDHSA'nın kireç kökenli Fe klorozunda etkili olduğunu, pH 4-8 arasında maksimum stabilite gösterdiğini, bunların toprak komponentleri ile reaksiyonunun minimum olduğunu belirtmiştir. Yine yüksek Cu içerikli toprağa o,-EDDHA/Fe⁺³ uygulamasının Cu ile yer değiştirdiği için o,o;-EDDHA/Fe⁺³'e göre daha az etkili olduğunu bildirmiştir. Toprağa uygulamadan sonra o,o-EDDHA'nın pH=6'da yüksek çekim gücüne sahip olduğu için o,p-EDDHA'dan ve EDTA'dan daha yüksek kaldığını ve bu şelatın çok alkalın şartlarda bile Fe-hidrat oluşturmadığını; Fe⁺³-sülfatın ise kireçli ve alkalın toprakta Fe⁺³-hidrate dönüştüğü için etkisiz olduğunu açıklamıştır.

Rasmussen (2015) toprağa uygulanan Fe gübreleri içerisinde EDDHA, EDDHMA, EDDHSA'nın en yaygın ve etkili sentetik Fe⁺³ şelatlar olduğunu ve yine şelatların etkinliğinin toprak tipine, kil içeriğine ve pH'a bağlı olarak değiştiğini bildirmiştir. EDTA'nın alkalın reaksiyonlu ve kireçli topraklarda topraktan ve fertigasyonla kullanılabileceğini belirtmiştir. Çoğu Fe, Cu, Zn ve Mn'lı mikroelement gübrelerinin çözünürlüğü yüksek ve bitki kök sistemine taşınan aminokarboksilat şelatlar olduğunu bildirmiştir. Nötr ve alkalın toprakta en etkili sentetik şelatın Fe-EDDHA olduğunu, Fe-EDTA ve Fe-DTPA'nın stabilitesinin azaldığını, şelatlardaki Fe'in yerini Ca, Mn, Zn ve Cu gibi diğer katyonların aldığını belirtmiştir. Asidik ve nötrale yakın pH'larda EDTA'nın en etkili olduğu, kireçli toprakta Fe-EDDHA (pH=4-9)'nın en etkili olup DTPA ve EDTA şeklinde sıralandığı bildirilmiştir. Demir klorozunu önlemede yapraktan uygulanan sentetik Fe-şelat ve bileşikler de üstesinden gelmektedir. EDDS, EDTA, aminoasit transferinin yaprağa uygulamada etkili olduğu bildirilmiştir.

Sahrawat (2015) yaptığı çalışmada yerfistığının Fe içeriğine etkisini tespit etmek amacıyla 100 mg kg⁻¹ dozunda demirli gübreleme (FeSO₄.7H₂O, Fe-EDTA ve Fe-EDDHA) yapmıştır. Sonuç olarak, bitkinin toplam demir içeriğini Fe-EDDHA'nın en fazla artırdığını, bunun yanı sıra yaprak aktif demir içeriğinde de artış meydana geldiğini belirtmiştir.

Santos ve ark., (2016) soya fasulyesi ve *Medicago truncatula* (tek yıllık baklagil bitkisi) bitkisinin Fe klorozuna tepkisini araştırdıkları çalışmada, kök ve gövde uzunluğunun azaldığını, sekonder köklerin sayısında artış olduğunu, klorofil seviyelerinin azaldığını bildirmiş olup; Fe noksanlığında her iki bitkinin gövde Fe içeriklerinin 6 ile 11 kat azaldığını saptamışlardır.

Şakar ve ark., (2016) mercimek bitkisinde topraktan ve yapraktan farklı dozlarda FeSO₄ ve ZnSO₄ uygulamalarının tane mikro element içeriklerini ve verim üzerine etkilerini araştırdıkları bir çalışma yapmışlardır. Sonuç olarak, topraktan FeSO₄ ve ZnSO₄ uygulamasının, tane mikro element içeriğine ve tane verimine pozitif bir etkisi belirlenmemiştir. Kontrol uygulamasında, mikro element uygulanan parsellere kıyasla daha yüksek değerler belirlenmiştir. FeSO₄'ün %0.37 dozunda yapraktan uygulaması ise tane verimini, biyolojik verimi ve tanelerde Fe içeriğini kontrole göre önemli düzeyde arttırmıştır. Yapraktan farklı dozlarda ZnSO₄ uygulaması biyolojik verim üzerinde etki sağlamamış, %0.66'lık doz uygulaması tane verimini kontrol uygulamasına göre arttırmıştır. Genelde düşük olan tohum çinko içeriği, belirgin bir şekilde farklılık göstermemekle birlikte, %0.66 doz seviyesinde diğerlerinden biraz yüksek çıkmıştır. Bu sebeple, FeSO₄ ve ZnSO₄'ün yapraktan %0.30 dozunda yapılan uygulamada, çok sayıda mercimek genotip için araştırılmasının uygun olacağını bildirmişlerdir.

Şendemirci ve ark., (2016) fasulye bitkisinin demirli gübrelemeye tepkisini saptamak için, sera koşullarında topraklara 0-2-4-8 mg kg⁻¹ Fe dozlarında Fe-EDDHA uygulamışlardır. Demir uygulamasıyla birlikte fasulyenin kuru madde miktarında toprakların kireç içerikleri arttıkça arttığını saptamışlardır. Toprakların toplam ve aktif kireç içerikleri arttıkça, yarayışlı demir içeriklerinin azaldığı ve toprakların kloroz indis değerlerinin arttığını belirlemişlerdir. Toprakların kloroz indis değerlerinin artışı ile birlikte, kontrole göre bitkinin kuru madde miktarında

sağladığı artış oranlarının yükseldiğini saptamışlardır. Toprakların organik madde miktarı arttıkça, yararılı Fe içeriğinin arttığını, toprakların kum kapsamının artışı ile azaldığını tespit edilmiştir.

Abdel-Salam (2018) nano P (20-40 kg P ha⁻¹) ve nano Fe (150-300 mg L⁻¹) uygulamalarının bakla bitkisinin gelişimine etkisini araştırdığı çalışmada; nano P'un düşük ve yüksek dozlarının bitki boyu ve bakla sayısı üzerine daha fazla etkili olduğunu; tane verimi ve tanenin N, P ve Fe alımının benzer olduğunu; nano demirin de her iki dozunun etkili olduğunu saptamışlardır.

Özhan ve ark., (2018) demirli gübrelerin, bikarbonatlı ve bikarbonatsız şartlarda, maydanoz bitkisinde demir alım miktarlarına etkisini inceledikleri bu çalışmada; iki farklı Fe gübresi ile toplam altı farklı (Kontrol, Fe-EDTA, FeSO₄.7H₂O, Kontrol+HCO₃⁻, Fe-EDTA+HCO₃⁻, FeSO₄.7H₂O+HCO₃⁻) uygulama yapmışlardır. Sonuç olarak, bikarbonatlı uygulamalarda Fe-EDTA önemli etki göstermiş ve maydanoz bitkisinin Fe içeriğini olumlu yönde etkilediğini bildirmişlerdir. Yaprak ve sap kısmında bikarbonatlı ve bikarbonatsız koşullarda en yüksek etki, aktif Fe ve Fe sonuçlarında Fe-EDTA uygulamasında saptanmıştır. En yüksek verim bikarbonatsız koşullarda FeSO₄.7H₂O uygulamasında, bikarbonatlı koşullarda ise Fe-EDTA uygulamasında belirlenmiştir. Fe içeren gübre kullanımında, şelatlı gübrelerin kullanılmasıyla kalite ve verimin artacağını belirtmişlerdir.

Etamadi ve ark., (2018) bakla çeşitlerinin yaprak, bakla ve tohumlarındaki besin konsantrasyonlarını belirlemek üzere 6 farklı bakla çeşidi ile bir saha çalışması yapmışlardır. Bitki çeşitleri ve bitkilerin farklı aksamaları arasında temel besin maddesi ve protein konsantrasyonlarında farklılıklar meydana geldiğini gözlemişlerdir. En yüksek azot, fosfor, potasyum ve protein içeriklerinin tohumlarda gerçekleştiğini, en yüksek kalsiyum, manganez, demir ve magnezyum birikiminin yapraklarda meydana geldiğinin belirlemişlerdir. Yapılan bu çalışmada baklagilleri, bitkinin yenilebilir aksamlarındaki yüksek konsantrasyonlu besin maddeleri nedeniyle besin eksikliği yaşayan insanların beslenmesinde değerli bir ürün olarak tavsiye etmişlerdir.

Çelim (2018) kadmiyum uygulanan ortama demir kaynaklarının fasulye bitkisinin gelişimi ile besin maddesi ve Cd alımına etkilerini belirlediği bir çalışmada, inorganik ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)₂ organik (Fe-EDDHA) ve nano demirin 0-15 mg kg⁻¹, kadmiyumu 0-40-80 mg kg⁻¹ olarak uygulamıştır. Farklı demir formlarının bitki boyu (%5), kök boyu ve kök kuru ağırlığı (%5) üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Demir dozlarının bitki boyu, bitki kuru ağırlığı (%5) ve kök boyu (%1) üzerine etkilerinin önemli olduğu belirlenmiştir. Kadmiyum uygulanmayan ortamda bitki boyu, bitki kuru ağırlığı ve kök yaş ağırlığı en yüksek bulunmuştur. Artan Cd dozlarının bitki gelişim parametrelerini olumsuz etkilediğini bildirmiştir. İnorganik demir uygulamalarının bitki gelişim parametrelerini olumlu etkilediği; en yüksek besin maddesi alımının Cd uygulanmayan ortamlarda, organik demirin birinci dozunda ve nano demiri ikinci dozunda elde etmiş olup; bitkinin en yüksek Cd alımının 7.44 mg saksı⁻¹ ile Cd2 dozunda belirlemiştir.

Tavallali (2018) yapraktan nano-Fe uygulamasının (%0.1-0.2) semizotu bitkisinin Fe, Zn, N, Mg, Ca, K içeriklerini Fe-EDDHA'ya göre artırdığını saptamıştır.

Hussein (2019) Irak Erbil'de topraktan uygulanan Fe-EDTA'nın (5-10-20 mg kg⁻¹ Fe) baklanın bitki boyu, dal ve yaprak sayısı, gövde yaş ve kuru ağırlığını, bitkise çiçek sayısını, bakla ağırlığını, bakla sayısını, 100 dane ağırlığını kontrole göre artırdığını tespit etmiştir.

Şimşek (2019) akan su kültürüne sahip bir hidroponik sisteme yerleştirilen ıspanak bitkisine 30, 60, 90, 120, 150 µM Fe uygulamıştır. Demirli gübrelerin, bitki büyümesini, SPAD değerlerini, kuru madde miktarını ve 120 µM demir dozuna kadar ıspanak köklerinin hem de yapraklarının besin alımını etkilediğini tespit etmiştir. Ayrıca bitkiye uygulanan en yüksek demir dozunun (150 µM) etkisi negatif bulunmuş olup; özellikle bitki köklerinde Fe, Mn ve Cu birikimi gerçekleştiği saptanmıştır.

Kür ve ark., (2019) yaptıkları araştırmada, Fe klorozuna hassas NC-7 çerezlik yerfıstığı çeşidi ve granül Fe şelat (%6 EDDHA-Fe) gübresi materyal olarak kullanmışlardır. Denemede yapraktan on farklı dönemde uygulama yapmışlardır. Yapılan uygulamaların meyve sayısı ve verimi üzerine önemli etki yaptığını,

meyvede dane sayısı, dane ağırlığı, meyve ağırlığı, iç oranı, yağ ve protein oranı üzerine ise önemsiz etkide bulunduğunu saptamışlardır.

Yalçın (2019) sera koşullarında yaptığı çalışmada demir eksikliği olan (1.21 mg Fe kg⁻¹) bir toprakta farklı demir kaynaklarının mısır bitkisinin toplam ve aktif demir, kuru madde verimi üzerine etkilerini belirlemeyi amaçlamıştır. Denemede: FeSO₄.7H₂O (%19 Fe), FeSO₄.7H₂O + Elementel S, FeSO₄.7H₂O+K-Humat, Fe EDTA, Fe DTPA %6, Fe DTPA %11, Fe HBED, Fe EDDHA (o-o:2.2), Fe EDDHA (o-o:3.5), Fe EDDHA (o-o:4.8), Fe EDDHA (o o:5.25), Fe EDDHA (o-o:6) şeklinde yapılmış olup; 15 Fe mg kg⁻¹ demir, (K-Humat) 400 mg kg⁻¹ elementel S ve 250 mg kg⁻¹ hümik+fulvik asit olacak şekilde toprağa uygulamıştır. Denemede mısır bitkisi yapraklarının aktif, toplam Fe ve kuru madde veriminin demir kaynaklarına bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Sonuç olarak sera şartlarında yürütülen çalışmada bitkinin Fe beslenmesi açısından en iyi kaynağın orto-orto ve izomer oranı 5:25 veya 6 olan Fe-EDDHA olduğu belirlenmiştir. FeSO₄.7H₂O+K-Humat'ın ekonomik olarak Fe-EDDHA yerine kullanılabileceği önerilmiştir.

AL-Bayati ve ark., (2019) Musul'da üç çeşit bakla bitkisinin (yerli, Türk ve Fransız) organik ve kimyasal gübrelerin etkisini araştırdıkları çalışmada; çeşitler arasında bitki boyu, yaprak alanı ve bakla verimi bakımından önemli fark olduğunu, organik ve kimyasal gübrelerin bitkideki dal sayısını, biyolojik verimi, bakladaki tohum ağırlığını ve bakla verimini önemli düzeyde artırdığını tespit etmişlerdir. Kimyasal gübre uygulamasının yerli çeşitte bitki boyu, yaprak alanı, biyolojik verim, yeşil dane verimi ve toplam bakla verimini önemli düzeyde artırdığını; Türk çeşidinde dal sayısını, ortalama bakla ağırlığını artırdığını belirlemişlerdir. Karışık gübrelemenin Fransız çeşitte kuru vejetatif gelişimi, Türk çeşidinde bakla sayısını ve bakladaki dane ağırlığını artırdığını tespit etmişlerdir.

Fadhil ve Jader (2020) yapraktan uygulanan B (0-25-50 mg L⁻¹) ve Fe-şelatın (80-50-100-150 mg L⁻¹) bakla bitkisinin verimi ve gelişimi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada; 150 mg L⁻¹ Fe-şelat uygulamasının bitki boyu, dal ve yaprak sayısı, bakla sayısı, bakla boyu, bakla ağırlığı, bakladaki dane sayısı, 100 dane ağırlığı üzerine etkili olduğunu bildirmişlerdir. Bor ve demirin 50 mg L⁻¹ ve 150 mg L⁻¹ uygulama dozlarının etkili olduğunu saptamışlardır.

Şahin ve İşler (2020) yapraktan uygulanan demir ve çinkonun soya bitkisinin verim ve verim komponentleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, bütün uygulamaların bakla uzunluğu ve 100 dane ağırlığı hariç tüm parametreleri önemli düzeyde etkilediğini, Fe+Zn karımının yaprak uygulamasının yüksek dane verimi bakımından önerildiğini bildirmişlerdir.

Vaghar ve ark., (2020) su stresi altında yapraktan uygulanan Fe, Zn ve Mn nano şelatlarının soya bitkisinin gelişimi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında; yapraktan uygulanan kombine nano şelatların su kıtlığına karşı dayanımını arttırdığını, Fe+Zn uygulamasında en yüksek verim alındığını ve kontrole göre %61.1 artış sağlandığını tespit etmişlerdir.

Marciniak ve ark., (2021) şelatların suda çözünürlüğünün yüksek olduğunu, fakat ayrışmasının zayıf olduğunu bildirmişlerdir. Fe-EDDHA'nın çözünürlüğünün Fe-EDDHA'dan 3-4 kat daha fazla olduğunu, sülfür gruplarının fenolik gruplara göre daha asidik yaparak demirin bağlanmasını arttırdığını belirtmişlerdir.

Sadıqpoor (2021) sera koşullarında yaptığı bu çalışmada demir şelat (Fe-EDDHA) uygulama yöntemlerinin soya bitkisinde verim ve bazı özellikleri üzerine etkisini incelemiştir. Araştırmada Fe-EDDHA gübresi toprak, tohum ve yapraktan uygulanmıştır. Yapraktan Fe uygulaması bitkide 2. gerçek yaprağın olduğu dönem (V2) ve 5. gerçek yaprağın olduğu (V5) gelişim dönemleri ile V2+V5 dönemlerinde yapılmıştır. Araştırma sonucunda Fe uygulaması tüm parametreler üzerine pozitif etki yapmıştır. Soya bitkisinde V2, V5 ve V2+V5 dönemlerinde yapraktan uygulanan Fe-EDDHA gübresinin incelenen özellikler açısından diğer uygulamalara göre daha etkili olduğu saptanmıştır. Denemede "Yaprak (V5)" uygulaması bitki boyu, yaprak klorofil değeri (SPAD), boğum sayısı, tohum ve bakla sayısı ile bitki başına tane veriminde en yüksek değerleri verirken; yağ ve protein oranında en yüksek değerler "Yaprak (V2+V5)" uygulamasında saptanmıştır.

Yanpar ve ark., (2021) ergin çekirdeksiz üzüm çeşidinde damlama ve enjeksiyon yöntemi ile Fe-EDDHA ve FeSO₄ gübrelerinin verim ve kalite üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında; FeSO₄'ı göz kabarmasından önce, çiçeklenmeden önce ve dane tutumunda; Fe-EDDHA'yı ise çiçeklenmeden önce ve

dane tutumunda uygulamışlardır. Araştırmada asma başına FeSO_4 'dan 90 g ve 150 g, Fe-EDDHA'dan ise 60 g ve 100 g verilmiştir. En yüksek verim ve salkım ağırlığının 30 g enjeksiyon uygulamasında elde edildiği, yaprakların N içeriği üzerine Fe-EDDHA'nın daha etkili olduğu saptanmıştır. Araştırmacılar, Fe bileşiği ile uygulama zamanının sadece toplam ve aktif Fe için önemli olduğunu, Fe elementi açısından Fe-EDDHA'nın daha etkili olduğunu ve kontrol gruplarındaki yapraklardan bazılarında kloroz görüldüğünü belirlemişlerdir. Araştırma sonucuna göre; Fe uygulamalarının dane büyüklüğü, salkım ağırlığı ve üzüm verimi ile klorozun azalmasında biraz iyileştirme sağladığını belirtmişlerdir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Bitki Materyali

Araştırmada Salkım Bakla çeşidi (*Vicia faba L.*) kullanılmıştır. Bitki boyu 37-70 cm, bitki tipi dik, ilk bakla yüksekliği 6-13.6 cm ve yüz tane ağırlığı 131.5-153.5 g'dır. Salkım Bakla'nın ortalama verimi 355-448 da kg⁻¹ arasında değişmektedir. Çalışmada kullanılan tohumlar Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü'den temin edilmiştir.



Şekil 3.1 Denemeyle İlgili Genel Görünüm

3.1.2 Denemede Kullanılan Toprak Örneklerinin Alınması

Araştırmada kullanılan asit reaksiyonlu toprak Ordu Efirli mevki Beyli köyü Tepecik Mahallesi'nden, alkalın reaksiyonlu toprak Akpınar Mahallesi Dedeli mevkinden, kireçli toprak ise Ulubey İlçesi yolunda Doğlu mahallesi'nden fındık bahçelerinden 0-20 cm toprak derinliğinden alınmıştır. Topraklar serin ve gölge bir yerde hava kuru duruma gelene kadar kurutulmuş, toprak ve bitki kalıntıları

ayıklanmış ve 4 mm'lik elekten elenerek içerisinde polietilen torba bulunan saksılara 3 kg toprak konulmuştur.

3.1.3 Denemede Kullanılan Demirli Gübre Kaynakları

Fe-EDDHA(Etilen Diamin Dihidroksifenil Asetik Asit): Doğatech firma beyanına göre Ferrokan gübresinin içeriği (w/w); EDDHA ile şelatlı demir %6, Suda çözünür demir Fe %6, EDDHA şelatının stabil olduğu pH aralığı (Fe) için 3-9, EDDHA ile şelatlı Fe (orto-orto) %4.8 (Anonim, 2022d).

Fe-EDTA(Etilendiamin Tetraasetik Asit): Doğatech firma beyanına göre Combi gübresinin içeriği (w/w); Toplam azot %10 (üre azotu) , suda çözünür P₂O₅ %5, suda çözünür K₂O %5, suda çözünür B %0.5, suda çözünür MgO %2, suda çözünür Cu (EDTA şelatlı) %0.5, suda çözünür Fe (EDTA şelatlı) %2, suda çözünür çinko (EDTA şelatlı) %2, suda çözünür mangan (EDTA şelatlı) %1. EDTA şelatının stabil olduğu pH aralığı bakır için pH 5-9, demir için pH 4-6, çinko için pH 3-7, mangan için pH 4-11'dir. Düşük biüretli üre kullanılmıştır (Anonim, 2022e).

Fe-DTPA(Dietilen Triamin Penta Asetik Asit): Librel firmasının beyanına göre içeriği (w/w); Suda çözünür Fe % 7.0, DTPA ile şelatlı Fe % 6.3, DTPA şelatının stabil pH aralığı 4-9 Librel Fe-DP olarak bildirilmiştir. Yüksek alkalın karakterdeki topraklarda (pH >7.5) topraktan ve yapraktan uygulanabilir (Anonim, 2022f).

Fe-HBED(Di(orto-HydroxyBenzyl)-Etilen Diamin-Diasetik Asit): Bolikel XP firmasının beyanına göre içeriği (%); Suda çözünür demir %6, HBED ile şelatlı demir %6, Orto-Orto HBED ile şelatlı demir %6. Noksanlık belirtileri görülmeye başladığında kullanılabilir. Doğrudan toprağa uygulanabildiği gibi damla sulamayla ve diğer sulama sistemleri ile birlikte uygulanabilir. Toprağa uygulanmış ise hemen toprakla karıştırılmalıdır (Anonim, 2022g).

Fe-NANO: Bu ürün Nano Teknolojileri Araştırma Geliştirme Dezenfektan Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi (TEKNOBİM) tarafından üretilen Nano-Fe (nano boyutlu sıvı metalik demir) adlı ürün olup; tane boyutu 100 nm' den küçük ve %99 saflıkta, yoğunluğu 7.874 g/cm³, mol ağırlığı 55.845 g mol⁻¹ ve 6 g L⁻¹ konsantrasyona sahip demirin saf su içinde nano boyutlu koloidal haldeki bir ürünüdür.

Fe-HUMAT: Oligro Ferra-15 firmasının beyanına göre içeriği (w/w); Suda çözüdür demir %15, organik madde %30, toplam Humik + Fulvik asit %22, suda çözüdür MgO %3, suda çözüdür SO₃ %25, maksimum nem %4.5, pH 3-5. Toprakdan ve yaprakdan uygulanabilir. Ekim öncesi; sıvı gübrelere uygulanabileceği gibi katı gübrelerle karıştırılarak da uygulanabilir (Anonim, 2022h).

Demir Sülfat: Formülü FeSO₄. 7H₂O olup %17 Fe içermektedir.

Demir Sitrat: Yapılan çalışmalar sonucunda 500 mL'lik bir balonda sırasıyla 200 mL saf su üzerine 0.1 mol (19.21 g) sitrik asit (C₆H₈O₇) eklenerek çözülmüştür. Sonra 0.3 mol (16.83 g) KOH katı olarak parça parça dikkatlice karıştırılmıştır. Potasyum sitrat (C₆H₅K₃O₇) çözeltisi üzerine 0.1 mol (27.8 g) FeSO₄.7H₂O ve 0.1 mol (14.9 g) trietanol amin ilave edilerek Sitrik Asit: FeSO₄.7H₂O: KOH: Trietanolamin 1:1:3:1 mol oranlarında kahve renkli bir çözelti elde edilmiştir. Karışım %78.2 su ve %2 oranın Fe²⁺ içermektedir (Gönül ve ark. 2019).

3.2 Yöntem

3.2.1 Denemenin Kurulması ve Yürütülmesi

Tez çalışması, Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'ne ait plastik tünel serasında tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

Araştırmada, 4 mm'lik elekten geçirilmiş asit, alkalın reaksiyonlu ve kireçli olmak üzere üç farklı topraktan plastik saksılara 3 kg konulmuştur. Denemede 1 bitki x 3 toprak x 4 tekerrür x 9 uygulama (KONTROL, FeSO₄, Fe-SİTRAT, Fe-HUMAT, Fe-NANO, Fe-EDTA, Fe-EDDHA, Fe-DTPA, Fe-HBED) olmak üzere toplam 108 adet saksıda yürütülmüştür. Toprağa demir her bir kaynaktan kontrol hariç 10 mg kg⁻¹ Fe düzeyinde olacak şekilde uygulama yapılmıştır. Temel gübreleme olarak her bir saksıya 125 mg N kg⁻¹ NH₄NO₃'ten, 100 mg P kg⁻¹ ve 125 mg K kg⁻¹ KH₂PO₄'ten sıvı formda uygulanmış ve sonrasında toprağa homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Bakla tohumu 10.12.2020 tarihinde 3 adet ekilmiş ve çimlenmeden sonra her bir saksıda tek bitki kalacak şekilde seyreltme işlemi yapılmıştır. Bakla bitkisi saf su ile sulanmış ve 12.03.2021 tarihinde toprak yüzeyinden kesilerek hasat edilmiştir.



Şekil 3.2 Deneme Ekim ve Seyreltme İşlemi



Şekil 3.3 Demir Uygulamalarına Göre Bakla Bitkisinin Gelişimi

3.2.2 Toprak Örneklerinde Yapılan Bazı Fiziksel ve Kimyasal Analizler

Denemeye ait toprak örnekleri analizler için laboratuvara getirilmiş olup; hava kuru duruma ulaşıncaya kadar kurutulmuş ve 2 mm'den elenerek analize hazırlanmıştır (Jackson 1962). Toprak örneklerinin analizleri aşağıda belirtilen yöntemlerle yapılmıştır.

Toprak tekstürü: Toprak örneklerinin Hidrometre yöntemi ile % kum, silt ve kil miktarları belirlenip ve tekstür üçgeninde toprakların tekstür sınıfları belirlenmiştir (Bouyoucos, 1951). Kireçli toprağın kireci giderildikten sonra tekstür analizi yapılmıştır.

Kireç içeriği: Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir (Çağlar, 1949).

Toprak reaksiyonu: Grewelling ve Peech (1960) tarafından bildirildiği şekilde toprak örneklerinin pH'ları, 1:2.5 oranında toprak: su karışımında cam elektrodlu pH-metre ile saptanmıştır.

Organik madde: Modifiye edilmiş Walkley-Black yaş yakma yöntemine göre belirlenmiştir (Jackson, 1962).

Toplam N: Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir (Bremner, 1965).

Bitkiye yararlı fosfor: Toprakta P analizleri pH>7 olan topraklarda Olsen ve ark., (1954), pH<7 olan topraklarda Bray ve Kurtz (1945) tarafından belirtilen yöntemlere göre yapılmıştır.

Ekstrakte edilebilir K ve Ca: Toprak örnekleri nötr 1 N amonyum asetat ($C_2H_7NO_2$) ile ekstrakte edilmiş ve AAS cihazında belirlenmiştir.

Ekstrakte edilebilir Fe, Cu, Zn, Mn: DTPA ile ekstrakte edilen toprak örneklerinde Fe, Cu, Zn, Mn AAS cihazında belirlenmiştir (Kacar, 2009).

Denemeye ait toprak örneklerinin analiz sonuçları Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Denemede Kullanılan Toprağın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Analiz	Asit	Alkalin	Kireçli
%kum	45.4	21.7	24.9
%silt	35.7	24.7	36.4
%kil	18.9	53.6	38.7
Tekstür Sınıfı	Tınlı	Killi	Killi Tın
Toprak reaksiyonu (pH)(1:2.5)	5.72	7.01	7.60
Kireç kapsamı ($CaCO_3$) %	0.68	1.37	19.50
Organik madde%	2.40	1.28	3.56
Toplam N %	0.202	0.085	0.225
Alınabilir P,mg kg^{-1} (Olsen)	-	3.87	5.37
Alınabilir P,mg kg^{-1} (Bray)	9.58	-	-
Ekstrakte edilebilir K, $cmol(+)$ kg^{-1}	0.61	0.59	1.07
Ekstrakte edilebilir Ca, $cmol(+)$ kg^{-1}	3.45	19.33	23.88
Ekstrakte edilebilir Fe, mg kg^{-1}	2.36	1.95	1.56
Ekstrakte edilebilir Mn, mg kg^{-1}	3.16	2.52	2.29
Ekstrakte edilebilir. Zn, mg kg^{-1}	0.63	0.25	0.18
Ekstrakte edilebilir Cu, mg kg^{-1}	0.23	0.63	0.74

3.2.3 Bitki Örneklerinde Yapılan Bazı Analizler

Saksıda yetiştirilen bakla bitkisi verime yatmadan toprak yüzeyinden hasat edilerek laboratuvara ulaştırılmış çeşme suyu ve saf su ile yıkanmış, bitki sap ve yaprağı ayrılmış ve hava akımlı bitki kurutma dolabında 65-70°C’de kurutularak toplam kuru ağırlık ve yaprak kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Bakla bitkisi yaprakları nitrik asit ile kuru yakılmış ve aşağıda belirtilen yöntemler kullanılarak analizleri yapılmıştır.

Toplam azot: Bitki örneklerinde toplam N, Kjeldahl yöntemine göre saptanmıştır (Bremner, 1965).

Toplam fosfor: Nitrik asit ile kuru yakılan bitki örneklerinde fosfor, vanadomolibdo fosforik sarı yöntemine göre saptanmıştır (Kitson ve Mellon 1944).

Toplam potasyum, kalsiyum: Nitrik asit ile kuru yakılan bitki örnekleri AAS cihazında saptanmıştır (Kacar ve İnal, 2008).

Toplam demir, çinko, mangan ve bakır: Nitrik asit ile kuru yakılan bitki örnekleri AAS cihazında saptanmıştır (Kacar ve İnal, 2008).

Bitkinin aktif Fe içeriğinin belirlenmesi: Kurutulan ve öğütülen bitki yapraklarından 2 g alınarak üzerine 15 mL 1 N HCL asit konularak 4 saat çalkalanmıştır. Bitki esktartı bir gece bekletildikten sonra filtre kağıdından süzülerek saf su ile 25 ml’ye tamamlanmış ve ASS cihazında Fe okuması yapılmıştır (Takkar ve Kaur, 1984).

Çizelge 3.2 Bakla Bitkisi Yapraklarının Optimum Bitki Besin Maddesi İçerikleri (Bergmann, 1992)

Çiçeklenme Dönemi	
Kaynak	Bergman
N %	2.8 – 3.5
P %	0.25 – 0.45
K %	2.1 – 2.8
Ca %	0.5 – 2.0
Fe mg kg⁻¹	
Cu mg kg⁻¹	7 – 15
Zn mg kg⁻¹	30 – 70
Mn mg kg⁻¹	40– 100

3.2.4 İstatistik Analizler

Denemeden elde edilen veriler, Minitab 18 istatistik paket programı kullanılarak varyans analizleri uygulanmış, ortalamalar arasındaki farklar da Tukey testi ile değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 Farklı Demir Kaynaklarının Bakla Bitkisinin Toplam Kuru Ağırlığı Üzerine Etkisi

Farklı demir uygulamalarının bakla bitkisinin toplam kuru ağırlığı üzerine etkisini gösteren varyans analiz sonuçları ile ortalamalar arasındaki farkı gösteren Tukey testi sonuçları Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de sunulmuştur. Çizelge 4.1 incelendiğinde, bitkinin toplam kuru ağırlığı üzerine demir ve toprak çeşitlerinin istatistiksel açıdan %1 düzeyinde önemli etkide bulunduğu, FexTop interaksyonunun ise önemsiz etkide bulunduğu belirlenmiştir.

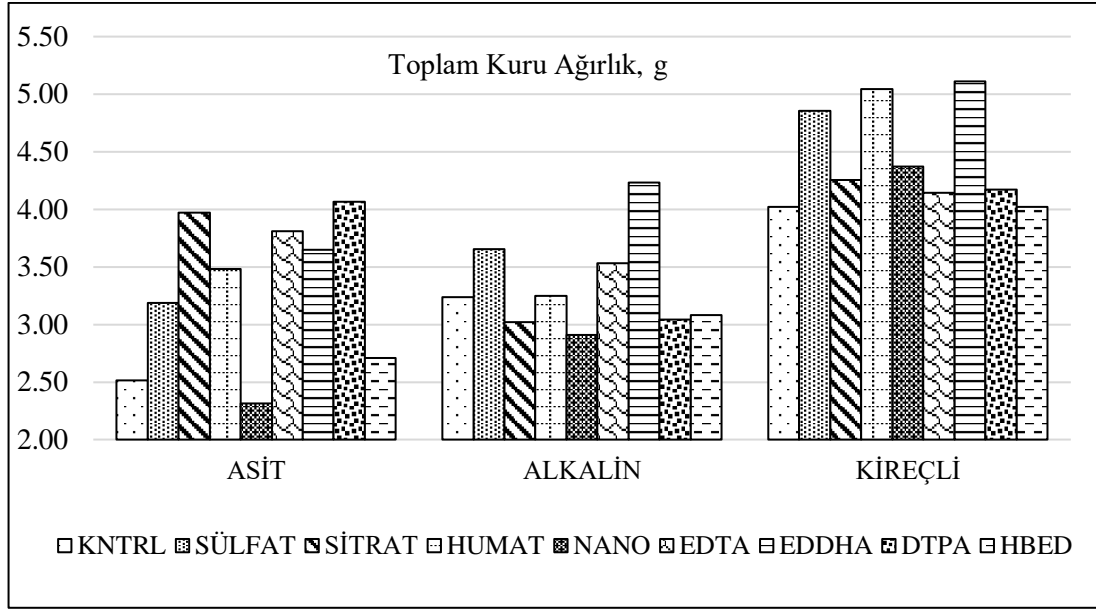
Çizelge 4.1 Bakla Bitkisinin Toplam Kuru Ağırlığına Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Demir uygulamaları (Fe)	8	13.65	1.7068	3.92	0.001
Toprak (Top)	2	30.63	15.3129	35.16	0.000
Fe x Top	16	11.65	0.7280	1.67	0.069
Hata	81	35.28	0.4356		
Toplam	107	91.21			

Asit, alkalın reaksiyonlu ve kireçli olmak üzere üç farklı toprakta gerçekleştirilen denemede, bakla bitkisinin toplam kuru ağırlığı kireçli toprakta en yüksek iken, asit ve alkalın toprakta birbirine yakın kuru ağırlık değerleri elde edilmiştir. Bakla bitkisinde en yüksek kuru ağırlık değeri kireçli toprakta Fe-EDDHA uygulamasından elde edilirken; en düşük kuru ağırlık değeri ise asit toprakta Fe-NANO uygulamasında saptanmıştır (Şekil 4.1, Çizelge 4.2).

Asit toprakta bakla bitkisinin toplam kuru ağırlığı 2.31 - 4.07 g arasında değişmekte olup; toplam kuru ağırlığı en yüksek Fe-DTPA, Fe-SİTRAT ve Fe-EDTA uygulamalarından elde edilirken; toplam kuru ağırlığı en düşük Fe-NANO, KONTROL ve Fe-HBED uygulamalarında saptanmıştır (Çizelge 4.2).

Alkalın toprakta bakla bitkisinin toplam kuru ağırlığı 3.02 – 4.23 g arasında değişmekte olup; toplam kuru ağırlığı en yüksek Fe-EDDHA, FeSO₄ ve Fe-EDTA uygulamalarından elde edilirken; toplam kuru ağırlık en düşük Fe-NANO, Fe-SİTRAT ve Fe-DTPA uygulamalarında elde edilmiştir (Çizelge 4.2).



Şekil 4.1 Demir Uygulamalarının Bitkinin Toplam Kuru Ağırlığına Etkisi

Kireçli toprakta ise bakla bitkisinin toplam kuru ağırlığı 4.02 – 5.11 g arasında değişmekte olup; en yüksek toplam kuru ağırlık Fe-EDDHA, Fe-HUMAT ve FeSO₄ uygulamalarından elde edilirken; en düşük KONTROL, Fe-HBED ve Fe-EDTA uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 Demir Uygulamalarının Bitkinin Toplam Kuru Ağırlığı Üzerine Etkisi

Demir kaynağı	Asit	Alkalın	Kireçli	Ortalama
KONTROL	2.52	3.24	4.02	3.26 B
FeSO ₄	3.19	3.66	4.86	3.90 AB
Fe-SİTRAT	3.97	3.02	4.25	3.75 AB
Fe-HUMAT	3.48	3.25	5.04	3.92 AB
Fe-NANO	2.31	2.91	4.37	3.20 B
Fe-EDTA	3.81	3.53	4.15	3.83 AB
Fe-EDDHA	3.65	4.23	5.11	4.33 A
Fe-DTPA	4.07	3.04	4.17	3.76 AB
Fe-HBED	2.71	3.08	4.02	3.27 B
Ortalama	3.30 B	3.33 B	4.44 A	

Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistikî bakımdan önemsizdir.

Abd El-Razek ve ark., (2013) Mısır'da çoğu tarla ürünlerinde Fe, Zn ve Mn noksanlığının gözlemlendiğini; yapraktan uygulanan mikro elementlerin verimi arttırdığını bildirmiştir. Araştırmacılar, bakla bitkisinde görülen mantari yaprak beneklerine karşı yapraktan uyguladıkları mikro element gübrelere verim ve bazı bitkisel özellikleri üzerine etkilerini araştırdıkları bir çalışmada; yapraktan Fe+Zn+Mn uygulamasının bakla bitkisinin verim ve verim komponentlerini,

Klorofil b, indirgenen şeker miktarını arttırdığını tespit etmişlerdir. Mikro element uygulamalarının mantari yaprak beneklerini %18.2 ile %60.5 oranında azalttığını ve mantari hastalıkları gidermede mikro elementlerin uygulanabileceğini önermişlerdir.

4.2 Farklı Demir Kaynaklarının Bakla Bitkisi Yapraklarının Kuru Ağırlığı Üzerine Etkisi

Demir kaynaklarının bakla bitkisi yapraklarının kuru ağırlığında oluşturduğu farklılığın önemlilik derecesi varyans analiziyle, ortalama değerler arasındaki farkların önemlilik derecesi Tukey testiyle belirlenmiştir (Çizelge 4.3, Çizelge 4.4). Bakla bitkisinin yaprak kuru ağırlığı üzerine etkileri demir uygulamalarında ve toprak çeşitlerinde istatistiki açıdan %1 önemli, FexTop interaksiyonu ise önemsiz bulunmuştur.

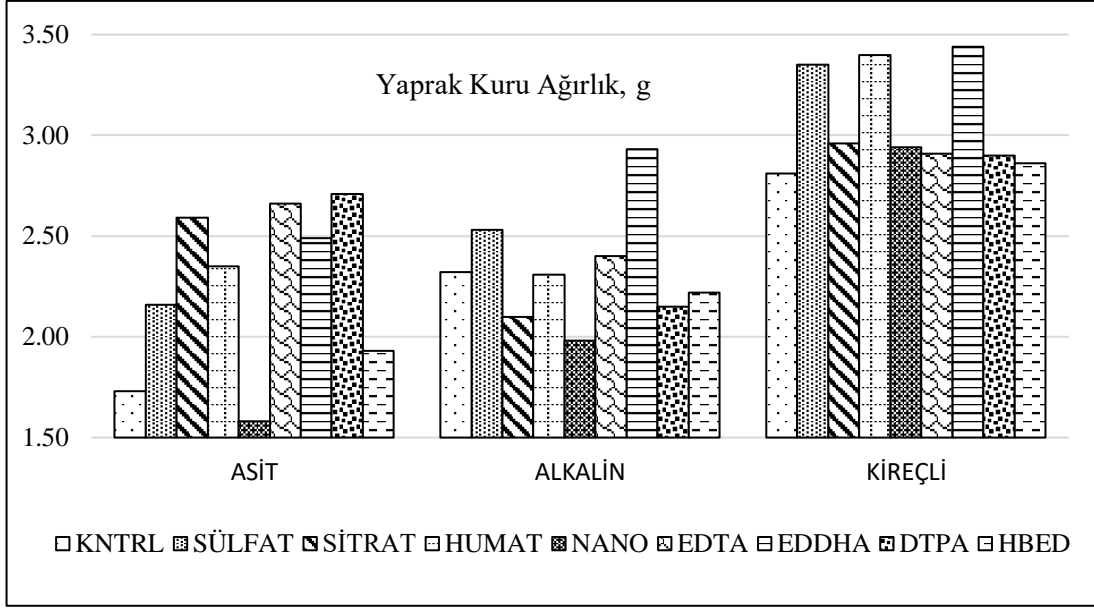
Çizelge 4.3 Bakla Bitkisinin Yaprak Kuru Ağırlığına Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Demir uygulamaları (Fe)	8	5.693	0.7116	4.14	0.000
Toprak (Top)	2	14.686	7.3429	42.74	0.000
Fe x Top	16	4.494	0.2808	1.63	0.078
Hata	81	13.917	0.1718		
Toplam	107	38.789			

Asit, alkalın reaksiyonlu ve kireçli topraklarda gerçekleştirilen demir uygulamalarında bakla bitkisi yapraklarının kuru madde içeriği en yüksek alkalın toprakta saptanırken; en düşük asit toprakta belirlenmiştir. Uygulamalar arasında asit toprak için Fe-DTPA, alkalın reaksiyonlu ve kireçli topraklar için Fe-EDDHA diğer uygulamalara göre en yüksek etkiyi sağlamıştır (Şekil 4.2).

Bakla bitkisi yapraklarının ortalama kuru ağırlığı en yüksek kireçli toprakta (Fe-EDDHA) elde edilirken, en düşük asit toprakta (Fe-NANO) elde edilmiş ve asit ve alkalın toprakta benzer ortalama değerler tespit edilmiştir (Şekil 4.2 – Çizelge 4.4).

Asit toprakta bakla bitkisinin yaprak kuru ağırlığı 1.58 – 2.71 g arasında değişmekte olup; yaprak kuru ağırlığı en yüksek Fe-DTPA, Fe-EDTA ve Fe-SİTRAT uygulamalarından elde edilirken; yaprak kuru ağırlığı en düşük Fe-NANO, KONTROL ve Fe-HBED uygulamalarında saptanmıştır (Çizelge 4.4).



Şekil 4.2 Demir Uygulamalarının Bitkinin Yaprak Kuru Ağırlığına Etkisi

Alkalin toprakta ise bakla bitkisinin yaprak kuru ağırlığı 1.98 – 2.93 g arasında değişmekte olup; yaprak kuru ağırlığı en yüksek Fe-EDDHA, FeSO₄ ve Fe-EDTA uygulamalarından elde edilirken; yaprak kuru ağırlığı en düşük Fe-NANO, Fe-SİTRAT ve Fe-DTPA uygulamalarında belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4 Demir Uygulamalarının Bitkinin Yaprak Kuru Ağırlığı Üzerine Etkisi

Demir kaynağı	Asit	Alkalin	Kireçli	Ortalama
KONTROL	1.73	2.32	2.81	2.29 B
FeSO ₄	2.16	2.53	3.35	2.69 AB
Fe-SİTRAT	2.59	2.10	2.96	2.55 AB
Fe-HUMAT	2.35	2.31	3.40	2.69 AB
Fe-NANO	1.58	1.98	2.94	2.17 B
Fe-EDTA	2.66	2.40	2.91	2.66 AB
Fe-EDDHA	2.49	2.93	3.44	2.96 A
Fe-DTPA	2.71	2.15	2.90	2.59 AB
Fe-HBED	1.93	2.22	2.86	2.34 B
Ortalama	2.25 B	2.33 B	3.07 A	

Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki bakımdan önemsizdir.

Kireçli toprakta ise bakla bitkisinin yaprak kuru ağırlığı 2.81 – 3.44 g arasında değişmekte olup; yaprak kuru ağırlığı en yüksek Fe-EDDHA, Fe-HUMAT ve FeSO₄ uygulamalarından elde edilirken; toplam kuru ağırlık en düşük KONTROL, Fe-HBED ve Fe-EDTA uygulamalarında saptanmıştır (Çizelge 4.4).

4.3 Farklı Demir Kaynaklarının Bakla Bitkisinin Yapraklarının Toplam Demir İçeriği Üzerine Etkisi

Farklı demirli gübre çeşitlerinin bakla bitkisinin toplam demir içeriğinde oluşturduğu farklılığın önemlilik derecesi varyans analiziyle, ortalama değerler arasındaki farkların önemlilik derecesi ise Tukey testiyle belirlenmiştir (Çizelge 4.5, Çizelge 4.6). Yaprakların toplam Fe içeriğine gübre çeşidi, toprak çeşidi ve FexTop interaksyonu üzerine etkileri istatistiksel açıdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.5 Yaprakların Toplam Demir İçeriğine Ait Varyans Analiz Sonuçları

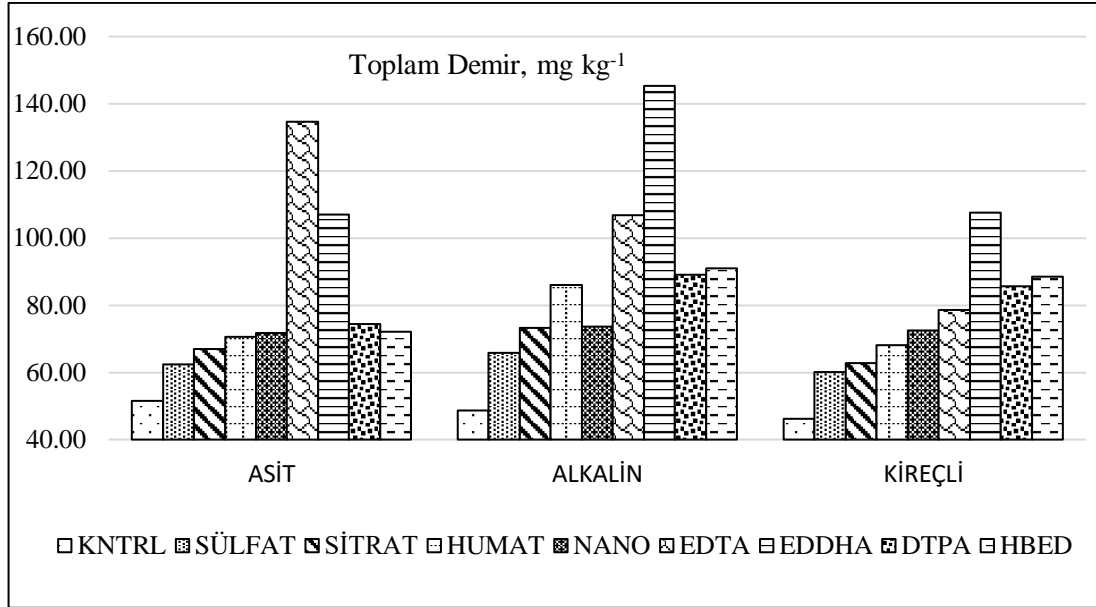
Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Demir uygulamaları (Fe)	8	46028	5753.56	175	0.000
Toprak (Top)	2	2701	1350.45	41.08	0.000
Fe x Top	16	9880	617.47	18.78	0.000
Hata	81	2663	32.88		
Toplam	107	61272			

Bitkilerin toplam Fe içeriği üç farklı toprakta birbirinden önemli düzeyde farklı bulunmuştur. Yaprakların en yüksek toplam demir içeriği alkalın toprakta Fe-EDDHA uygulamasında ($145.33 \text{ mg kg}^{-1}$) elde edilirken; en düşük kontrol dışında kireçli toprak başta olmak üzere üç farklı toprakta da FeSO_4 uygulamasında saptanmıştır (Çizelge 4.6). Kontrol dışında kireçli toprakta Fe-DTPA uygulamasında ise toplam demir içeriği en düşük değerler içerisinde yer almıştır (Şekil 4.3).

Bakla bitkisi yapraklarının toplam Fe içeriği asit topraklarda $51.56 - 134.73 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişmekte olup; en yüksek demir içeriği Fe-EDTA, Fe-EDDHA ve Fe-DTPA gübre uygulamalarından elde edilirken; asit toprakta en düşük toplam demir içeriği KONTROL, FeSO_4 ve Fe-SİTRAT uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4.6).

Alkalın toprakta ise en yüksek toplam demir içeriği Fe-EDDHA, Fe-EDTA ve Fe-HBED gübre uygulamalarında elde edilirken; alkalın toprakta en düşük toplam Fe içeriği KONTROL, FeSO_4 ve Fe-SİTRAT uygulamalarında belirlenmiştir (Çizelge 4.6).

Kireçli toprakta ise en yüksek toplam Fe içeriği Fe-EDDHA, Fe-HBED ve Fe-DTPA uygulamalarında saptanmış olup; en düşük KONTROL, FeSO_4 ve Fe-SİTRAT uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4.6).



Şekil 4.3 Demir Uygulamalarının Bitkinin Toplam Demir İçeriğine Etkisi

Bakla bitkisinin toplam Fe içeriği kireçli ve alkalin topraklarda en düşük (46.18-48.62 mg kg⁻¹) iken, alkalin ve asit toprakta en yüksek (145.33-134.73 mg kg⁻¹) belirlenmiştir.

Yapılan toprak analizleri sonucunda asit reaksiyonlu toprakta 2.36 mg kg⁻¹, alkalin reaksiyonlu toprakta 1.95 mg kg⁻¹, kireçli toprakta ise 1.56 mg kg⁻¹ Fe içeriği saptanmıştır.

Çizelge 4.6 Demir Uygulamalarının Bitkinin Toplam Demir İçeriğine Etkisi

Demir kaynağı	Asit	Alkalin	Kireçli	Ortalama
KONTROL	51.56 ijk	48.62 jk	46.18 k	48.79 F
FeSO ₄	62.47 hj	65.83 ghı	60.13 h-k	62.81 E
Fe-SİTRAT	67.03 ghı	73.27 e-h	62.85 hij	67.71 DE
Fe-HUMAT	70.56 fgh	85.99 c-f	68.17 gh	74.90 D
Fe-NANO	71.79 fgh	73.58 d-h	72.54 fgh	72.63 D
Fe-EDTA	134.73 a	106.82 b	78.64 c-g	106.73 B
Fe-EDDHA	106.93 b	145.33 a	107.58 b	119.95 A
Fe-DTPA	74.35 d-h	89.08 cd	85.72 c-f	83.04 C
Fe-HBED	72.12 fgh	91.03 c	88.58 cde	83.91 C
Ortalama	79.05 B	86.61 A	74.49 C	

Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki bakımdan önemsizdir.

Lindsay ve Norwell (1978) tarafından belirlenen sınır değerlere göre üç toprak tipinde de demir içeriğinin yetersiz bulunduğu belirlenmiştir. Yine asit toprağın Mn içeriğinin yüksek olması ile birlikte asit toprakta yetişen bitkilerin

toplam Mn içeriklerinin de yüksek olması, bitkinin diğer toprağa göre Fe içeriğinin düşük olmasına sebep olabileceği düşünülmektedir. Sonuçlarımızla benzer şekilde Güzel ve ark. (2004) Fe-EDDHA'nın toprakta kalıcı olduğu için asit topraklarda kullanımının tercih edildiğini, bunun yanısıra Fe-DTPA'nın da asit toprakta kullanılabilceğini, geniş pH sınırları içerisinde Fe-EDDHA şelatının daha fazla yararlı olabileceğini bildirmişlerdir.

Taha ve ark., (2016) potasyumlu gübre çeşidi ve dozunun bakla bitkisinin toplam Fe içeriğini 29.87 ile 37.23 mg kg⁻¹ oranında değiştirdiğini tespit etmişlerdir.

Jones ve ark., (1991) bitkilerin optimum Fe içeriğinin fasulye ve bezelyede 50-300 mg kg⁻¹ iken, börülcede 50-100 mg kg⁻¹ arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir.

Cantera ve ark., (2002) inkübasyon sürelerine bağlı olarak kireçli ve alkalın topraktaki suda çözünebilir Fe miktarının FeSO₄ uygulamasında hızla azaldığını, kireçli alkalın toprakta Fe'in etkili olmadığını bildirmiş olup, bizim çalışma sonuçlarıyla benzer bulgular elde edilmiştir.

Kacar ve Katkat (2007) asit reaksiyonlu toprakta Fe-EDTA'nın daha etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Schenkeveld ve ark., (2014) kireçli toprakta Fe-EDDHA⁽⁺³⁾ ve izomerlerinin en etkili şelatlar olduğunu belirtmişlerdir. Rasmussen (2015) EDTA'nın alkalın reaksiyonlu ve kireçli topraklarda topraktan ve fertigasyonla kullanılabilceğini belirtmiştir

Bakla bitkisinin Fe içeriği için referans alt sınır değeri 50 mg kg⁻¹ olduğu değerlendirilirse, iki kontrol grubu hariç bu değer üzerinde seyrettiği gözlenmiştir.

Fernandez ve ark., (2005) ayçiçeği bitkisinin yaprak ağırlığı, bitki yaprak alanının Fe konsantrasyonu, yaprakların Fe içeriği, Fe/Mn oranı ve 50(10P+K)/Fe oranı klorozun derecesine göre ilişkili bulmuşlardır. Yaprığın SPAD indeksi, K/Ca ve 50(10P+K) oranı ile negatif; yaprak ağırlığı, yaprak alanının Fe konsantrasyonu ve Fe içeriği ile pozitif ilişki vermiştir.

Kacar ve Katkat (2007) bitkilerde Fe eksikliğinin topraklarda demir miktarının az olmasından veya yeterli derecede bulunmamasından kaynaklanma

ihtimalinin az olduğunu, Fe eksikliğinin daha çok bitkide ve toprakta demirin yayarışlılığını etkileyen faktörlerden kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Ylivainio (2009) asit toprağa sulama suyuyla uygulanan Fe-EDTA'nın çayır otunun Fe alımını arttırdığını bildirmiştir. Ayrıca toprağa uygulanan inorganik Fe kaynağının (FeSO₄) marul için zayıf bir kaynak olduğunu, fakat yapraktan etkisinin Fe-EDTA ve Fe-EDDHA kadar etkili olduğunu saptamıştır. Kireçli kuvars kumunda çayır otunun Fe konsantrasyonunun en yüksek Fe-EDTA ve Fe-EDDHA uygulamalarında olduğunu tespit etmiştir. Sulama suyuyla uygulanan EDTA'nın asidik toprakta çayır otunun Fe alımını arttırdığını literatür bulgularıyla bildirmiştir. Marul bitkisinin gelişiminde topraktan uygulanan Fe-EDDS ve Fe-EDDS(mix)'in EDTA ve EDDHA kadar etkili olduğunu; yapraktan Fe-EDDHS(mix)'in de etkili olduğunu saptamıştır. Kireçli kuvars kumunda marulun gelişiminin düşük Fe yayarışlılığı sebebiyle azaldığını, Fe noksanlığında marulda düşük klorofil konsantrasyonu gerçekleştiğini, bu farkın ise marulun Strateji-I, çayır otunun Strateji-II bitkisi olduğu şeklinde açıklamıştır.

Lopez-Rayó ve ark., (2015) göre soya fasulyesi yapraklarının uygulamadan 7 gün sonra mikroelement içeriklerinin uygulamadan 20 gün sonraki içeriklerinden daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. MnZn-EDTA uygulamasında 7 gün sonra yaprakta en yüksek Fe içeriğine rastlandığını tespit etmişlerdir.

Hergert ve ark., (2018) toprağa 0-0.56-1.12-2.24 kg da⁻¹ Fe-EDDHA uygulamalarının kuru fasulye bitkisinde Fe klorozunu gidermek amacıyla yaptıkları bu çalışmada; gözle görülebilir kloroz oranının azaldığını ve verimi arttırdığını tespit etmişlerdir. Topraktan uygulanan şelatların (özellikle EDDHA) Fe klorozunu azalttığını; fakat toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın rizosferden yıkanması, toprak bileşenlerince absorbe olması ve fitodegradasyon sebebiyle başarı şansının azaldığını bildirmişlerdir.

Dey ve ark., (2020) demirin biyoyarışlılığının toprak tipine göre değiştiğini, bitkilerin de Fe alımı için stratejiler geliştirdiğini ifade etmişlerdir.

4.4 Farklı Demir Kaynaklarının Bakla Bitkisinin Yapraklarının Aktif Demir İçeriği Üzerine Etkisi

Bakla bitkisi yapraklarının aktif demir içeriğinde oluşturduğu farklılığın önemlilik derecesi varyans analiziyle, ortalama değerler arasındaki farkların önemlilik derecesi Tukey testiyle belirlenmiştir (Çizelge 4.7, Çizelge 4.8). Yaprakların aktif Fe içeriklerine gübre çeşidi, toprak çeşidi ve FexTop interaksyonu istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli etkilerde bulunmuştur.

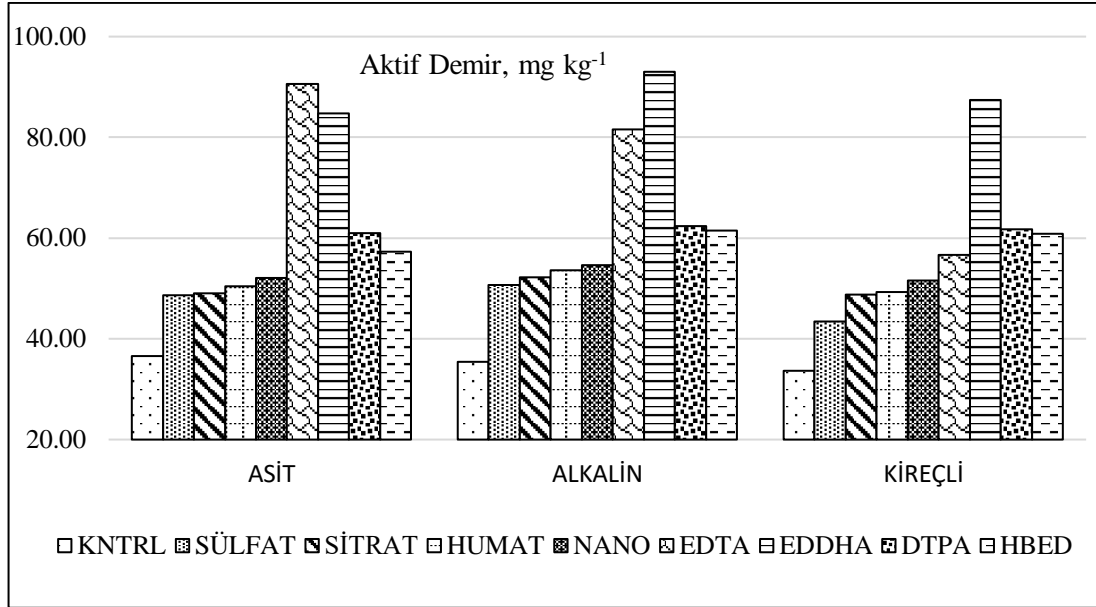
Çizelge 4.7 Yaprakların Akif Demir İçeriğine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Demir uygulamaları (Fe)	8	24478.3	3059.78	173.19	0.000
Toprak (Top)	2	626.1	313.04	17.72	0.000
Fe x Top	16	2231.9	139.5	7.9	0.000
Hata	81	1431	17.67		
Toplam	107	28767.3			

Asit, alkalın reaksiyonlu ve kireçli topraklarda yapılan uygulamalar içerisinde bakla bitkisi yapraklarının en yüksek aktif demir içeriği alkalın toprakta Fe-EDDHA ve asit toprakta Fe-EDTA uygulamalarında elde edilmiştir. Kontrolde bağımsız olarak en düşük aktif Fe değeri ise kireçli toprakta FeSO₄ uygulamasında tespit edilmiştir. Alkalın reaksiyonlu ve kireçli topraklarda Fe-EDDHA'da en yüksek, asit toprakta Fe-EDTA'da yüksek, en düşük tüm toprakta kontrol ve FeSO₄ uygulamalarından elde edilmiştir. Asit toprakta (48.68 mg kg⁻¹), alkalın toprakta (50.65 mg kg⁻¹) ve kireçli toprakta (43.43 mg kg⁻¹) FeSO₄ uygulamalarında birbirine yakın aktif demir değerleri saptanmıştır (Çizelge 4.8).

Asit toprakta bitkinin aktif Fe içeriği 36.53 ile 90.55 mg kg⁻¹ değerleri arasında değişmekte olup; en yüksek aktif demir içeriği Fe-EDTA, Fe-EDDHA ve Fe-DTPA gübre uygulamalarından elde edilirken; en düşük aktif demir içeriği asit toprakta KONTROL, FeSO₄ ve Fe-SİTRAT uygulamalarında saptanmıştır (Çizelge 4.8).

Alkalın toprakta ise aktif demir içeriği 35.48 ile 92.98 mg kg⁻¹ değerleri arasında değişmekte olup; Fe-EDDHA, Fe-EDTA ve Fe-DTPA uygulamalarından en yüksek aktif Fe içeriği elde edilirken; KONTROL, FeSO₄ ve Fe-SİTRAT uygulamalarında en düşük aktif Fe içeriği elde edilmiştir (Çizelge 4.8).



Şekil 4.4 Demir Uygulamalarının Bitkinin Aktif Demir İçeriğine Etkisi

Kireçli toprakta ise aktif Fe içeriğinin 33.60 ile 87.40 mg kg⁻¹ değerleri arasında değişkenlik gösterdiği saptanmıştır. En yüksek aktif demir içeriği Fe-EDDHA, Fe-DTPA ve Fe-HBED uygulamalarından elde edilirken; en düşük aktif Fe içeriği KONTROL, FeSO₄ ve Fe-SİTRAT uygulamalarında elde edilmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8 Demir Uygulamalarının Bitkinin Aktif Demir İçeriğine Etkisi

Demir kaynağı	Asit	Alkalin	Kireçli	Ortalama
KONTROL	36.53 g	35.48 g	33.60 g	35.2 E
FeSO ₄	48.68 ef	50.65 def	43.43 fg	47.59 D
Fe-SİTRAT	49.08 ef	52.18 c-f	48.73 ef	49.99 D
Fe-HUMAT	50.45 def	53.55 c-f	49.35 ef	51.12 D
Fe-NANO	52.05 c-f	54.65 c-f	51.60 c-f	52.77 D
Fe-EDTA	90.55 ab	81.55 b	56.73 cde	76.28 B
Fe-EDDHA	84.70 ab	92.98 a	87.40 ab	88.36 A
Fe-DTPA	61.03 cd	62.33 c	61.73 cd	61.69 C
Fe-HBED	57.33 cde	61.45 cd	60.80 cd	59.86 C
Ortalama	58.94 A	60.54 A	54.82 B	

Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki bakımdan önemsizdir.

Kacar ve Katkat (2007) Fe şelatlarının etkinliklerinin farklı toprak pH'larında durağanlık derecesine bağlı olduğunu, farklı pH'ya sahip topraklarda Fe-EDDHA'nın faaliyetinin yüksek olduğunu, Fe-EDDHA'nın asit tepkimeli topraklarda daha etkili olduğunu ve Fe-DTPA şelatının Fe-EDDHA'dan daha az etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Flores (2020) pH'sı 8.1 ve kireçsiz toprakta yetiştirilen soya fasulyesi yapraklarının aktif demir içeriğinin en yüksek Fe-EDDHA ve EDTA (78.1-72.1 mg kg⁻¹) uygulamalarından elde edilirken; pH'sı 6.1 olan toprakta yetişen soya fasulyesinde en yüksek Lignit, EDTA ve EDDHA (74-70.9-68.6 mg kg⁻¹) uygulamalarından elde etmiş olup; 50 günlük inkübasyon denemesi sonunda DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe miktarının en yüksek EDDHA uygulamasından elde edildiğini saptamıştır.

Breare ve ark., (2020) baklagil bitkilerinin simbiyotik N fiksasyonunda Fe ihtiyacının yüksek olduğunu, nodüldeki Fe konsantrasyonundaki artışla N fiksasyonu arasında pozitif ilişki olduğunu bildirmişlerdir.

Schenkeveld ve ark., (2014) kireçli topraklarda demirin biyoyararlılığının sınırlanmasının, Fe (hidro) oksitlerin pH 7-8.5'da ve bikarbonatların zayıf çözünürlüğe sahip olmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Fe-EDDHA'nın toprak uygulamalarında orta, meso izomerlerinin en etkili şelatlardan olduğunu bildirmişlerdir.

Chatterjee ve ark., (2017) pH'sı 7.7-8.3, kireç içeriği %0.37-11.5 arasında değişen farklı iki tarlada soya fasulyesi ile yaptıkları çalışmada yapraktan iki defa 10 farklı Fe kaynağı uygulamışlardır. Fe uygulamalarının yaprakların yeniden yeşillenmesinde hafif bir etkide bulunduğunu, verimi ise önemli olmamakla birlikte kontrole göre arttırdığını saptamışlardır. Araştırmacılar, yapraktan uygulanan Fe-EDDHA'nın kontrol ve diğer şelatlarla göre verimi arttırdığını tespit etmişlerdir.

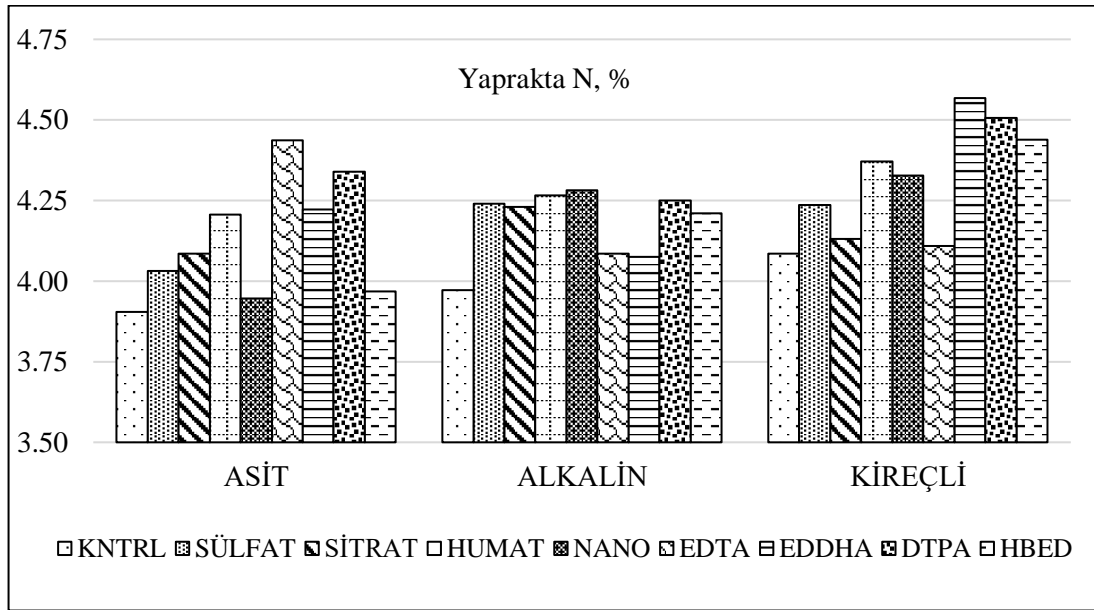
4.5 Farklı Demir Kaynaklarının Bakla Bitkisinin Yapraklarının Azot İçeriği Üzerine Etkisi

Farklı demirli gübre çeşitlerinin bakla bitkisinin toplam azot içeriğinde oluşturduğu farklılığın önemlilik derecesi varyans analiziyle, ortalamalar arasındaki farkların önemlilik derecesi Tukey testiyle belirlenmiştir (Çizelge 4.9, Çizelge 4.10). Yaprakların toplam azot içeriği üzerine demir çeşidinin %5, toprak çeşidinin %1 ve FexTop interaksyonu üzerine etkileri istatistikî bakımdan önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.9 Yaprakların Toplam İçeriğine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Demir uygulamaları (Fe)	8	1.0900	0.13625	2.09	0.046
Toprak (Top)	2	0.6285	0.31426	4.83	0.010
Fe x Top	16	1.3983	0.08740	1.34	0.192
Hata	81	5.2690	0.06505		
Toplam	107	8.3859			

Yapılan bütün uygulamalarda bitki yapraklarının toplam N değeri yeterlilik düzeyinin üzerinde (%2.80-3.50) seyretmiştir. Farklı demir uygulamaları sonucu toplam N içeriği en yüksek kireçli toprakta Fe-EDDHA uygulamasında tespit edilmiştir. Asit ve kireçli topraklarda N değeri önemli düzeyde farklı iken; tüm uygulamalarda kontrolün üzerinde olduğu saptanmıştır. Bakla bitkisi yapraklarında toplam N içeriği en düşük kontrolden bağımsız olarak asit toprakta Fe-NANO uygulamasında kaydedilmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 Demir Uygulamalarının Bitkinin Azot İçeriğine Etkisi

Asit toprakta bitkinin toplam azot içeriği %3.90 ile 4.11 arasında değişmekte olduğu belirlenmiştir. En yüksek azot içeriği Fe-EDTA, Fe-DTPA ve Fe-EDDHA uygulamalarından elde edilirken; en düşük azot içeriği KONTROL, Fe-NANO ve Fe-HBED uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4.10).

Alkalin toprakta ise bakla bitkisinin toplam N içeriği %3.97 ile 4.27 arasında değişmekte olup; en yüksek N içeriği Fe-HUMAT, Fe-DTPA ve FeSO₄ gübre uygulamalarından elde edilirken; en düşük N içeriği KONTROL, Fe-EDTA ve

Fe-EDDHA gübre uygulamalarında saptanmıştır. Yaprakların toplam N içeriklerinin verilen referans değerlerinden (%2.80–3.50) yüksek olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.10).

Kireçli toprakta ise en yüksek toplam azot içerikleri Fe-EDDHA, Fe-DTPA ve Fe-HBED uygulamalarından elde edilirken; en düşük N içeriği KONTROL, Fe-EDTA ve Fe-SİTRAT gübre uygulamalarından elde edilmiştir. Bitkinin toplam N içeriklerinin verilen referans değerlerinden (%2.80-3.50) yüksek olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10 Demir Uygulamalarının Bitkinin Azot İçeriğine Etkisi

Demir kaynağı	Asit	Alkalın	Kireçli	Ortalama
KONTROL	3.90	3.97	4.08	3.98 A
FeSO ₄	4.03	4.24	4.24	4.17 AB
Fe-SİTRAT	4.08	4.23	4.13	4.15 AB
Fe-HUMAT	4.21	4.27	4.37	4.29 AB
Fe-NANO	3.95	4.28	4.33	4.19 AB
Fe-EDTA	4.44	4.08	4.11	4.21 AB
Fe-EDDHA	4.22	4.08	4.57	4.29 AB
Fe-DTPA	4.34	4.25	4.51	4.37 A
Fe-HBED	3.97	4.21	4.44	4.21 AB
Ortalama	4.13 B	4.18 AB	4.31 A	

Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki bakımdan önemsizdir.

Tang ve ark., (1991) demir eksikliği tespit edilen kireçli topraklarda yetiştirilen çift çenekli bitkilerde fotosentez miktarının azaldığı ve özellikle baklagil bitkilerinde N₂ fiksasyonu ile birlikte kök yumru oluşumunun olumsuz şekilde etkilendiğini belirtmişlerdir.

Buerkert ve ark., (1990) Pijnenborg ve Lie (1990), toprak pH'sı baklagil bitki köklerinde yumru (nodül) oluşumunu ve N₂ fiksasyonunu önemli şekilde etkilediğini ve kireçleme yapılan asit tepkimeli topraklarda pH'nın yükseltilmesi ile fasulye ve yonca bitkilerinin köklerinde yumru sayısının arttığını saptamışlardır.

Alva ve Summer (1990) asit tepkimeli mineral topraklarda yetiştirilen baklagil bitkilerinde kök yumru sayısının az olmasını, ortamda hidrojen iyonları ile alüminyumun fazla ve özellikle de kalsiyumun az bulunmasına dayandırılarak açıklamışlardır.

Kacar ve Katkat (2007) amonyum içeren veya amonyum oluşturan azotlu gübrelerin demirin yararlılığını arttırdığını bildirmişlerdir.

4.6 Farklı Demir Kaynaklarının Bakla Bitkisinin Yapraklarının Fosfor İçeriği Üzerine Etkisi

Farklı demirli gübre çeşitlerinin bakla bitkisinin toplam fosfor içeriğinde oluşturduğu farklılığın önemlilik derecesi varyans analiziyle, ortalamalar arasındaki farkların önemlilik derecesi Tukey testiyle belirlenmiştir (Çizelge 4.11, Çizelge 4.12). Yaprakların toplam fosfor içeriği üzerine demir çeşidi, toprak çeşidi ve Fe x Top interaksiyonu üzerine etkileri istatistiki bakımdan % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.11 Yaprakların Fosfor İçeriğine Ait Varyans Analiz Sonuçları

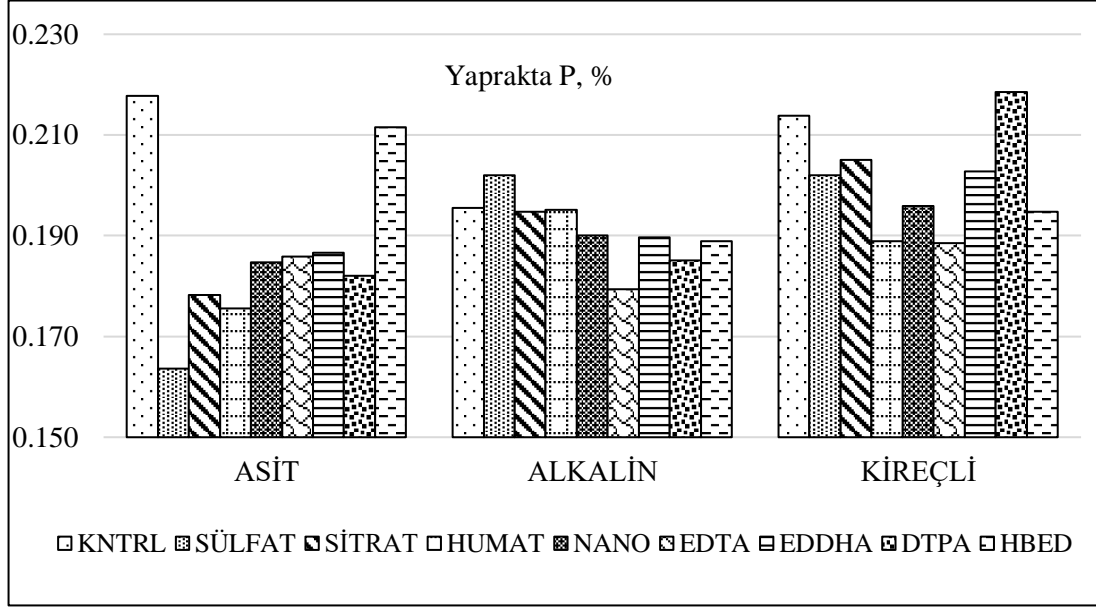
Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Demir uygulamaları (Fe)	8	0.005096	0.000637	3.60	0.001
Toprak (Top)	2	0.003653	0.001826	10.31	0.000
Fe x Top	16	0.009038	0.000565	3.19	0.000
Hata	81	0.014349	0.000177		
Toplam	107	0.032136			

Bitkinin toplam P içeriği kireçli toprakta yüksek bulunmuş olup, genellikle tüm Fe uygulamalarında bitkinin P içeriği kontrolün altında bulunmuştur. Üç farklı toprakta yapılan denemede bakla bitkisi yapraklarında en yüksek toplam P içeriği asit toprakta KONTROL ve kireçli toprakta Fe-DTPA uygulamalarında tespit edilmiştir. Bakla bitkisi yapraklarının toplam P içeriği en düşük asit toprakta FeSO₄ uygulamasında belirlenmiştir. Yapılan bütün uygulamalarda bitki yapraklarının fosfor içeriğinin yeterli olmadığı ve eksiklik görüldüğü saptanmıştır (Şekil 4.6).

Asit toprakta bitkinin toplam fosfor içeriği %0.164 ile 0.218 arasında değişmekte olup; en yüksek toplam P içeriği KONTROL, Fe-HBED ve Fe-EDDHA uygulamalarından elde edilirken; en düşük toplam fosfor içeriği FeSO₄, Fe-HUMAT, Fe-SİTRAT uygulamalarından elde edilmiştir. Bu toprakta yetişen bakla bitkisinin toplam P içeriklerinin verilen referans değerlerinin (%0.25-0.45) altında kaldığı ve fosfor bakımından eksiklik görüldüğü saptanmıştır (Çizelge 4.12).

Alkalin toprakta ise yapraklarda toplam fosfor en yüksek FeSO₄, Fe-HUMAT ve Fe-SİTRAT elde edilirken; en düşük toplam fosfor içeriği Fe-EDTA, Fe-DTPA ve Fe-HBED gübre uygulamalarında saptanmıştır. Bu toprakta bakla

bitkisinin toplam P içeriği %0.179 ile 0.202 arasında değiştiği belirlenmiştir. Yaprakların toplam P içeriklerinin verilen referans değerlerinden (%0.25-0.45) düşük olduğu ve fosforca yetersiz beslendiği saptanmıştır (Çizelge 4.12).



Şekil 4.6 Demir Uygulamalarının Bitkinin Fosfor İçeriğine Etkisi

Kireçli toprakta ise en yüksek toplam P içerikleri Fe-DTPA, KONTROL ve Fe-SİTRAT uygulamalarından elde edilirken; en düşük toplam fosfor içeriği Fe-HUMAT, Fe-EDTA ve Fe-HBED gübre uygulamalarında saptanmıştır. Bu toprakta bakla bitkisinin toplam P içeriği %0.189 ile 0.218 arasında değişmektedir. Kireçli toprakta yetiştirilen bakla bitkisinin toplam P içeriklerinin verilen referans değerlerden (%0.25-0.45) düşük olduğu ve bitkinin fosforca yetersiz beslendiği saptanmıştır (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12 Demir Uygulamalarının Bitkinin Fosfor İçeriğine Etkisi

Demir kaynağı	Asit	Alkalın	Kireçli	Ortalama
KONTROL	0.218 ab	0.195 a-e	0.214 abc	0.209 A
FeSO ₄	0.164 e	0.202 a-d	0.202 a-d	0.189 B
Fe-SİTRAT	0.178 cde	0.195 a-e	0.205 a-d	0.193 AB
Fe-HUMAT	0.176 de	0.195 a-e	0.189 a-e	0.187 B
Fe-NANO	0.185 a-e	0.190 a-e	0.196 a-e	0.190 B
Fe-EDTA	0.186 a-e	0.179 cde	0.189 a-e	0.185 B
Fe-EDDHA	0.187 a-e	0.190 a-e	0.203 a-d	0.193 AB
Fe-DTPA	0.182 b-e	0.185 a-e	0.218 a	0.195 AB
Fe-HBED	0.212 a-d	0.189 a-e	0.195 a-e	0.199 AB
Ortalama	0.188 B	0.191 B	0.201 A	

Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki bakımdan önemsizdir.

Kacar ve Katkat (2007) fosfor elementinin baklagil bitkilerinde tepe ve kök gelişmesini hızlandırarak biyolojik azot fiksasyonunu arttırdığı ve buna bağlı olarak baklagil bitkisi köklerinde daha kısa sürede nodül oluşumunu sağladığını saptamışlardır. Nodül sayısını arttırırken, nodül büyüklüğü yanında birim nodül ağırlığına fikse edilen N₂ miktarının da fazla olmasına sebep olduğunu belirtmişlerdir. Fosfor elementinin hasat sırasında konukçu baklagil bitkisinin %N içeriklerinin daha fazla olmasını sağladığını tespit etmişlerdir. Yine fosfor elementinin özellikle baklagil bitkileri için büyük bir önem taşıdığını ve baklagil bitkilerinin P içeriklerinin çayır bitkilerine göre daha yüksek olduğunu savunmuşlardır. Havanın bağımsız azotunun (N₂) fiksasyonu evresinde önemli görev yapan Nitrogenaz enziminin yeterli düzeyde aktif olabilmesi yüksek enerjiye sahip fosfor ile yakından ilgili olduğunu ve bu nedenle de baklagil bitkilerinin fosfor gereksinimleri çayır bitkilerine göre daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Fosfor gibi kimi besin elementlerin fazlalığının, demirin yarayırlılığını azalttığını bildirmişlerdir.

4.7 Farklı Demir Kaynaklarının Bakla Bitkisinin Yapraklarının Potasyum İçeriği Üzerine Etkisi

Farklı demirli gübre çeşitlerinin bakla bitkisinin toplam potasyum içeriğinde oluşturduğu farklılığın önemlilik derecesi varyans analiziyle, ortalamalar arasındaki farkların önemlilik derecesi Tukey testiyle belirlenmiştir (Çizelge 4.13, Çizelge 4.14). Yaprakların toplam potasyum içeriği üzerine demir çeşidi, toprak çeşidi ve Fe x Top interaksiyonu üzerine etkileri istatistikî bakımdan % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

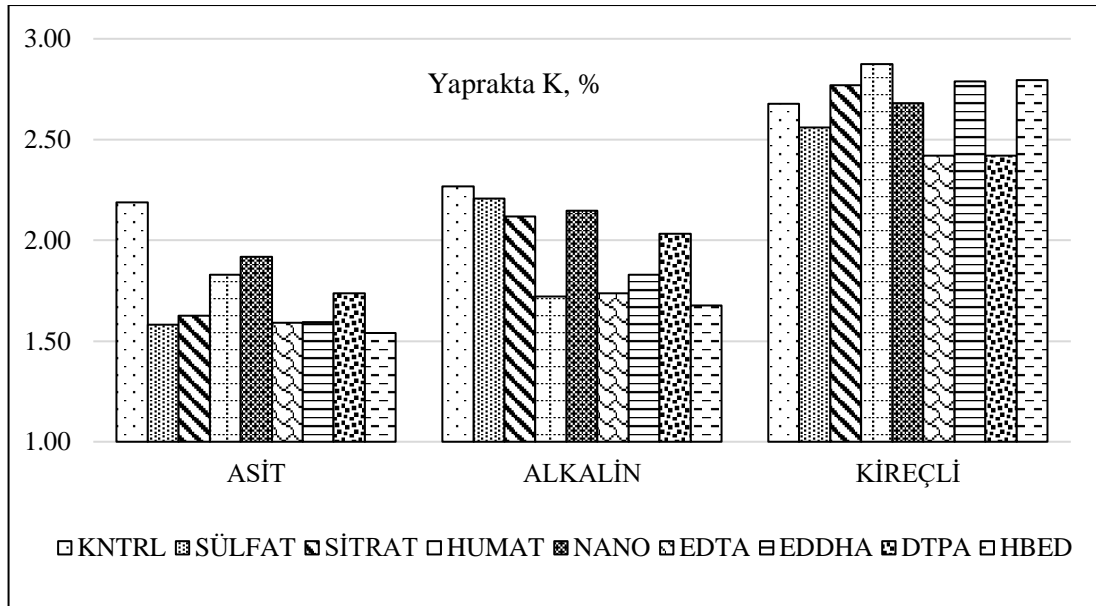
Çizelge 4.13 Yaprakların Potasyum İçeriğine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Demir uygulamaları (Fe)	8	1.771	0.22132	7.37	0.000
Toprak (Top)	2	16.891	8.44531	281.26	0.000
Fe x Top	16	2.263	0.14146	4.71	0.000
Hata	81	2.432	0.03003		
Toplam	107	23.357			

Üç farklı toprakta gerçekleştirilen demirli gübrelemeler kendi arasında değerlendirildiğinde bakla bitkisi yapraklarında toplam potasyum içeriği en yüksek kireçli toprakta Fe-HUMAT uygulamasında belirlenmiştir. Asit toprakta Fe-HBED uygulamasında ise toplam potasyum içeriği en düşük değer olarak kaydedilmiştir.

Asit ve alkalın reaksiyonlu toprakta kontrolün altında K içerirken, kireçli toprakta bazı uygulamaların kontrolün üzerinde olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.7).

Asit toprakta bitkinin toplam potasyum içeriği %1.58 ile 2.19 arasında değişmekte olduğu saptanmıştır. En yüksek potasyum içeriği KONTROL, Fe-NANO ve Fe-HUMAT uygulamalarından elde edilirken; en düşük toplam potasyum içeriği Fe-HBED, FeSO₄ ve Fe-EDTA uygulamalarından elde edilmiştir. KONTROL hariç yaprakların toplam K içeriklerinin verilen referans değerlerinden (%2.10-2.80) düşük olduğu ve potasyum bakımından yetersiz beslendiği saptanmıştır. Kontrol uygulamasında ise bitkinin toplam K içeriği yeterlilik sınır değerlerini sağladığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.14).



Şekil 4.7 Demir Uygulamalarının Bitkinin Potasyum İçeriğine Etkisi

Alkalın toprakta ise bitkinin toplam potasyum içeriği %1.68 ile 2.27 arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek K içeriği KONTROL, FeSO₄ ve Fe-NANO uygulamalarından elde edilirken; en düşük toplam K içeriği Fe-HBED, Fe-HUMAT ve Fe-EDTA gübre uygulamalarında saptanmıştır. Bu toprakta KONTROL, FeSO₄, Fe-SİTRAT ve Fe-NANO uygulamalarında bitkinin toplam K içeriklerinin verilen referans değerlerini (%2.10-2.80) sağladığı ve Fe-HUMAT, Fe-EDDHA, Fe-EDTA Fe-DTPA, Fe-HBED uygulamalarında potasyum bakımından eksiklik görüldüğü tespit edilmiştir (Çizelge 4.14).

Kireçli toprakta ise bakla bitkisi yapraklarının en yüksek toplam potasyum içerikleri en yüksek Fe-HUMAT, Fe-EDDHA ve Fe-HBED uygulamalarından elde edilirken; en düşük K içeriği Fe-DTPA, Fe-EDTA ve FeSO₄ gübre uygulamalarında saptanmıştır. Bu toprakta bakla bitkisinin toplam potasyum içeriği %2.42 ile 2.87 arasında değişmektedir. Yaprakların toplam K içeriklerinin verilen referans değerlerini (%2.10-2.80) sağladığı belirlenmiştir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14 Demir Uygulamalarının Bitkinin Potasyum İçeriğine Etkisi

Demir kaynağı	Asit	Alkalin	Kireçli	Ortalama
KONTROL	2.19 c-f	2.27 b-e	2.68 ab	2.38 A
FeSO ₄	1.58 hı	2.21 cde	2.56 abc	2.12 BCD
Fe-SİTRAT	1.63 hı	2.12 c-g	2.77 a	2.18 ABC
Fe-HUMAT	1.83 e-1	1.72 f-1	2.87 a	2.15 BCD
Fe-NANO	1.92 e-1	2.15 c-f	2.68 ab	2.25 AB
Fe-EDTA	1.59 hı	1.74 f-1	2.42 a-d	1.92 D
Fe-EDDHA	1.59 hı	1.83 e-1	2.79 a	2.07 BCD
Fe-DTPA	1.74 f-1	2.03 d-h	2.42 a-d	2.06 BCD
Fe-HBED	1.54 ı	1.68 ghı	2.79 a	2.01 CD
Ortalama	1.734 C	1.98 B	2.67 A	

Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki bakımdan önemsizdir.

Asit ve alkalin reaksiyonlu toprakların ekstrakte edilebilir K içerikleri düşük olduğu için, bitkilerin K içerikleri de düşük bulunmuştur.

Khalil ve ark., (2012) baklanın gübre gereksiniminin belirlenmesi amacıyla yaptığı çalışmada; dekara 3.57-7.14 kg N, 2.86-5.72 kg K₂O ve 119-238 g mikro element (%6.5 Zn, %2.2 Fe, %4.5 Mn ve %0.5 Cu) içeren gübrenin etkilerini yıl yıl süreyle araştırmışlardır. Araştırma sonucuna göre dekara 7.14 kg N, 5.72 kg K₂O ve yapraktan uygulanan 238 g mikro element uygulamasını önermişlerdir.

Güneş ve ark., (2000) potasyumun bitkilerin demir alımını ve taşımını artırdığını, asmalarda görülen kireç kökenli Fe klorozunun K uygulamasıyla da giderilebileceğini bildirmişlerdir.

4.8 Farklı Demir Kaynaklarının Bakla Bitkisinin Yapraklarının Kalsiyum İçeriği Üzerine Etkisi

Farklı demirli gübre çeşitlerinin bakla bitkisinin toplam kalsiyum içeriğinde oluşturduğu farklılığın önemlilik derecesi varyans analiziyle, ortalamalar arasındaki farkların önemlilik derecesi Tukey testiyle belirlenmiştir (Çizelge 4.15, Çizelge

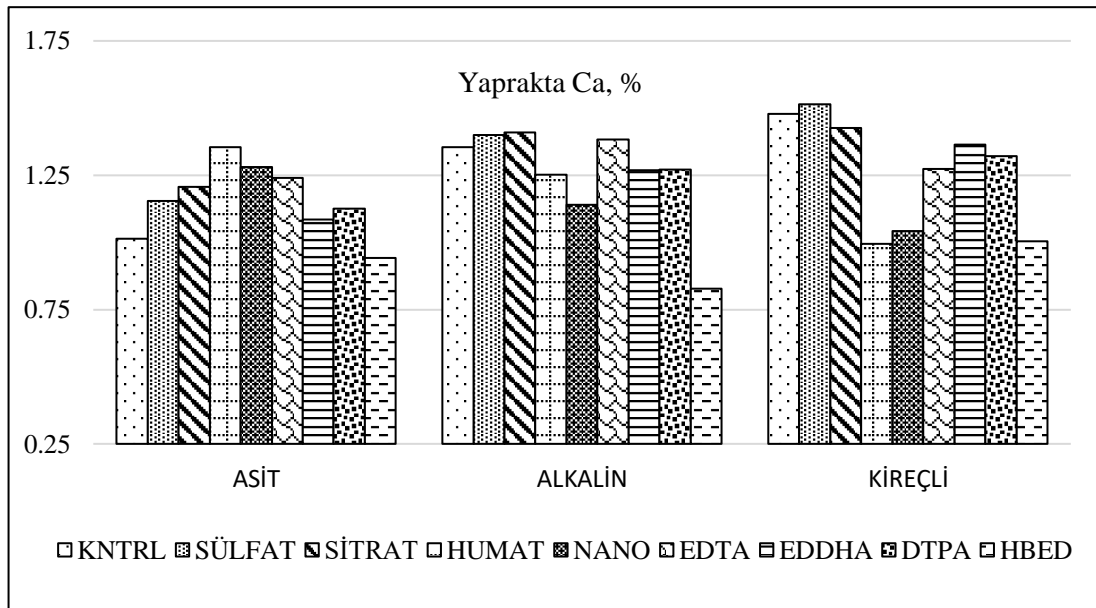
4.16). Yaprakların toplam kalsiyum içeriği üzerine demir çeşidi, toprak çeşidi ve Fe x Top interaksiyonu üzerine etkileri istatistiki bakımdan % 1 düzeyinde önemli etkide bulunduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.15 Yaprakların Kalsiyum İçeriğine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Demir uygulamaları (Fe)	8	1.6445	0.20556	10.41	0.000
Toprak (Top)	2	0.2767	0.13833	7.00	0.002
Fe x Top	16	1.3218	0.08261	4.18	0.000
Hata	81	1.5999	0.01975		
Toplam	107	4.8428			

Yapılan tüm demir uygulamaları bakla bitkisinin toplam kalsiyum içeriğini pozitif yönde etkilemiştir. Asit, alkalın reaksiyonlu ve kireçli topraklarda yapılan uygulamalar içerisinde bakla bitkisinde en yüksek toplam Ca içeriği kireçli toprakta FeSO₄ uygulamasında elde edilirken; en düşük alkalın toprakta Fe-HBED uygulamasında tespit edilmiştir (Şekil 4.8).

Asit toprakta bitkide en yüksek toplam kalsiyum içeriği Fe-HUMAT, Fe-NANO ve Fe-EDTA uygulamalarından elde edilirken; en düşük kalsiyum içeriği Fe-HBED, KONTROL ve Fe-EDDHA uygulamalarında saptanmıştır. Bu toprakta bakla bitkisinin toplam kalsiyum içeriği %0.94 ile 1.35 arasında değişmektedir. Asit toprakta yaprakların toplam Ca içeriklerinin verilen referans değerleri (%0.50-2.0) içerisinde yer aldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.16).



Şekil 4.8 Demir Uygulamalarının Bitkinin Kalsiyum İçeriğine Etkisi

Alkalin toprakta ise bitkinin toplam Ca içeriği %0.83 ile 1.41 arasında değişmekte olup; en yüksek kalsiyum içeriği Fe-SİTRAT, FeSO₄ ve Fe-EDTA uygulamalarından elde edilirken; en düşük kalsiyum içeriği Fe-HBED, Fe-HUMAT ve Fe-DTPA gübre uygulamalarından elde edilmiştir. Yaprakların toplam kalsiyum içeriklerinin verilen referans değerleri (%0.50-2.0) içerisinde olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16 Demir Uygulamalarının Bitkinin Kalsiyum İçeriğine Etkisi

Demir kaynağı	Asit	Alkalin	Kireçli	Ortalama
KONTROL	1.01 e-h	1.35 a-f	1.48 a	1.29 AB
FeSO ₄	1.15 a-h	1.40 a-d	1.51 a	1.36 A
Fe-SİTRAT	1.21 a-h	1.41 a-d	1.42 abc	1.35 A
Fe-HUMAT	1.35 a-f	1.25 a-g	0.99 fgh	1.20 AB
Fe-NANO	1.28 a-g	1.14 a-h	1.04 d-h	1.15 B
Fe-EDTA	1.24 a-g	1.38 a-e	1.27 a-g	1.29 AB
Fe-EDDHA	1.08 c-h	1.27 a-g	1.36 a-f	1.24 AB
Fe-DTPA	1.12 b-h	1.27 a-g	1.32 a-g	1.24 AB
Fe-HBED	0.94 gh	0.83 h	1.00 e-h	0.92 C
Ortalama	1.16 B	1.26 A	1.27 A	

Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki bakımdan önemsizdir.

Kireçli toprakta ise yaprakların toplam kalsiyum içeriği %0.99 ile 1.51 değerleri arasında değişkenlik göstermiştir. En yüksek kalsiyum içeriği FeSO₄, KONTROL ve Fe-SİTRAT uygulamalarından elde edilirken; en düşük Ca içeriği Fe-HUMAT, Fe-HBED ve Fe-NANO uygulamalarından elde edilmiştir. Yaprakların toplam kalsiyum içeriklerinin verilen referans değerlerini (%0.50-2.0) sağladığı gözlenmiştir (Çizelge 4.16).

Denemede kullanılan kireçli toprağın kalsiyum ve kireç içeriğinin yüksek olması sebebiyle bu toprakta yetişen bitkilerin kalsiyum içerikleri asit toprağa göre nisbeten yüksek bulunmuştur.

Güneş ve ark., (2000) yüksek pH, fosfor ve kalsiyumun bitkilerin demir alımını olumsuz yönde etkilediğini belirtmişlerdir.

4.9 Farklı Demir Kaynaklarının Bakla Bitkisinin Yapraklarının Çinko İçeriği Üzerine Etkisi

Bakla bitkisi yapraklarının toplam çinko içeriğinde oluşturduğu farklılığın önemlilik derecesi varyans analiziyle, ortalama değerler arasındaki farkların

önemlilik derecesi Tukey testiyle belirlenmiştir (Çizelge 4.17, Çizelge 4.18). Yaprakların toplam Zn içeriği üzerine gübre ve toprak çeşidi ile Fe x Top interaksiyonu istatistiki açıdan %1 düzeyinde önemli etkide bulunmuştur.

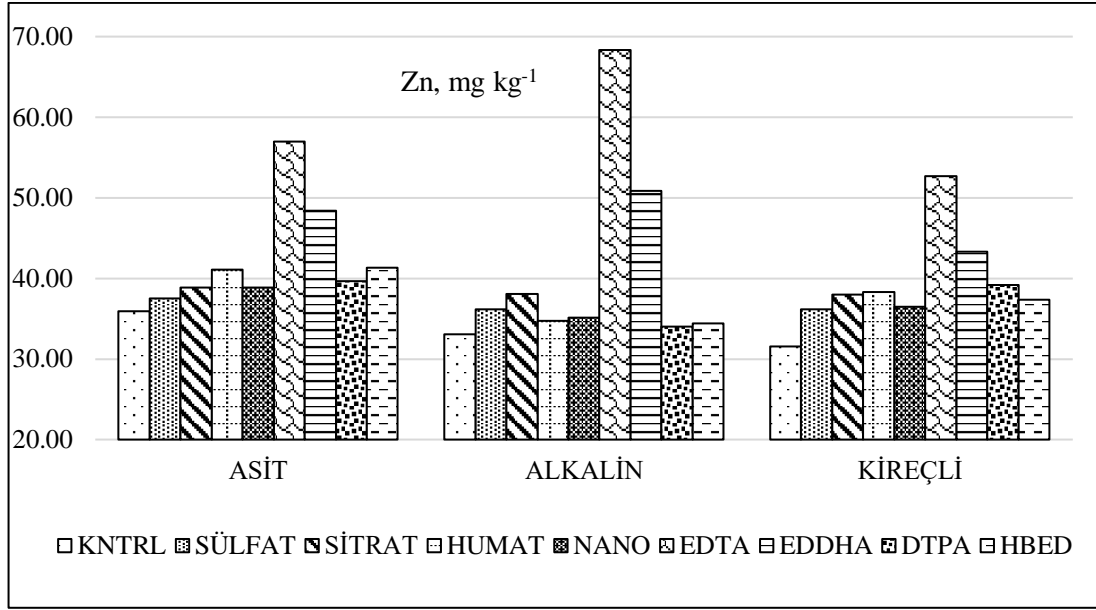
Çizelge 4.17 Yaprakların Çinko İçeriğine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Demir uygulamaları (Fe)	8	6092.1	761.52	75.25	0.000
Toprak (Top)	2	146.2	73.12	7.23	0.001
Fe x Top	16	824.9	51.55	5.09	0.000
Hata	81	819.7	10.12		
Toplam	107	7882.9			

Asit, alkalın reaksiyonlu ve kireçli olmak üzere üç farklı toprak çeşidinde yapılan çalışmada, demir uygulamaları bitki yapraklarının toplam çinko içeriğini değişen oranlarda arttırmıştır. Bakla bitkisi yapraklarında en yüksek toplam çinko içeriği bütün toprak çeşitlerinde Fe-EDTA uygulamasından elde edilmiştir. Uygulamalar arasındaki ortalamalara bakıldığında; toplam çinko içeriği en yüksek ortalama asit toprakta ve en düşük ise kireçli toprakta saptanmıştır. En düşük toplam çinko içeriği kontrol hariç alkalın toprakta Fe-DTPA uygulamasında kaydedilmiştir. Bütün uygulamalarda genellikle yaprakların Zn içeriği kontrolün üzerindedir (Şekil 4.9).

Asit toprakta bitkinin toplam Zn içeriği 35.93 ile 57.00 mg kg⁻¹ arasında değişmekte olup; en yüksek çinko içeriği Fe-EDTA, Fe-EDDHA ve Fe-HBED uygulamalarından elde edilirken; en düşük toplam çinko içeriği KONTROL, FeSO₄ ve Fe-NANO uygulamalarından elde edilmiştir. Bu topraktaki bütün uygulamalarda bitkinin toplam çinko içeriklerinin verilen yeterlilik sınır değerlerini (30-70 mg kg⁻¹) sağladığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.18).

Alkalın toprakta ise bitkinin toplam Zn içeriği 33.05 ile 68.30 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. En yüksek çinko içeriği Fe-EDTA, Fe-EDDHA ve Fe-SİTRAT uygulamalarından elde edilirken; en düşük toplam Zn içeriği KONTROL, Fe-DTPA ve Fe-HBED gübre uygulamalarında saptanmıştır. Yaprakların toplam çinko içeriklerinin verilen referans değerleri (30-70 mg kg⁻¹) içerisinde yer aldığı saptanmıştır (Çizelge 4.18).



Şekil 4.9 Demir Uygulamalarının Bitkinin Çinko İçeriğine Etkisi

Kireçli toprakta ise bakla bitkisinin toplam çinko içeriği 31.55 ile 52.65 mg kg⁻¹ değerleri arasında değişkenlik göstermiştir. En yüksek Zn içeriği Fe-EDTA, Fe-EDDHA ve Fe-DTPA uygulamalarından elde edilirken; en düşük toplam çinko içeriği KONTROL, FeSO₄ ve Fe-NANO uygulamalarından elde edilmiştir. Yaprakların toplam çinko içeriklerinin verilen referans değerleri (30-70 mg kg⁻¹) içerisinde yer aldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18 Demir Uygulamalarının Bitkinin Çinko İçeriğine Etkisi

Demir kaynağı	Asit	Alkalın	Kireçli	Ortalama
KONTROL	35.93 efg	33.05 fg	31.55 g	33.5 D
FeSO ₄	37.53 efg	36.20 efg	36.18 efg	36.7 CD
Fe-SİTRAT	38.85 efg	38.05 efg	38.03 efg	38.3 C
Fe-HUMAT	41.08 def	34.70 efg	38.33 efg	38.0 C
Fe-NANO	38.83 efg	35.15 efg	36.50 efg	36.9 CD
Fe-EDTA	57.00 b	68.30 a	52.65 b	59.3 A
Fe-EDDHA	48.43 bcd	50.85 bc	43.28 cde	47.6 B
Fe-DTPA	39.63 efg	34.05 fg	39.15 efg	37.7 CD
Fe-HBED	41.35 def	34.40 fg	37.33 efg	37.7 C
Ortalama	47.1 A	40.5 AB	39.2 B	

Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki bakımdan önemsizdir.

Denemede kullanılan asit toprağın ekstrakte edilebilir Zn içeriği yüksek olduğu için bitkilerin Zn içerikleri de yüksek çıkmıştır.

El-Gizawy ve Mehasen (2009) yaprakdan Zn-EDTA uygulamalarının (%0.04) 100 tane ağırlığı, dane ve bitki verimi, bakla verimi üzerine istatistiksel bakımdan önemli etkide bulunduğunu ve ayrıca PxZn interaksiyonunun bitki boyunu önemli düzeyde etkilediğini saptamışlardır.

Ylivainio (2009) Fe noksanlığında marul bitkisinin kireçsiz kuvars kumunda Zn ve Cu içeriğinin arttığını tespit etmiştir.

4.10 Farklı Demir Kaynaklarının Bakla Bitkisinin Yapraklarının Mangan İçeriği Üzerine Etkisi

Farklı demirli gübre çeşitlerinin bakla bitkisinin toplam mangan içeriğinde oluşturduğu farklılığın önemlilik derecesi varyans analiziyle, ortalamalar arasındaki farkların önemlilik derecesi Tukey testiyle belirlenmiştir (Çizelge 4.19, Çizelge 4.20). Yaprakların toplam mangan içeriği üzerine demir çeşidi, toprak çeşidi ve FexTop interaksiyonu üzerine etkileri istatistiki açıdan %1 düzeyinde önemli ilişkiler bulunmuştur.

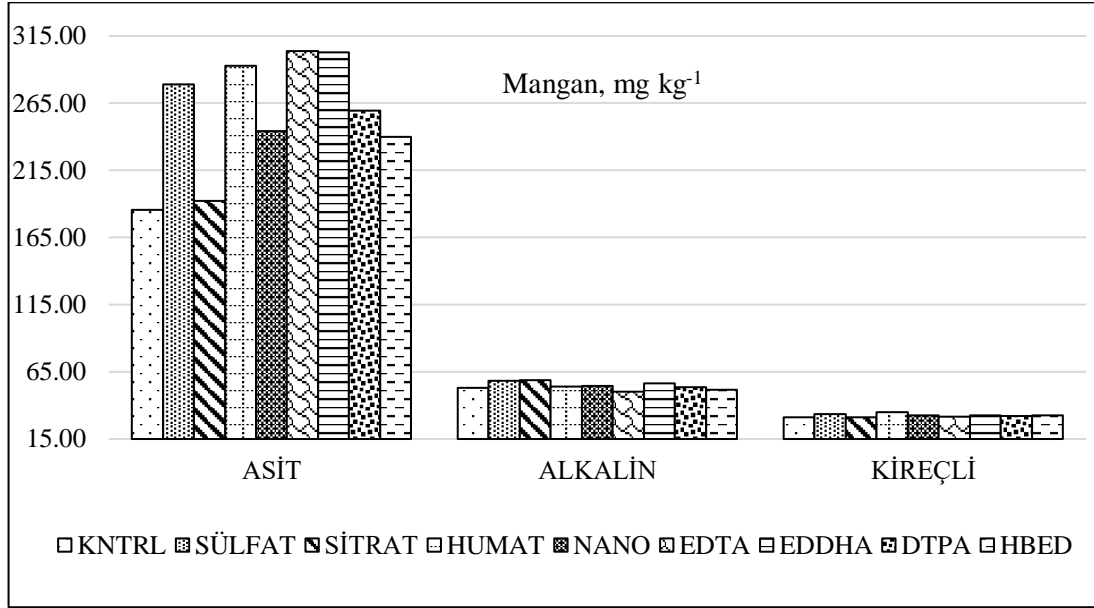
Çizelge 4.19 Yaprakların Mangan İçeriğine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Demir uygulamaları (Fe)	8	21547	2693	23.62	0.000
Toprak (Top)	2	1087192	543596	4766.21	0.000
Fe x Top	16	41940	2621	22.98	0.000
Hata	81	9238	10.12		
Toplam	107	1159917			

Asit, alkalın reaksiyonlu ve kireçli topraklarda yapılan uygulamalar içerisinde bakla bitkisinde en yüksek toplam mangan içeriği asit toprakta Fe-EDTA uygulamasında saptanmıştır. Asit toprakta yetiştirilen baklagil bitkisinin toplam Mn içeriği yaklaşık 5 ile 8 kat yüksek bulunmuştur. Her üç toprak tipinde gerçekleştirilen uygulamalar incelenecek olursa, asit toprakta demirli gübrelemeler alkalın reaksiyonlu ve kireçli topraklara göre toplam Mn içeriği önemli düzeyde artış tespit edilmiştir. Kireçli toprakta mangan içeriği bakımından eksiklik görülmüştür (Şekil 4.10).

Asit toprakta bitkinin toplam Mn içeriği 185.50 ile 303.90 mg kg⁻¹ arasında değişmekte olduğu saptanmıştır. En yüksek mangan içeriği Fe-EDTA, Fe-EDDHA ve Fe-HUMAT uygulamalarından elde edilirken; en düşük toplam Mn içeriği KONTROL, Fe-SİTRAT ve Fe-HBED uygulamalarından elde edilmiştir.

Yaprakların toplam mangan içeriklerinin referans değerlerinden (40-100 mg kg⁻¹) yüksek olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.20).



Şekil 4.10 Demir Uygulamalarının Bitkinin Toplam Mangan İçeriğine Etkisi

Alkalin toprakta ise bitkinin toplam mangan içeriği 50.45 ile 58.73 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. En yüksek Mn içeriği Fe-SİTRAT, FeSO₄ ve Fe-EDDHA uygulamalarından elde edilirken; en düşük toplam mangan içeriği Fe-EDTA, Fe-HBED ve KONTROL uygulamalarında saptanmıştır. Bu toprakta yetiştirilen bitkinin toplam mangan içeriklerinin verilen referans değerleri (40-100 mg kg⁻¹) içerisinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20 Demir Uygulamalarının Bitkinin Mangan İçeriğine Etkisi

Demir kaynağı	Asit	Alkalin	Kireçli	Ortalama
KONTROL	185.50 d	52.90 e	30.98 e	89.8 E
FeSO ₄	278.90 ab	58.53 e	33.53 e	123.7 ABC
Fe-SİTRAT	192.30 d	58.73 e	31.23 e	94.1 E
Fe-HUMAT	292.90 a	53.88 e	35.18 e	127.3 AB
Fe-NANO	244.10 c	54.45 e	32.78 e	110.5 CD
Fe-EDTA	303.90 a	50.45 e	31.58 e	128.7 AB
Fe-EDDHA	302.70 a	56.63 e	32.83 e	130.8 A
Fe-DTPA	259.30 bc	53.80 e	32.23 e	115.1 BCD
Fe-HBED	240.10 c	51.75 e	32.38 e	108.1 D
Ortalama	255.6 A	54.6 B	32.6 C	

Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki bakımdan önemsizdir.

Kireçli toprakta ise bakla bitkisi yapraklarının en yüksek toplam mangan içerikleri Fe-HUMAT, FeSO₄ ve Fe-EDDHA uygulamalarından elde edilirken; en düşük Mn içeriği KONTROL, Fe-SİTRAT ve Fe-EDTA gübre uygulamalarında belirlenmiştir. Bu toprakta bakla bitkisinin toplam mangan içeriği 30.98 ile 35.18 mg kg⁻¹ değerleri arasında değişmektedir. Kireçli toprakta yetiştirilen bakla bitkisi yapraklarının toplam mangan içeriklerinin verilen referans değerlerinden (40-100 mg kg⁻¹) düşük olduğu ve Mn bakımından eksiklik görüldüğü saptanmıştır (Çizelge 4.20).

Denemede kullanılan asit toprağın ekstrakte edilebilir Mn içeriği ve Mn'nin yarayırlılığının fazla olması sebebiyle bitkilerin Mn içerikleri asit toprakta belirgin bir şekilde yüksek belirlenmiştir.

Ylivainio (2009) Fe noksanlığında marul bitkisinin kuvars kumunda kireçli toprağa göre Mn içeriğinin arttığını, Fe-EDTA'nın ise kuvars kumunda Mn içeriğini azalttığını tespit etmiştir.

4.11 Farklı Demir Kaynaklarının Bakla Bitkisinin Yapraklarının Bakır İçeriği Üzerine Etkisi

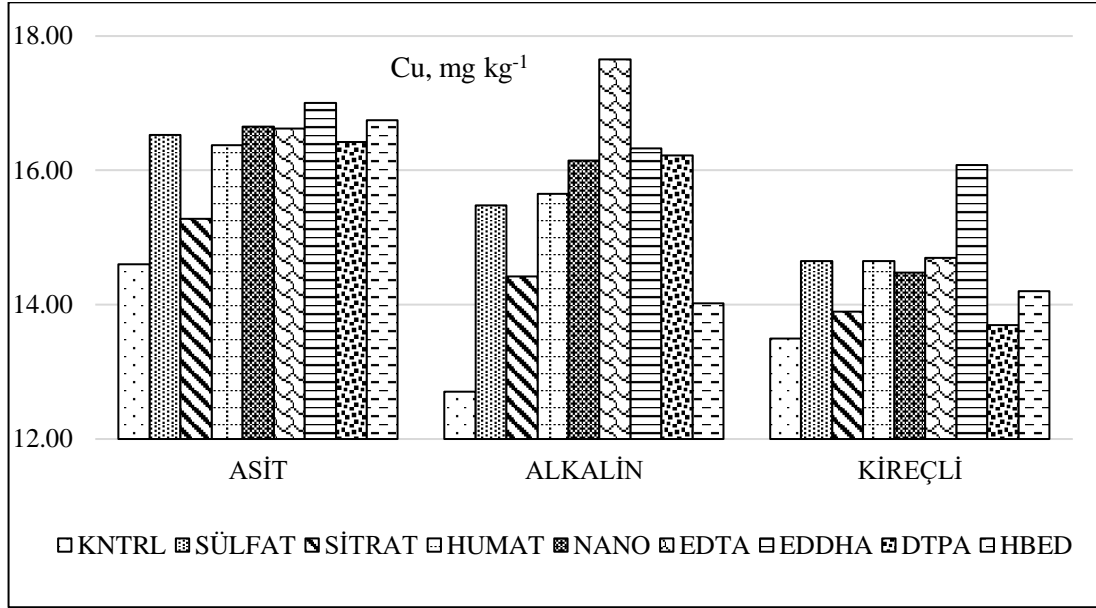
Farklı demirli gübre çeşitlerinin bakla bitkisinin toplam bakır içeriğinde oluşturduğu farklılığın önemlilik derecesi varyans analiziyle, ortalamalar arasındaki farkların önemlilik derecesi Tukey testiyle belirlenmiştir (Çizelge 4.21, Çizelge 4.22). Yaprakların toplam bakır içeriği üzerine demir ve toprak çeşidi %1 düzeyinde önemli bulunurken, FexTop interaksiyonu önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.21 Yaprakların Bakır İçeriğine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Demir uygulamaları (Fe)	8	75.78	9.472	3.71	0.001
Toprak (Top)	2	59.69	29.845	11.70	0.000
Fe x Top	16	31.73	1.983	0.78	0.706
Hata	81	206.58	2.550		
Toplam	107	373.78			

Asit, alkalın reaksiyonlu ve kireçli olmak üzere üç farklı toprak çeşidinde gerçekleştirilen denemede, demir uygulamaları bakla bitkisinin toplam bakır içeriğini pozitif şekilde etkilemiştir. Bakla bitkisi yapraklarında en yüksek toplam bakır içeriği alkalın toprakta Fe-EDTA(17.65 mg kg⁻¹) ve asit toprakta Fe-EDDHA(17.00 mg kg⁻¹) uygulamalarından elde edilmiştir. Kontrolten bağımsız

olarak en düşük toplam bakır içeriği ise kireçli toprakta Fe-DTPA (13.70 mg kg^{-1}) uygulamasında kaydedilmiştir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11 Demir Uygulamalarının Bitkinin Bakır İçeriğine Etkisi

Bakla bitkisi yapraklarının toplam bakır içeriği asit toprakta $14.60\text{--}17.00 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişmekte olup; en yüksek bakır içeriği Fe-EDDHA, Fe-HBED ve Fe-NANO gübre uygulamalarından elde edilirken; asit toprakta en düşük toplam bakır içeriği KONTROL, Fe-SİTRAT ve Fe-HUMAT belirlenmiştir. Bitkinin toplam bakır içeriklerinin verilen referans değerlerinin ($7\text{--}15 \text{ mg kg}^{-1}$) içinde ve üzerinde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.21).

Alkalin toprakta ise en yüksek bakır içeriği Fe-EDTA, Fe-EDDHA ve Fe-DTPA gübre uygulamalarında elde edilirken; alkalin topraklarda en düşük bakır içeriği KONTROL, Fe-HBED ve Fe-SİTRAT uygulamalarında saptanmıştır. Yaprakların toplam bakır içeriklerinin verilen referans değerlerinin ($7\text{--}15 \text{ mg kg}^{-1}$) içinde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.22).

Kireçli toprakta ise en yüksek toplam Cu içeriği Fe-EDDHA, Fe-HBED, Fe-DTPA uygulamalarında saptanmış olup; en düşük KONTROL, FeSO₄ ve Fe-SİTRAT uygulamalarından elde edilmiştir. Yaprakların toplam bakır içerikleri verilen referans değerleri ($7\text{--}15 \text{ mg kg}^{-1}$) içerisinde yer almaktadır (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.22 Demir Uygulamalarının Bitkinin Bakır İçeriğine Etkisi

Demir kaynağı	Asit	Alkalin	Kireçli	Ortalama
KONTROL	14.60	12.70	13.50	13.7 B
FeSO ₄	16.53	15.48	14.65	15.6 AB
Fe-SİTRAT	15.28	14.43	13.90	14.6 AB
Fe-HUMAT	16.38	15.65	14.65	15.6 AB
Fe-NANO	16.65	16.15	14.48	15.8 A
Fe-EDTA	16.63	17.65	14.70	16.3 A
Fe-EDDHA	17.00	16.33	16.08	16.5 A
Fe-DTPA	16.43	16.23	13.70	15.5 AB
Fe-HBED	16.75	14.03	14.20	14.9 AB
Ortalama	16.3 A	15.5 A	14.5 B	

Not: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki bakımdan önemsizdir.

Ylivainio (2009) Fe-EDDHA uygulamasından sonra rizosferdeki indirgenme koşullarında Cu-EDDHA oluşumu sebebiyle kuvars kumunda yetiştirilen marul bitkisinin Cu içeriğinin arttırdığını tespit etmiştir.

Lucena (2003) ticari üretilen şelatlerden EDTA, HEDTA, DTPA'nın Zn, Mn ve Cu için kullanılabilir olduğunu, toprağa uygulanan Fe için uygun olmadığını EDDHA ve bileşenlerinin ise yaygın bir şekilde kullanılmakta olduğunu bildirmişlerdir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, asit, alkalın reaksiyonlu ve kireçli olmak üzere üç ayrı toprak tipinde uygulanan farklı demir kaynaklarının bakla bitkisinde toplam kuru ağırlığı ve yaprak kuru ağırlığı, toplam Fe, aktif Fe, toplam N, toplam P, toplam K, toplam Ca, toplam Zn ve toplam Cu içerikleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

Bakla bitkisinin asit toprakta toplam kuru ağırlığı en yüksek Fe-DTPA, Fe SİTRAT ve Fe-EDTA gübre uygulamalarından elde edilirken; alkalın toprakta Fe-EDDHA, FeSO₄ uygulamalarından elde edilmiştir. Kireçli toprakta ise en yüksek toplam kuru ağırlık Fe-EDDHA ve Fe-HUMAT uygulamalarından elde edilmiştir. Kireçli toprağa yapılan demirli gübrelemelerin asit ve alkalın topraklara kıyasla bakla bitkisinin toplam kuru ağırlığına etkisi daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Bakla bitkisi yapraklarının kuru ağırlığı asit toprakta en yüksek Fe-DTPA, Fe-EDTA ve Fe-SİTRAT, alkalın toprakta Fe-EDDHA ve FeSO₄, kireçli toprakta ise Fe-EDDHA, Fe-HUMAT ve FeSO₄ uygulamalarından elde edilmiştir.

Bakla bitkisi yapraklarının toplam demir içeriği asit toprakta en yüksek Fe-EDTA ve Fe-EDDHA uygulamalarında, alkalın toprakta Fe-EDDHA, Fe-EDTA ve Fe-HBED uygulamalarından elde edilmiştir. Kireçli toprakta ise en yüksek demir içeriği Fe-EDDHA ve Fe-HBED uygulamalarında tespit edilmiştir. Asit, alkalın reaksiyonlu ve kireçli olmak üzere üç toprak tipinde yapılan demirli gübrelemelerde en yüksek ortalama demir içeriği Fe-EDDHA uygulamasında belirlenmiştir. En düşük ortalamaya sahip uygulama ise, kontrol dışında FeSO₄ olarak saptanmıştır.

Bakla bitkisi yapraklarının aktif demir içeriği, asit toprakta Fe-EDTA, Fe-EDDHA ve Fe-DTPA uygulamalarında, alkalın topraklarda Fe-EDDHA, Fe-EDTA ve Fe-DTPA uygulamalarından elde edilmiştir. Kireçli toprakta ise gübre uygulamalarına bağlı olarak bitkilerin aktif demir içerikleri en yüksek Fe-EDDHA, Fe-DTPA ve Fe-HBED uygulamalarında gerçekleşmiştir. Her üç toprak tipinde de bitki yapraklarının aktif demir içeriği en yüksek Fe-EDDHA uygulamasında olduğu tespit edilmiştir.

Bakla bitkisi yapraklarının azot içeriği asit toprakta Fe-EDTA ve Fe-DTPA uygulamalarında, alkalın toprakta Fe-NANO, Fe-HUMAT ve Fe-DTPA uygulamalarında elde edilmiştir. Kireçli toprakta ise demirli gübrelemelere bağlı

olarak bitkilerin azot içerikleri en yüksek Fe-EDDHA ve Fe-DTPA uygulamalarında gerçekleşmiştir. Asit, alkalın reaksiyonlu ve kireçli olmak üzere üç toprak tipinde yapılan demirli gübrelemelerde en yüksek ortalama azot içeriği Fe-DTPA, Fe-EDDHA ve Fe-HUMAT uygulamalarında tespit edilmiştir.

Bakla bitkisi yapraklarının toplam içeriği asit toprakta en yüksek KONTROL ve Fe-HBED uygulamalarında, alkalın toprakta FeSO₄ ve Fe-HUMAT uygulamalarında tespit edilmiştir. Kireçli toprakta ise en yüksek Fe-DTPA ve KONTROL uygulamalarında saptanmıştır. Yapılan tüm uygulamalarda yaprakların P içeriklerinin kontrol uygulamasının altında kaldığı saptanmıştır.

Bütün uygulamalarda yaprakların K içeriği kontrolden düşük bulunmuştur. Kontrol dışında bakla bitkisi yapraklarının potasyum içeriği asit ve alkalın topraklarda referans değerlerinin altında kaldığı; kireçli toprakta ise referans değerlerini sağladığı belirlenmiştir. Asit ve alkalın topraklarda K içeriği en yüksek KONTROL uygulamasında tespit edilmiştir. Kireçli toprakta ise potasyum içeriği Fe-HUMAT uygulamasında tespit edilmiştir.

Asit toprakta en yüksek Ca içeriği Fe-HUMAT ve Fe-NANO uygulamalarında, alkalın toprakta Fe-SİTRAT ve FeSO₄ uygulamalarında tespit edilmiştir. Kireçli toprakta ise en yüksek değer, FeSO₄ uygulamasında kaydedilmiştir. Üç toprak tipinde yapılan demirli gübrelemelerde bitkide en yüksek ortalama kalsiyum içeriği FeSO₄ ve Fe-SİTRAT uygulamalarında belirlenmiştir. En düşük ortalamaya sahip uygulama ise Fe-HBED olarak saptanmıştır.

Bakla bitkisi yapraklarının çinko içeriği asit, alkalın reaksiyonlu ve kireçli topraklarda referans değerlerin içerisinde yer aldığı belirlenmiştir. Her üç toprak tipinde de çinko içeriği en yüksek Fe-EDTA uygulamasında tespit edilmiştir. Uygulamalar arasındaki ortalamalara bakıldığında; çinko içeriği en yüksek ortalama asit toprakta belirlenmiş olup; en düşük ortalamaya sahip uygulama ise kireçli toprakta saptanmıştır.

Bakla bitkisi yapraklarının mangan içeriği asit toprakta referans değerinin üzerinde, alkalın toprakta referans değerini sağladığı ve kireçli toprakta ise referans değerlerinin altında kaldığı saptanmıştır. Bitki yapraklarının mangan içeriği asit toprakta en yüksek Fe-EDTA ve Fe-EDDHA uygulamalarından, alkalın toprakta ise

toplam mangan içeriği en yüksek Fe-SİTRAT ve FeSO₄ uygulamalarından elde edilmiştir. Kireçli toprakta ise mangan içeriği en yüksek Fe-HUMAT ve FeSO₄ uygulamalarında tespit edilmiştir.

Bakla bitkisi yapraklarının en yüksek bakır içeriği asit toprakta Fe-EDDHA ve Fe-HBED uygulamalarında, alkalın toprakta Fe-EDTA ve Fe-EDDHA uygulamalarında elde edilmiştir. Kireçli toprakta ise demirli gübrelemelere bağlı olarak bitkilerin bakır içerikleri en yüksek Fe-EDDHA ve Fe-HBED uygulamalarında gerçekleşmiştir. Asit, alkalın reaksiyonlu ve kireçli olmak üzere üç toprak tipinde yapılan demirli gübrelemelerde en yüksek ortalama bakır içeriği Fe-EDDHA uygulamasında tespit edilmiştir. En düşük ortalama sahip uygulama ise kontrol dışında Fe-SİTRAT olarak saptanmıştır. Her üç toprak tipinde de yaprakların toplam bakır içerikleri referans değerlerinin üzerinde yer almıştır.

Gerçekleştirilen bu araştırmada seçilen gübre uygulamalarının bakla bitkisindeki klorozun giderilmesine katkı sağladığı ve yürütölen denemede bitkinin demir beslenmesi bakımından en iyi kaynakların Fe-EDTA ve Fe-EDDHA olduğu ifade edilebilir.

Sonuç olarak; kuru ağırlık bakımından asit toprakta EDTA ve DTPA etkili, alkalın reaksiyonlu ve kireçli toprakta EDDHA, HUMAT ve FeSO₄ etkili olmuştur. Asit toprakta EDTA şelatı bitkinin toplam ve aktif Fe ile Zn, Mn ve N içerikleri üzerine etkili olmuştur. Alkalın toprakta EDDHA ve EDTA etkili, kireçli toprakta EDDHA daha etkili bulunmuş olup, bunu HUMAT takip etmiştir. Yapılan çalışmada bakla bitkisinde demir klorozuna karşı asit reaksiyonlu toprakta Fe-EDTA ve Fe-DTPA uygulamaları, alkalın reaksiyonlu toprakta Fe-EDDHA ve Fe-EDTA uygulamaları, kireçli toprakta ise Fe-EDDHA, Fe-HBED ve Fe-HUMAT uygulamaları önerilebilir. Günümüz koşullarında denemede kullanılan Fe kaynakları içerisinde gübrelerin bileşimi ile fiyatları ve aynı zamanda toprak özelliklerine göre yararışlılığı dikkate alınarak zorunluluk yoksa önerilen gübreler içerisinde Fe-HBED hariç kullanımı tercih edilebilir.

6. KAYNAKLAR

- Abdel-Salam, MA. (2018). Implications of applying nano-hydroxyapatite and nano-iron oxide on faba bean (*Vicia faba* L.) productivity. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 9(11), 543–548.
- Abd El-Razek, UA., Dorgham, EA. & Morsy, SM. (2013). Effect of certain micronutrients on some agronomic characters, chemical constituents and *Alternaria* leaf spot disease of Faba Bean. *Asian Journal of Crop Science*, 5(4), 426-435, doi: 10.3923/ajcs.2013.426.435.
- Akçin, A. (1988). Yemelik Dane Baklagiller. Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No: 8, 377s.
- Akdağ, C. (2001). Yemelik Dane Baklagiller. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No: 10, Ders Notları No: 4.
- Aktaş, M. (1994). Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği (2. baskı). Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1361, Ankara.
- Alva, AK. & Sumner, ME. (1990). Amelioration of acid soil infertility by phosphogypsum. *Plant and Soil*, 128, 127-134.
- AL-Bayati, HJM., Al-Deen Al-Leela, WB., Rejab, FF. & Hasan, SY. (2019). Effect of chemical and organic fertilizer on three varieties of broad bean. *Mesopotamia Journal of Agriculture*, 47(2), 73-82.
- Anonim, (2022a). Bakla Yetiştiriciliği. [http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Yemelik%20Dane%20Baklagiller%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi%20\(Bakla%20Ve%20Bezelye\).pdf](http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Yemelik%20Dane%20Baklagiller%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi%20(Bakla%20Ve%20Bezelye).pdf)-Erişim tarihi: 11.02.2022.
- Anonim, (2022b). Yemelik Dane Baklagiller Yetiştiriciliği. [http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Yemelik%20Dane%20Baklagiller%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi%20\(Bakla%20Ve%20Bezelye\).pdf](http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Yemelik%20Dane%20Baklagiller%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi%20(Bakla%20Ve%20Bezelye).pdf)-Erişim tarihi: 13.02.2022.
- Anonim, (2022c). Bakla Yetiştiriciliği. [http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Yemelik%20Dane%20Baklagiller%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi%20\(Bakla%20Ve%20Bezelye\).pdf](http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Yemelik%20Dane%20Baklagiller%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi%20(Bakla%20Ve%20Bezelye).pdf)-Erişim tarihi: 13.02.2022.
- Anonim, (2022d). Ürün Kataloğu. <https://dogatech.com.tr/urun/mikro-element-grubu-20.html>-Erişim tarihi: 15.02.2022.
- Anonim, (2022e). Ürün Kataloğu. <https://dogatech.com.tr/urun/mikro-element-grubu-19.html>-Erişim tarihi: 15.02.2022.
- Anonim, (2022f). Ürün Kataloğu. <http://www.yapraktarim.com.tr/tr/mikroelement-serisi/librel-fe-dp.html>-Erişim tarihi: 15.02.2022.
- Anonim, (2022g). Ürün Kataloğu. <https://www.drt.com.tr/BitkiBesleme.aspx?g%C3%BCbre=BolikelXP>-Erişim tarihi: 15.02.2022.
- Anonim, (2022h). Ürün Kataloğu. <https://oligro.com.tr/ferra-15-gubre/>-Erişim tarihi: 15.02.2022.
- Asri, Ö. & Sönmez, S. (2010). Farklı düzeylerdeki potasyum ve demir uygulamalarının perlit ortamında yetiştirilen domates bitkisinin demir ve

- klorofil içeriği üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5, 183-189.
- Başar, H. & Taban, E. (2001). Değişik demir bileşiklerinin ve uygulama yöntemlerinin soya fasulyesinin demir içeriği ve gelişimi üzerine etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(4), 57-61.
- Başar, H. (2002). Yapraktan uygulanan değişik demir bileşiklerinin soya fasulyesinin beslenmesine etkisi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16, 15-27.
- Bergmann, W. (1992). Nutritional disorders of plants: development, Visual and Analytical Diagnosis. New York, pp. 223-247.
- Borowski, E. & Michalek, S. (2011). The effect of foliar fertilization of french bean with iron salts and urea on some physiological processes in plants relative to iron uptake and translocation in leaves. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 10(2), 183-193.
- Bouyoucos, GD. (1951). A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soil. *Agronomy Journal*, 43, 434-438.
- Bray, RH. & Kurtz, LT. (1945). Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science*, 59, 39-45.
- Brear, EM., David, AD. & Smith, PMC. (2013). Iron: an essential micronutrient for the legume-rhizobium symbiosis. *Frontiers in Plant Science*, doi: 10.3389/fpls.2013.00359
- Brear, EM., Bedon, F., Gavrin, A., Kryvoruchko, IS., Torres-Jerez, I., Udvardi, MK., Day, DA. & Smith PMC. (2020). GmVTL1a is an iron transporter on the symbiosome membrane of soybean with an important role in nitrogen fixation. *New Phytologist Journal*, 228, 667-681, doi: 10.1111/nph.16734
- Bremner, JM. (1965). Methods of Soil Analysis (Part II). Chemical and microbiological properties. In ed.C.A. Black. *American Society of Agronomy*. Inc. Publisher Agronomy Series. No:9, Madison, USA.
- Buerkert, A., Cassman, KG., De La Piedra, R. & Munns, DN. (1990). Soil acidity and liming effects on stand, nodulation and yield of common bean. *Agron Journal*, 82, 749-754.
- Cantera, RG., Zamarreno, AM. & Garcia-Mina, JM. (2002). Characterization of commercial iron chelates and their behavior in an alkaline and calcareous soil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 7609-7615.
- Chatterjee, A., Lovas, S., Rasmussen, H. & Goos, RJ. (2017). Foliar application of iron fertilizers to control iron deficiency chlorosis of Soybean. *Crop, Forage Turfgrass Management*, 1-7, doi: 10.2134/cftm2017.05.0037.
- Civelek, T. (2006). Yapraktan demir uygulamasının bazı soya çeşitlerinde verim ve verim unsurları ile kalite özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Samsun.
- Çağlar, KÖ. (1949). Toprak Bilgisi. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No: 10, Ankara.

- Çelım, S. (2018). Farklı demir formlarının kadmiyum bulaştırılmış yetiştirme ortamında fasulye (*Phaseolus vulgaris* L. var. nana) bitkisinin gelişimine, besin elementi ve kadmiyum alımına etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Van.
- Darwesh, DA. (2011). Effect of soil and foliar application of iron chelate on nutrient balance in lentil (*Lens esculenta* L.) by using modified dris equation. *Mesopotamia Journal of Agriculture*, 39(3), 39-49.
- Dey, S., Regon, P., Kar, S. & Panda, SK. (2020). Chelators of iron and their role in plant's iron management. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 26(8), 1541-1549, doi: <https://doi.org/10.1007/s12298-020-00841-y>
- Ece, A., Düzdemir, O., Akdağ, C. & Uysal, F. (2004). Isıtmasız cam serada kış döneminde taze bakla (*Vicia faba* L.) yetiştirme olanaklarının araştırılması. *Bahçe Dergisi*, 33(1-2), 59-65.
- El-Gizawy, N. & Mehasen, SAS. (2009). Response of faba bean to bio, mineral phosphorus fertilizers and foliar application with zinc. *World Applied Sciences Journal*, 6(10), 1359-1365.
- Eser, D. (1981). Yemeklik Baklagiller. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No: 50, 98s.
- Etamadi, F., Barker, AV., Hashemi, M., Zandvakili, OR. & Park, Y. (2018). Nutrient accumulation in faba bean varieties. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49, 2064-2073, doi: 10.1080/00103624.2018.1495729.
- Fadhil, AH. & Jader, JJ. (2020). The effect of foliar spraying with boron and chelating iron on growth and yield of broad bean (*Vicia faba* L.) *Plant Archives*, 20(1), 425-430.
- Fernandez, AA., Marco, SG. & Lucena, JJ. (2005). Evaluation of synthetic iron(III) chelates (EDDHA/Fe⁺³, EDDHMA/Fe⁺³ and the novel EDDHSA/Fe⁺³) to correct iron chlorosis. *European Journal Agronomy*, 22 , 119–130.
- Fernandez, V. & Ebert, G. (2005). Foliar iron fertilization: a critical review. *Journal of Plant Nutrition*, 28(12), 2113-2124.
- Flores, APE. (2020). Pyritic Lignite as a source of iron for Soybean as influenced by variety and soil pH. Master Thesis, Mississippi State University, Department of Plant and Soil Science, USA.
- Gönül, İ., Delikanlı, A. & Serin, S. (2019) Yüksek pH dayanımlı yeni tip demir şelat formülünün hazırlanması ve yerfıstığı üzerine etkilerinin incelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34(3), 261-270.
- Grewelling, T. & Peech, M. (1960). Chemical soil sest. Cornell University, Agriculture Experiment Station Bulletin, USA.
- Güneş, A., İnal, A. & Söylemezoğlu, G. (2013). Bitkilerde Nano-Fe'in demir beslenmesi üzerine etkisi. Ankara Üniversitesi, Ankara.

- Güneş, A., Alpaslan, M. & İnal, A. (2000). Bitki Besleme ve Gübreleme. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1514, Ders Kitabı: 467, Ankara, 576s.
- Güzel, N., Gülüt, KY. & Büyük, G. (2004). Toprak Verimliliği ve Gübreler. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No: 246, Ders Kitapları Yayın No: A-80, Adana, 654s.
- Harsini, MG., Habibi, H. & Talaei, GH. (2014). Study the effects of iron nano chelated fertilizers foliar application on yield and yield components of new line of wheat cold region of Kermanshah provence. *Journal of Agricultural Advances*, 3(4), 95-102.
- Hergert, GW., Nielsen, RA., Schild, JA., Hawley, RL. & Darapuneni, MK. (2018) Row-applied iron chelate for correcting iron deficiency chlorosis in Dry Bean. *Agronomy Journal*, 111(1), 362-367.
- Horuz, A., Korkmaz, A., Akınoğlu, G. & Boz, E. (2016). Bitkilerde demir klorozunun nedenleri ve giderilme yöntemleri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 4(1), 32-42.
- Hussein, RM. (2019). Effects of iron application to soil on growth and yield of broad bean plant in Erbil city of North Iraq. Fırat University, Department of Basic Aquatic Sciences, Faculty of Fisheries, Elazig, doi: 10.18551/rjoas.2019-11.27.
- Jackson, ML. (1962). Soil chemical analysis. Prentice-Hall. Inc. Englewood Cliff, USA.
- Jones, Jr.JB., Wolf, B. & Mills, HA. (1991). Plant Analysis Handbook. Micro-Macro Publishing, Inc.213, USA.
- Kacar, B. & Katkat, AV. (2007). Bitki Besleme. Nobel yayınları, Ankara, 425 s.
- Kacar, B. & Katkat, AV. (2007). Gübreler ve Gübreleme Tekniği. Nobel Yayın No: 1119, 559s.
- Kacar, B. & İnal, A. (2008). Bitki Analizleri. Nobel Yayın No: 1241, Ankara, 892s.
- Kacar, B. (2009). Toprak Analizleri. Nobel Yayın No: 1387, Fen Bilimleri: 90, Ankara, 467s.
- Karaman, R., Brohi, R., İnal, A. & Taban, S. (1997). Kelkit çayından siltasyon ile tarıma yeni kazandırılan topraklarda demir-çinko gübrelemesinin fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) bitkisinin büyüme ve mineral besin elementi konsantrasyonuna etkisi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23, 341-348.
- Karimi, Z., Pourakbar, L. & Feizi, H. (2014). Comparison effect of nano-iron chelate and iron chelate on growth parameters and antioxidant enzymes activity of Mung Bean (*Vigna radiate* L.). *AENSI Journals*, 8(13), 916-930.
- Khalil, NA., Al-Murshidy, WA. & El-Tokhy, F. (2012). Studies on fertilizer requirements of faba bean. *Journal Plant Production*, 3(6), 1027-1038.

- Kitson, LE. & Mellon, MG. (1944). Colorimetric determination of phosphorus as molibdovanado phosphoric acid. *Industrial and Engineering Chemistry Analytical Edition*, 16, 379-383.
- Korkmaz, A., Şendemirci, H. & Horuz, A. (2010). Toprakları DTPA ile ekstrakte edilebilir demir miktarına bağlı olarak fasülye bitkisini (*Phaseolus Vulgaris* L. Var. anus) demirli gübrelemeye cevabı. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(3), 175-184.
- Kowalenko, CG. (1984). Derivation of nutrient requirements of filberts using orchard surveys. *Canadian Journal of Soil Science*, 64, 115-123.
- Kür, AB., Beycioğlu, T. & Kılı, F. (2019). Farklı gelişme dönemlerinde ve dozlarda yapraktan demir şelat (EDDHA-Fe) uygulamasına yerfistiğinin (*Arachis hypogaea* L.) tepkisi. *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 1(5), 13-16.
- Lindsay, WL. & Norwell, WA. (1978). Development of a DTPA Soil Test for Zn, Fe, Mn and Cu. *Soil Science Society of American Journal*, 42, 421-428.
- Lopez-Rayó, S., Nadal, P. & Lucena, JJ. (2015). Reactivity and effectiveness of traditional and novel ligands for multi-micronutrient fertilization in a calcareous soil. *Frontiers in Plant Science*, 6, 752, doi: 10.3389/fpls.2015.00752.
- Lucas, SA. (2015). Development of new formulations of EDDHA/Fe⁺³ chelates and methodologies for their analysis based on NMR. Doctoral Thesis, Universitat d'Alacant, Department d'Agroquímica Bioquímica, Spain.
- Lucena, JJ. (2003). Fe chelates for remediation of Fe chlorosis in strategy I plants. *Journal of Plant Nutrition*, 26(10-11), 1969-1984.
- Lucena, PR., Apaolaza, LH. & Lucena, JJ. (2010). Comparison of iron chelates and complexes supplied as foliar sprays and in nutrient solution to correct iron chlorosis of soybean. *Journal of Plant Nutrition*, 173, 120-126, doi: 10.1002/jpln.200800256.
- Nadi, E., Aynehband, A. & Mojaddam, M. (2013). Effect of nano-iron chelate fertilizer on grain yield, protein percent and chlorophyll content of faba bean (*Vicia faba* L.). *International Journal of Biosciences*, 3(9), 267-272.
- Marciniak, EK., Maczka, MH., Marecka, K., Hoffmann, J. & Hoffmann, K. (2021). Chemical stability of the fertilizer chelates Fe-EDDHA and Fe-EDDHA over time. *Molecules*, doi: <https://doi.org/10.3390/>.
- Mengel, K., Scherer, HW. & Malissiovas, N. (1979). Chlorosis from the aspects of soil chemistry and vine nutrition. *Mitteilungen Klosterneuburg*, 29, 151-156.
- Olsen, SR., Cole, CV., Watanabe, FS. & Dean, HC. (1954). Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. US. Dept. Of Agr. Cir. 939. Washington. D. C.
- Özdemir, S. (2002). *Yemelik Baklagiller*. Hasat Yayıncılık, İstanbul, 223s.

- Özhan, YB., Mordoğan, NS. & Bayız, O. (2018). Demirli gübrelerin maydanoz bitkisinin demir içeriği üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 55 (4), 463-470, doi: 10.20289/zfdergi.416883.
- Pratt, PF. (1965). Methods of soil analysis. Part II. Chemical and microbiological properties. In ed.C.A. Black. American Soc. of Agr.Inc.Pub. Agron Series, No;9. Madison, Wisconsin, USA.
- Pijnenborg, JMW. & Lie, TA. (1990). Effect of lime pelleting on the nodulation of Lucerne (*Medicago sativa* L.) in acid soil: a comparative study carried out in the field, in pots and in rhizotrons. *Plant Soil*, 121, 225-234.
- Rasmussen, HR. (2015). Foliar application of iron chelated fertilizer and surfactants for management of iron deficiency chlorosis in soybeans. Master Thesis, North Dakota State University, Agriculture and Applied Science, USA.
- Römheld, V. & Marschner, H. (1986). Mobilization of iron in the rhizosphere of different plant species. In. *Advances in Plant Nutrition*, 2, 155-204.
- Sadıqpoor, MF. (2021). Soyada (*Glycine max.* (L.) Merr.) demir şelat (FeEDDHA) uygulama yöntemlerinin verim ve bazı tarımsal özellikler üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Anabilim Dalı, Niğde.
- Sahrawat, KL. (2015). Soil and plant testing for iron: an Appraisal. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, doi: 10.1080/00103624.2015.1122805.
- Santos, CS., Roriz, M., Carvalho, SMP. & Vasconcelos, MW. (2016). Iron partitioning at an early growth stage impacts iron deficiency responses in soybean plants (*Glycine max* L.). 6, 325, doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00325>.
- Saxena, MC. (1982). In Faba Bean improvement. Martinus Nijhoff, Netherlands, 145-189s.
- Schenkeveld, WDC., Dijcker, R., Reichwein, AM., Temminghoff, EJM. & Riemsdijk WH. (2008). The effectiveness of soil-applied FeEDDHA treatments in preventing iron chlorosis in soybean as a function of the o,o-FeEDDHA content. *Plant and Soil*, 303(1), 161-176.
- Schenkeveld, WDC., Reichwein, AM., Temminghoff, EJM. & Riemsdijk, WHV. (2014). Considerations on the shuttle mechanism of Fe-EDDHA chelates at the soil-root interface in case of Fe deficiency. *Plant and Soil*, 379(1-2), 373-387, doi: 10.1007/s1104-014-2057-1.
- Sepetoğlu, H. (1994). Yemeklik Tane Baklagiller. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No: 24, İzmir.
- Slatni, T., Krouma, A., Gouia, H. & Abdelly, C. (2009). Importance of ferric chelate reductase activity and acidification capacity in root nodules of N₂-fixing common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) subjected to iron deficiency. *Symbiosis*, 47, 35-42.
- Şahin, CB. & İşler, N. (2020). Foliar applied zinc and iron effects on yield and yield components of Soybean: determination by PCA analysis. *Communications in*

Soil Science and Plant Analysis, 212-221, doi: <https://doi.org/10.1080/00103624.2020.1854297>

- Şakar, D., Yağmur, B. & Karacıl, B. (2016). Mercimek (*Lens culinaris* Medik.)'te topraktan ve yapraktan Fe ve Zn mikro element uygulamasının verim ve tanede mikro besin elementi içeriğine etkisi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25, 220-224.
- Şehirli, S. (1988). Yemelik Dane Baklagiller, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1089, Ders Kitabı: 314s.
- Şendemirci, HS., Korkmaz, A. & Akınoğlu, G. (2016). Fasulye bitkisinin (*Phaseolus vulgaris* L. var. nanus) demirli gübrelemeye responsu ile toprakların kloroz indis değerleri ve bazı özellikleri arasındaki ilişkiler. *Toprak Su Dergisi*, 5 (1), 37-46.
- Şimşek, O. (2019). Artan miktarlarda uygulanan demir dozlarının ıspanak bitkisinin gelişimi ve kimi besin elementi içeriğine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Bursa.
- Taha, AA., Omar, MM. & Khedr, HR. (2016). Effect of different sources and levels of potassium on growth, yield and chemical composition of faba bean plants. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 7(3), 243-248.
- Takkar, PN. & Kaur, NP. (1984). HCl method Fe⁺² estimation to resolve iron chlorosis in plants. *Journal of Plant Nutrition*, 7(1-5), 81-90
- Tang, C., Robson, AD. & Dilworth, MJ. (1990). A split-root experiment shows that iron is required for nodule initiation in *Lupinus angustifolius* L. *New Phytologist Journal*, 115, 61-67.
- Tang, C., Robson, AD. & Dilworth, MJ. (1991). Which stage of nodule initiation in *Lupinus angustifolius* L. is sensitive to iron deficiency. *New Phytologist Journal*, 117, 243-250.
- Tavallali, V. (2018). Effects of iron nano-complex and Fe-EDDHA on bioactive compounds and nutrient status of purslane plants. *International Agrophys*, 32, 411-419, doi: 10.1515/intag-2017-0028.
- Tosun, O. & Eser, D. (1975). Buluşlar. Ankara Üniversitesi Yıllığı, 1974, 502-515s.
- Uysal, NF. & Akay, A. (2007). Demir uygulamalarının fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) çeşitlerinde demir içeriği, demir alımı ve klorofil içeriğine etkilerinin belirlenmesi. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21, 41.
- Vaghar, MS., Sayfzadeh, S., Zakerin, HR., Kobraee, S. & Valadabadi, SA. (2020). Foliar application of iron, zinc, and manganese nano-chelates improves physiological indicators and soybean yield under water deficit stress. *Journal of Plant Nutrition*, 43, 18, 2740-2756, doi: 10.1080/01904167.2020.1793180.
- Vural, H., Eşiyok, D. & Duman, İ. (2000). Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme). Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, İzmir, 440s.

- Yalçın, Ö. (2019). Farklı demir kaynaklarının mısır bitkisinin gelişimine ve demir alımına etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı, Konya.
- Yanpar, T., Tangolar, S. & Ada, M. (2021). Ergin çekirdeksiz üzüm çeşidinde farklı demir uygulamalarının verim ve kalite üzerine etkisi. *Çukurova Tarım Gıda Bilimleri Dergisi*, 36(2), 211-218, doi: 10.36846/CJAFS.2021.49
- Yılmaz, FG., Harmankaya, M. & Gezin, S. (2012). Farklı demir bileşikleri ve Tki-Hümas uygulamalarının ıspanak bitkisinin demir alımı ve gelişimine etkileri. *Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Dergisi*, 2012-1.
- Ylivainio, K. (2009). Environmentally benign Fe chelates in plant nutrition. University of Helsinki, Department of Applied Chemistry and Microbiology. Doctoral Dissertation, Finland, 58p.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Sinem UZUN
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	
E-Posta Adresi	
Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	ANKARA ÜNİVERSİTESİ
Fakülte	Ziraat Fakültesi
Bölümü	Tarımsal Yapılar ve Sulama
Mezuniyet Yılı	12.06.2017
Yüksek Lisans	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
Mezuniyet Tarihi	