

## Asit, Alkalin ve Kireçli Toprak Koşullarında Farklı Demir Gübrelemesinin Baklanın Demir ve Bazı Besin Elementi İçerikleri Üzerine Etkisi

Ceyhan Tarakçıoğlu<sup>1</sup> , Sinem Uzun<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ordu

<sup>2</sup>Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme ABD, Ordu

Geliş Tarihi / Received Date: 28.03.2024

Kabul Tarihi / Accepted Date: 14.08.2024

### Öz

Bu çalışmada, bakla bitkisine topraktan farklı demir (Fe) kaynakları (Fe-DTPA, Fe-EDTA, Fe-EDDHA, Fe-HBED, Fe-HUMAT, Fe-NANO Fe-SÜLFAT ve Fe-SİTRAT) uygulanmış, bitkinin aktif ve toplam Fe içerikleri ile bazı besin element içerikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Deneme tesadüf parselleri deneme deseninde dört paralelli olarak yürütülmüş, denemede toprağa 10 mg kg<sup>-1</sup> düzeyinde Fe uygulanmıştır. Bakla bitkisinde en yüksek kuru ağırlık alkalin reaksiyonlu ve kireçli toprakta Fe-EDDHA, asit reaksiyonlu toprakta ise Fe-DTPA uygulamalarından elde edilmiştir. Bitki yapraklarında en yüksek toplam ve aktif Fe, alkalin ve asit reaksiyonlu toprakta Fe-EDDHA ve Fe-EDTA, kireçli toprakta ise Fe-EDDHA ve Fe-DTPA uygulamalarında saptanmıştır. Demir uygulamaları ile birlikte bitkinin fosfor (P) ve potasyum (K) içeriklerinin kontrolden düşük olduğu ve bitkilerin P bakımından yetersiz beslendiği saptanmıştır. Asit toprakta yetiştirilen bitkilerin mangan (Mn) içeriğinin yaklaşık 5-8 kat daha fazla olduğu belirlenmiş olup; Fe-EDTA ve Fe-EDDHA uygulamalarında bitkinin Mn, çinko (Zn) ve bakır (Cu) içeriklerinin genellikle en yüksek olduğu saptanmıştır. Sonuçlara göre, alkalin reaksiyonlu toprakta Fe-EDDHA ve Fe-EDTA, asit reaksiyonlu toprakta Fe-EDTA ve Fe-DTPA, kireçli toprakta ise Fe-EDDHA ve Fe-HBED gübreleri önerilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** toplam Fe, aktif Fe, demir gübreleri, besin elementleri, bakla

## The Effect of Different Iron Fertilization on Iron and Some Nutrient Concentrations of Broad Bean under Acid, Alkaline and Calcareous Soil Conditions

### Abstract

In this study, different iron (Fe) sources (Fe-DTPA, Fe-EDTA, Fe-EDDHA, Fe-HBED, Fe-HUMATE, Fe-NANO, Fe-SULFATE and Fe-CITRATE) were applied to broad bean from soil and their effects on active and total Fe concentrations and some nutrient concentrations of the plant were investigated. The experiment was conducted with 4 replicates according to the completely randomized design and, 10 mg kg<sup>-1</sup> Fe was applied to the soil. The highest dry weight of broad bean were obtained from Fe-EDDHA application in alkaline and calcareous soils, and Fe-DTPA application in acid soil. The highest total and active Fe concentration in the plant leaves was determined in Fe-EDDHA and Fe-EDTA treatments in acid and alkaline soils and and Fe-EDDHA and Fe-DTPA treatments in calcareous soil. The phosphorus (P) and potassium (K) concentrations of the plants were lower than the control with Fe treatments and the plants were found to be insufficient in terms of P. It was determined that manganese (Mn) concentration of plants grown in acid soil was about 5-8 times higher; and Mn, zinc (Zn) and copper (Cu) concentrations of the plant were generally the highest in Fe-EDTA and Fe-EDDHA treatments. According to the results, Fe-EDDHA and Fe-EDTA in alkaline soil, Fe-EDTA and Fe-DTPA in acid soil, Fe-EDDHA and Fe-HBED applications in calcareous soil can be recommended.

**Keywords:** total Fe, active Fe, iron fertilizer, nutrient elements, broad bean

## Giriş

Demir, normal bitki yaşamı aktiviteleri ve klorofil sentezi, fotosentez, solunum gibi metabolik olaylar için mutlak gerekli olan bir mikro besin elementidir. Demir yerkabuğunda oldukça bol miktarda bulunmasına rağmen, bitkilerde Fe noksanlığına bağlı sararmaya çok sık rastlanılır. Alkalin toprak reaksiyonu, yüksek P ve Ca konsantrasyonu demir alımını olumsuz etkilemektedir. Özellikle Fe alımının toprak pH'sından etkilenmesi sebebiyle bitkiler tarafından bir takım Fe alım mekanizmaları geliştirilmiştir. Bitkilerde Fe alımı ve kullanımı bakımından cinsler ve türler ve hatta çeşitleri arasında bile önemli farklılıklar bulunmaktadır. Demir noksanlığından kurtulmak için fazla sayıda kök tüyü ve kılcal kök oluşturarak H<sup>+</sup> iyonu, fenolik bileşikler ve organik asitler salgılayarak rizosfer pH'sını düşürme kabiliyetinde olan bitkiler Strateji-I bitkileri olarak adlandırılırken; kökler tarafından Fe ile şelat oluşturan maddeler salgılayan (fitosiderofor) bitkiler ise Strateji-II bitkileri olarak adlandırılmaktadır (Güneş vd., 2000; Horuz vd., 2016; Ning vd., 2023).

Toprak ve yaprak analiz sonuçları Fe eksikliği konusunda yeterli bilgi vermediği gibi, klorozu önlemede demir içeren gübrelerin topraktan veya yapraktan uygulanması uzun süre etkili ve ekonomik olmayabilir. Bitkilerin Fe alımı üzerine toprak, bitki ve çevresel faktörler önemli etkiler yapmakta ve bu da bitkilerin Fe beslenmesinde karşılaşılan sorunların çok yönlü irdelenmesini zorunlu kılmaktadır. Bu yüzden bitkilerde Fe noksanlığına karşı farklı stratejiler içeren araştırmalar yapılmaktadır. Bu konuda öncelikle dayanıklı çeşitler belirlenerek doku kültürü yöntemiyle ıslah çalışmaları yapılmış (Akınoğlu ve Korkmaz., 2021; Argaw ve Akuma., 2016; Shahsavandi ve Eshghi, 2021; Ueno vd., 2019), çeşitli inorganik ve organik Fe içeren gübre ve atıklar ile farklı Fe-kleytler kullanılmış (A. Korkmaz vd., 2023; Borowski ve Michalek, 2011; Chen vd., 2016; Darwesh vd., 2011; El-Ghamry vd., 2009; Erdal vd., 2014; Fadhil ve Jader, 2020; Hussein, 2019; Lucena vd., 2010; Nadal vd., 2012; Sourı ve Aslani, 2018; Şimşek ve Çelik, 2021), düşük konsantrasyonda inorganik veya organik asitler yapraklara püskürtülmüştür (Crane vd., 2008; Luo ve Xie., 2013; Rajaie ve Tavakoly, 2018; Rombola vd., 2002). Yine kimi araştırmacılar tarafından toprakta yarıyışsız formdaki demiri şelatlayıcı şelatörler, biyolojik gübre ve nano Fe uygulamaları ile bitkilerde Fe klorozunu gidermeye çalışılmışlardır (Abdel-Salam, 2018; Aras vd., 2018; Arıkan vd., 2018; Bastani vd., 2018; H. E. Korkmaz vd., 2023; Karimi vd., 2020; Nadi vd., 2013).

Rhizobium-Baklagil ortak yaşamı için mutlak gerekli olan Fe elementine ihtiyacın yüksek olduğu, N fiksasyonu ile nodülün Fe kapsamı arasında pozitif ilişki olduğu, konukçu bitkide protein ve enzimlerin sentezi için Fe'in gerekli olduğu, kök hücreleri içindeki Fe'in nikotianamid ve sitrat gibi organik asitler tarafından şelatlanarak bitkinin diğer organlarına taşındığı bildirilmiştir (Brear vd., 2013). Bu çalışmada, farklı Fe içerikli gübrelerin üç farklı toprakta yetiştirilen bakla bitkisinin aktif ve toplam Fe ile bazı besin element içerikleri üzerine etkisi araştırılmıştır.

## Materyal ve Yöntem

### Deneme Planı

Deneme alçak plastik tünel serasında, dört tekerrürlü olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre planlanmıştır. Bu çalışmada, Ordu il sınırları içerisinde üç farklı fındık bahçesinden 20 cm derinlikten alınan asit, alkalin ve kireçli toprak kullanılmış, 4 mm'den elenen topraktan her bir saksıya 3 kg konulmuştur. Toprağa kontrol hariç 10 mg kg<sup>-1</sup> Fe dozunda FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O (%17 Fe), Fe-Humat (%15 Fe, %25 SO<sub>3</sub>, OM %30, Humik + Fulvik asit %22, pH= 3-5), Fe-Nano (6 g Fe L<sup>-1</sup>, %99 saflıkta, 100 nm' den küçük), Fe-EDDHA (%6 Fe, o-o %4.8, pH=3-9), Fe-DTPA (%7 Fe, pH=4-9), Fe-HBED (%6 Fe, o-o), Fe-EDTA (%2 Fe ve Zn, %1 Mn, %0.5 Cu ve B, %10 üre azotu, %5 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve K<sub>2</sub>O, %2 MgO, Fe için pH= 4-6), Fe-Sitrat (%2.3 Fe; Gönül vd., 2019) gübrelerinden uygulanmıştır. Temel gübreleme olarak saksılara 125 – 100- 125 mg kg<sup>-1</sup> N-P-K uygulanmış ve gübre kaynağı olarak NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> ve KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> kullanılmıştır. Her bir saksıya 10.12.2020 tarihinde 3 adet Salkım bakla çeşidi (*Vicia faba* L. 'Salkım') tohumu ekilmiş, çimlenmeden sonra tek bitki bırakılmış, saf su ile sulanmış ve bitkiler 12.03.2021 tarihinde hasat edilmiştir.

## Toprak ve Bitki Analiz Yöntemleri

Denemeye ait toprak örneklerinde; hidrometreyle tekstür (Bouyoucos, 1951), Scheibler kalsimetresiyle kireç (Çağlar, 1949), toprak:su karışımında (1:2.5) toprak reaksiyonu (Grewelling ve Peech 1960), Walkley-Black yakma yöntemiyle organik madde (Jackson, 1962), Kjeldahl yöntemiyle toplam azot (N) (Bremner, 1965) analizleri yapılmıştır. Bitkiye yarayışlı P asit reaksiyonlu toprakta Bray ve Kurtz (1945), alkalın reaksiyonlu ve kireçli toprakta Olsen vd. (1954) yöntemleriyle spektrofotometrede, nötr 1N amonyum asetat ile ekstrakte edilebilir K ve Ca, DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe, Mn, Zn ve Cu analizleri Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (AAS) ile Kacar (2016) tarafından aktarılan metotlarla yapılmıştır. Denemede kullanılan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Deneme Toprağının Bazı Özellikleri

Analiz	Asit	Alkalın	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 <sub>3</sub> ), %	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 <sup>-1</sup>	9.58	3.87	5.37
Ekstrakte edilebilir K, cmol(+) <sup>kg</sup> <sup>-1</sup>	0.61	0.59	1.07
Ekstrakte edilebilir Ca, cmol(+) <sup>kg</sup> <sup>-1</sup>	3.45	19.33	23.88
Ekstrakte edilebilir Fe, mg kg <sup>-1</sup>	2.36	1.95	1.56
Ekstrakte edilebilir Mn, mg kg <sup>-1</sup>	3.16	2.52	2.29
Ekstrakte edilebilir Zn, mg kg <sup>-1</sup>	0.63	0.25	0.18
Ekstrakte edilebilir Cu, mg kg <sup>-1</sup>	0.23	0.63	0.74

Bakla bitkisi toprak yüzeyinden hasat edilerek laboratuvara ulaştırılmış, yıkanmış, bitki sap ve yaprağı ayrılarak 65-70°C’de bitki kurutma dolabında kurutulmuştur. Bakla bitkisi yapraklarında toplam N Kjeldahl yöntemiyle (Bremner, 1965), HNO<sub>3</sub> ile kuru yakılmış yaprakta toplam P vanadomolibdofosforik sarı renk yöntemiyle (Kitson ve Mellon, 1944), yaprakta toplam K, Ca, Fe, Mn, Zn, Cu AAS cihazında Kacar ve İnal (2008) tarafından aktarılan metotlarla saptanmıştır. Bitkinin aktif Fe<sup>+2</sup> içeriklerinin belirlenmesinde, 2 g kuru yaprak 1 N HCl asit (15 ml) ile dört saat çalkalandıktan sonra bir gece bekletilmiş, süzölmüş, saf suyla (25 ml) tamamlanmış ve AAS’de ölçülmüştür (Takkar ve Kaur, 1984).

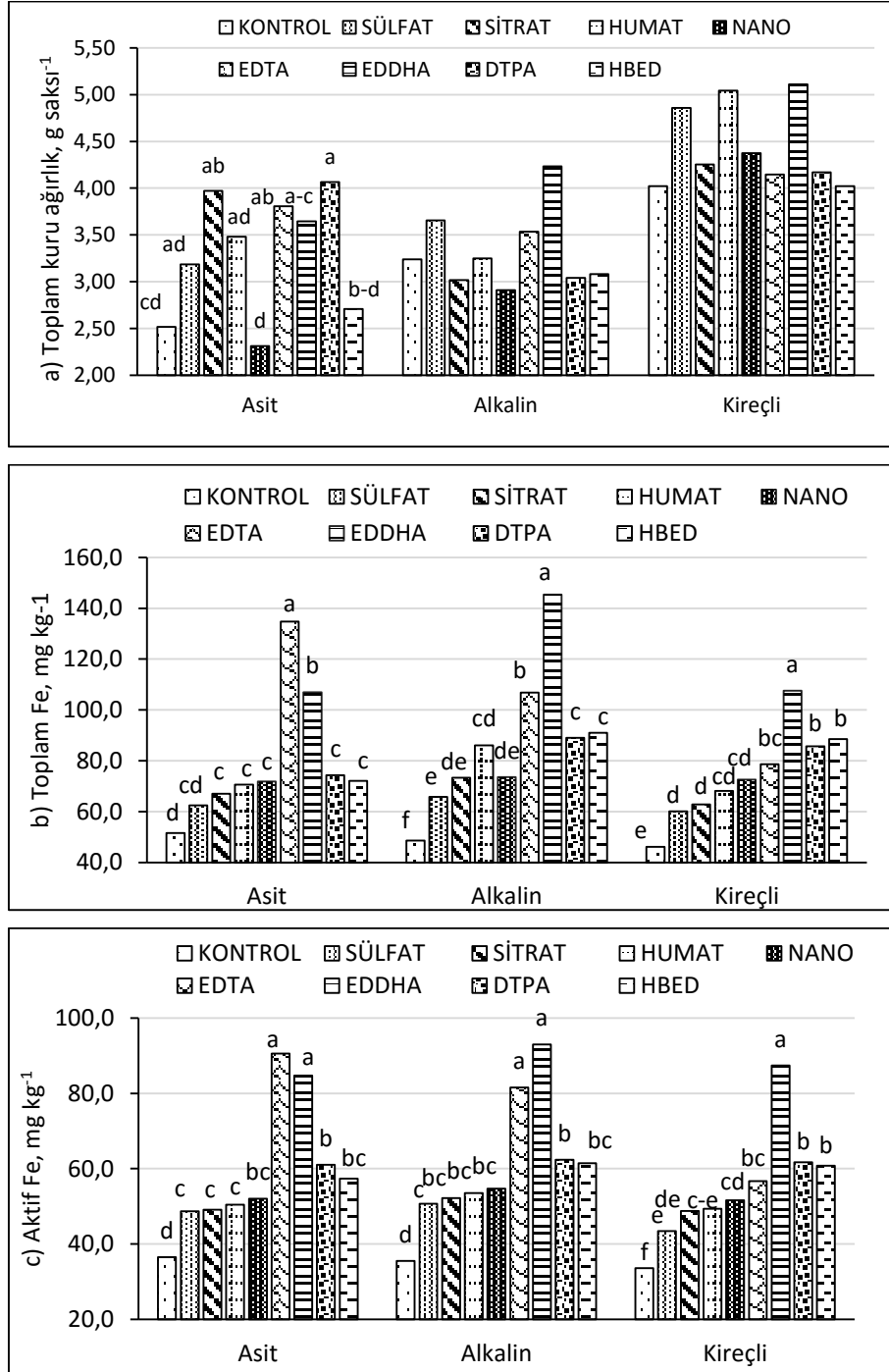
Verilerin varyans analizleri Minitab 18 istatistik paket programı ile yapılmış, her bir toprak için ortalamalar arasındaki farklar Tukey testine (p<0.05) tabi tutulmuştur.

## Bulgular ve Tartışma

### Demir Gübrelerinin Baklanın Kuru Ağırlığı, Aktif ve Toplam Demir İçerikleri Üzerine Etkisi

Demir içerikli gübrelerin bitkinin toplam ve aktif Fe içerikleri üzerine etkisi önemli (p<0.01) bulunurken, kuru ağırlık üzerine asit toprak hariç önemsiz bulunmuştur. En yüksek bitki kuru ağırlığı kireçli toprakta Fe-EDDHA, Fe-HUMAT, Fe-SÜLFAT, alkalın reaksiyonlu toprakta Fe-EDDHA, Fe-SÜLFAT, Fe-EDTA, asit reaksiyonlu toprakta ise Fe-DTPA, Fe-SİTRAT, Fe-EDTA gübre uygulamalarında belirlenmiştir (Şekil 1a). Abd El-Razek vd. (2013) yapraktan uygulanan Fe, Zn ve Mn’in baklanın verim ve verim öğelerini ile klorofil b içeriklerini arttırdığını saptamışlardır. Karimi vd. (2014) Fe-NANO ve Fe-EDDHA uygulamalarının maş fasulyesinin yaş ve kuru ağırlığını arttırdığını saptamışlardır. Chatterjee vd. (2017) kireç içeriği %0.37-11.5 ve pH’sı 7.7-8.3 olan iki tarlada farklı Fe kaynaklarının soya fasulyesi verimini önemsiz düzeyde arttırdığını, yapraktan Fe-EDDHA uygulamasının diğer şelatlardan daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. Hergert vd. (2018) topraktan uygulanan Fe-EDDHA’nın kuru fasulyede Fe klorozunu gözle görülebilir düzeyde azalttığını ve verimi arttırdığını tespit etmişlerdir. Hussein (2019) topraktan Fe-EDTA uygulamasının baklanın bitki özelliklerini ve verimi arttırdığını saptamışlardır. Fadhill

ve Jader (2020) bakla bitkisine yapraktan uygulanan Fe-şelat ve B'un, Şahin ve İşler (2021) soya fasulyesine yapraktan uygulanan Fe+Zn uygulamasının verim ve verim parametreleri üzerine etkili etkili olduğunu bildirmişlerdir.



**Şekil 1.** Demir Uygulamalarının Bitkinin Kuru Ağırlık (a), Toplam Fe (b), Aktif Fe İçeriğine (c) Etkisi

Bakla bitkisi yapraklarının toplam ve aktif Fe içerikleri üzerine demir içerikli gübrelere %1 düzeyinde önemli etkilerde bulunduğu ve kontrolün üzerinde artışlar sağladığı belirlenmiştir. Yaprakların toplam ve aktif Fe içeriği alkalin reaksiyonlu toprakta 48.6-145.3 mg kg<sup>-1</sup> ve 35.5-93.0 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişim gösterirken, Fe-EDDHA ve Fe-EDTA uygulamalarında en yüksek Fe içerdiği saptanmıştır. Bakla yapraklarının Fe içeriği asit reaksiyonlu toprakta en yüksek Fe-EDTA ve Fe-EDDHA gübrelere saptanmış olup; bitkilerin toplam ve aktif Fe içerikleri 51.6-134.7 mg kg<sup>-1</sup> ve 36.5-90.6 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. Kireçli toprakta ise yaprakların toplam ve aktif Fe içerikleri 46.2-107.6 mg kg<sup>-1</sup> ve 33.6-87.4

mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenirken, en yüksek toplam ve aktif Fe içerikleri Fe-EDDHA uygulamasından elde edilmiş ve diğer uygulamaların etkisi birbirine benzer gerçekleşmiştir (Şekil 1b, c). Jones vd. (1991) fasulye ve bezelyenin optimum Fe içeriğini 50-300 mg kg<sup>-1</sup>, börülcenin 50-100 mg kg<sup>-1</sup> olduğunu bildirmiş olup; bakla bitkisi için alt referans değerini 50 mg kg<sup>-1</sup> olarak değerlendirsek sonuçlarımızın optimum sınırlar içerisinde değiştiğini söyleyebiliriz. Fe-EDDHA'nın toprakta geniş pH aralığında daha fazla yararlı olabileceği Güzel vd. (2004) ile Kacar ve Katkat (2007) tarafından bildirilmiştir. Cantera vd. (2002) sonuçlarımızla benzer şekilde kireçli ve alkalın toprakta FeSO<sub>4</sub> uygulamasının etkili olmadığını, asit reaksiyonlu toprakta Güzel vd. (2004) Fe-DTPA'nın, Kacar ve Katkat (2007) ise Fe-EDTA'nın daha etkili olduğunu belirtmişlerdir. Fe-EDDHA ve izomerlerinin kireçli toprakta en etkili olduğu (Schenkeveld vd., 2014), alkalın ve kireçli topraklarda EDTA'nın topraktan ve fertigasyonla uygulanabileceği (Rasmussen, 2015) bildirilmiştir. Sahrawat (2016) Fe-EDDHA'nın yerfıstığının toplam ve aktif Fe içeriklerini artırdığını belirlemiştir. Yalçın (2019) mısır bitkisinde Fe noksanlığı için Fe-EDDHA'nın (orto-orto, 5:25 ve 6) iyi bir kaynak olduğunu, Fe-EDDHA yerine ise FeSO<sub>4</sub>+K-Humat'ın ekonomik olarak kullanılabileceğini önermiştir. Brear vd. (2020) simbiyotik N fiksasyonunda baklagil bitkilerinin Fe ihtiyacının fazla olduğunu, N fiksasyonu ile nodüldeki Fe konsantrasyonu arasında pozitif ilişki olduğunu saptamışlardır. Flores (2020) kireçsiz alkalın toprakta soya fasulyesi yapraklarının aktif Fe içeriklerinin Fe-EDDHA ve EDTA, pH'sı 6.1 olan toprakta ise Lignit, EDTA ve EDDHA uygulamalarında yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

### **Demir Gübrelere Azot, Fosfor, Potasyum ve Kalsiyum İçerikleri Üzerine Etkisi**

Bakla bitkisi yapraklarının toplam N içeriklerinin %3.90 ile %4.57 arasında değişim gösterdiği; bütün uygulamalarda kontrolün üzerinde gerçekleştiği ve Bergman (1992) tarafından verilen referans değerinin (%2.80-3.50) üzerinde N içerdiği tespit edilmiştir (Tablo 2). Yapraklarda en yüksek N, kireçli toprakta Fe-EDDHA ve Fe-DTPA, alkalın reaksiyonlu toprakta Fe-NANO ve Fe-HUMAT, asit reaksiyonlu toprakta ise Fe-EDTA ve Fe-DTPA gübre uygulamalarında saptanmıştır. Asit reaksiyonlu toprakta yetiştirilen baklagil bitkilerinin nodül oluşumunun ve N<sub>2</sub> fiksasyonunun etkilendiği (Pijnenborg ve Lie 1990), demir noksanlığı görülen kireçli topraklarda da baklagil bitkilerinde fotosentezin, N<sub>2</sub> fiksasyonu ve nodül oluşumunun azaldığı (Tang vd., 1991), amonyum oluşturan N içerikli gübrelere demirin yararlılığını arttırdığı (Kacar ve Katkat 2007) bildirilmiştir.

Demir içerikli gübrelere asit ve kireçli toprakta yetiştirilen bakla yapraklarının P içeriği üzerine %1 düzeyinde önemli etkilerde bulunduğu; genellikle tüm uygulamalarda bitkinin P içeriğinin azaldığı tespit edilmiştir. Yaprakların toplam P içerikleri %0.164-0.218 arasında değişim göstermiş olup, referans değerlerine göre (%0.25-0.45) bitkilerin P bakımından yetersiz beslendiği saptanmıştır (Tablo 2). Kireçli ve alkalın reaksiyonlu toprakta Fe-DTPA ve Fe-SÜLFAT uygulamalarında kontrolün üzerinde yaprakların P içeriği belirlenirken, asit toprakta kontrolden düşük belirlenmiştir. Karaman vd. (1997), demir uygulaması ile fasulye bitkisinin P içeriklerinin azaldığını belirlemişlerdir. Fosforun baklagil bitkilerinin kök ve gövde gelişimini teşvik ederek N<sub>2</sub> fiksasyonunu arttırdığı ve köklerde daha kısa sürede nodül oluşumunu sağladığı bildirilmiştir (Kacar ve Katkat, 2007). Abdel-Salam (2018) nano P uygulamasının bitki boyu, bakla sayısı, dane verimi ve danenin N, P ve Fe içeriğini etkilediğini; nano Fe'in (150-300 mg L<sup>-1</sup>) her iki dozunun etkili olduğunu saptamışlardır.

**Tablo 2.** Demir Uygulamalarının Bitkinin N, P, K ve Ca İçeriğine Etkisi

Demir kaynağı	N, %			P, %		
	Asit	Alkalin	Kireçli	Asit	Alkalin	Kireçli
Kontrol	3.90	3.97	4.08	0.218a	0.195	0.214ab
Fe-SÜLFAT	4.03	4.24	4.24	0.164c	0.202	0.202a-c
Fe-SİTRAT	4.08	4.23	4.13	0.178bc	0.195	0.205a-c
Fe-HUMAT	4.21	4.27	4.37	0.176bc	0.195	0.189c
Fe-NANO	3.95	4.28	4.33	0.185a-c	0.190	0.196bc
Fe-EDTA	4.44	4.08	4.11	0.186a-c	0.179	0.189c
Fe-EDDHA	4.22	4.08	4.57	0.187a-c	0.190	0.203a-c
Fe-DTPA	4.34	4.25	4.51	0.182a-c	0.185	0.218a
Fe-HBED	3.97	4.21	4.44	0.212ab	0.189	0.195bc
	K, %			Ca, %		
Kontrol	2.19a	2.27a	2.68	1.01cd	1.35a	1.48a
Fe-SÜLFAT	1.58b	2.21a	2.56	1.15a-d	1.40a	1.51a
Fe-SİTRAT	1.63b	2.12ab	2.77	1.21a-d	1.41a	1.42a
Fe-HUMAT	1.83ab	1.72cd	2.87	1.35a	1.25a	0.99c
Fe-NANO	1.92ab	2.15a	2.68	1.28ab	1.14ab	1.04bc
Fe-EDTA	1.59b	1.74cd	2.42	1.24a-c	1.38a	1.27a-c
Fe-EDDHA	1.59b	1.83b-d	2.79	1.08b-d	1.27a	1.36ab
Fe-DTPA	1.74b	2.03a-c	2.42	1.12a-d	1.27a	1.32a-c
Fe-HBED	1.54b	1.68d	2.79	0.94d	0.83b	1.00c

Demirli gübrelerin yaprakların toplam K içeriği üzerine etkisi asit ve alkalin toprakta önemli bulunmuştur. Asit toprakta yetiştirilen bakla bitkisi yapraklarının K içeriğinin düşük (%2.10-2.80), alkalin toprakta bazı uygulamalarda (kontrol, Fe-NANO, Fe-SİTRAT) yeterli ve kireçli toprakta ise tamamının yeterli seviyede olduğu belirlenmiştir (Tablo 2). Kireçli toprağın K içeriğinin yüksek olması sebebiyle bitkinin toplam K içeriği daha yüksek olarak saptanmış olup; yapraklarda en yüksek K içeriği Fe-HUMAT, Fe-EDDHA, Fe-HBED ve Fe-SİTRAT uygulamalarından elde edilmiştir. Asmada K uygulamasının Fe alımı ve taşınmasını etkileyerek kireç kökenli Fe klorozunu giderdiği bildirilmiştir (Güneş vd., 2000). Khalil vd. (2012) bakla bitkisi için dekara 7.14 kg N ve 5.72 kg K<sub>2</sub>O gübre uygulamasını önermişlerdir.

Demirli gübre uygulamalarının yaprakların toplam Ca içeriğine etkisinin önemli olduğu, Bergman (1992)'a göre (%0.50-2.0) yaprakların kalsiyum içeriklerinin yeterli olduğu saptanmıştır (Tablo 2). Yapraklarda Ca asit reaksiyonlu toprakta Fe-HUMAT, Fe-NANO ve Fe-EDTA, alkalin reaksiyonlu toprakta Fe-SİTRAT, Fe-SÜLFAT ve Fe-EDTA, kireçli toprakta ise Fe-SÜLFAT, Kontrol ve Fe-SİTRAT gübre uygulamalarında en yüksek tespit edilmiştir. Güneş vd. (2000) yüksek toprak pH'sı, P ve Ca'un bitkilerin Fe alımını azalttığını bildirmişlerdir.

### Demir Gübrelerinin Baklanın Manganez, Çinko ve Bakır İçerikleri Üzerine Etkisi

Demirli gübre uygulamaları, bakla bitkisi yapraklarının toplam Mn içeriğini asit reaksiyonlu toprakta önemli düzeyde arttırırken, alkalin reaksiyonlu ve kireçli topraklarda artışlar önemli bulunmamış, ancak artma eğilimi göstermiştir. Asit reaksiyonlu toprakta yaprağın Mn içeriği 185.5 ile 303.9 mg kg<sup>-1</sup>, alkalin reaksiyonlu toprakta 50.5 ile 58.7 mg kg<sup>-1</sup>, kireçli toprakta ise 31.0 ile 35.2 mg kg<sup>-1</sup> olarak saptanmıştır (Tablo 3). Asit toprakta bitkinin Mn içeriği en yüksek Fe-EDTA, Fe-EDDHA ve Fe-HUMAT gübrelerinde belirlenirken; alkalin toprakta Fe-SİTRAT, Fe-SÜLFAT ve Fe-EDDHA, kireçli toprakta ise Fe-HUMAT, Fe-SÜLFAT ve Fe-EDDHA gübrelerinde belirlenmiştir. Bergman (1992) tarafından verilen referans değerine göre (40-100 mg kg<sup>-1</sup>) bitkilerin Mn bakımından kireçli toprakta yetersiz, alkalin toprakta yeterli ve asit toprakta ise fazla beslendiği saptanmıştır. Asit toprağın Mn içeriğinin yüksek olması bitkilerin Mn alımını arttırmış ve Fe içerikleri düşük bulunmuştur. Ylivainio (2009) kuvars kumunda yetiştirilen marul

bitkisinin Mn içeriğinin kireçli topraktakinden yüksek olduğunu, Fe-EDTA'nın ise azalttığını belirlemişlerdir.

**Tablo 3.** Demir Uygulamalarının Bitkinin Mn, Zn ve Cu İçeriğine Etkisi

Demir kaynağı	Asit	Alkalin	Kireçli
Mn, mg kg <sup>-1</sup>			
Kontrol	185.5d	52.9	31.0
Fe-SÜLFAT	278.9a-c	58.5	33.5
Fe-SİTRAT	192.3d	58.7	31.2
Fe-HUMAT	292.9ab	53.9	35.2
Fe-NANO	244.1c	54.5	32.8
Fe-EDTA	303.9a	50.5	31.6
Fe-EDDHA	302.7a	56.6	32.8
Fe-DTPA	259.3bc	53.8	32.2
Fe-HBED	240.1c	51.8	32.4
Zn, mg kg <sup>-1</sup>			
Kontrol	35.9c	33.1c	31.6c
Fe-SÜLFAT	37.5c	36.2c	36.2bc
Fe-SİTRAT	38.9c	38.1c	38.0bc
Fe-HUMAT	41.1bc	34.7c	38.3bc
Fe-NANO	38.8c	35.2c	36.5bc
Fe-EDTA	57.0b	68.3a	52.7a
Fe-EDDHA	48.4b	50.9b	43.3b
Fe-DTPA	39.6c	34.1c	39.2bc
Fe-HBED	41.4bc	34.4c	37.3bc
Cu, mg kg <sup>-1</sup>			
Kontrol	14.6	12.7b	13.5
Fe-SÜLFAT	16.5	15.5ab	14.7
Fe-SİTRAT	15.3	14.4ab	13.9
Fe-HUMAT	16.4	15.7ab	14.7
Fe-NANO	16.7	16.2ab	14.5
Fe-EDTA	16.6	17.7a	14.7
Fe-EDDHA	17.0	16.3ab	16.1
Fe-DTPA	16.4	16.2ab	13.7
Fe-HBED	16.8	14.0ab	14.2

Bitkilerin Zn içerikleri üzerine gübre uygulamaları önemli etkilerde bulunmuş olup; asit reaksiyonlu toprakta bitkide en yüksek Zn içeriği Fe-EDTA ve Fe-EDDHA uygulamalarından elde edilmiştir (Tablo 3). Alkalin reaksiyonlu toprakta Fe-EDTA ve Fe-EDDHA, kireçli toprakta ise Fe-EDTA ve Fe-EDDHA uygulamalarında bitkilerin en yüksek Zn içerdiği saptanmıştır. Bergman (1992) tarafından verilen referans değerine göre (30-70 mg kg<sup>-1</sup>) bitkilerin Zn bakımından yeterli beslendiği belirlenmiştir. El-Gizawy ve Mehasen (2009) yaprağa uygulanan Zn-EDTA'nın baklanın dane ağırlığı ve verimini arttırdığını; Ylivainio (2009) ise Fe noksanlığı altında marulun Zn ve Cu içeriklerinin arttığını tespit etmişlerdir.

Bakla bitkisi yapraklarının toplam bakır içeriği 13.5–17.7 mg kg<sup>-1</sup> arasında olup; bakır içeriği en yüksek asit ve kireçli toprakta Fe-EDDHA, alkalin reaksiyonlu toprakta ise Fe-EDTA gübrelereinden elde edilmiştir (Tablo 3). Yaprakların bakır içerikleri Bergman (1992)'a göre (7-15 mg kg<sup>-1</sup>) optimum sınırlar içerisinde bulunmuştur. Lucena (2003), EDTA, HEDTA, DTPA şelatlarının Fe hariç Cu, Zn ve Mn için kullanılabilirliğini, Fe için EDDHA ve izomerlerinin kullanılabilirliğini bildirmiş olup; Ylivainio (2009) Fe-EDDHA'nın rizosferde indirgenerek Cu-EDDHA'yı oluşturduğunu ve marulun Cu alımını arttırdığını

saptamışlardır. Bulgularımızla benzer şekilde, De Conti vd. (2020) artan dozlarda Cu uygulaması ile Fe-EDDHA ve Fe-EDTA uygulamalarının çavdar otu bitkisinin Fe içeriğini arttırdığını tespit etmişlerdir.

### Sonuç ve Öneriler

Farklı demir kaynaklarının bakla bitkisinin kuru ağırlığı, yaprakların toplam ve aktif Fe içerikleri ile bazı besin maddesi içerikleri üzerine etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada; asit reaksiyonlu toprakta en yüksek kuru ağırlık Fe-DTPA, Fe-SİTRAT ve Fe-EDTA uygulamalarında belirlenmiştir. Alkalin reaksiyonlu toprakta Fe-EDDHA, Fe-SÜLFAT gübrelere; kireçli toprakta ise Fe-EDDHA ve Fe-HUMAT gübrelere en yüksek kuru ağırlık saptanmıştır. Tüm toprakta Fe-EDDHA, Fe-EDTA ve Fe-DTPA uygulamalarında genellikle yaprakların toplam ve aktif Fe içeriklerinin en yüksek olduğu, alkalin ve kireçli toprakta Fe-HBED’inde benzer etkilerde bulunduğu saptanmıştır. Bakla yapraklarının toplam ve aktif Fe içeriklerinin, Fe-SÜLFAT ve Fe-SİTRAT uygulamalarında en düşük olduğu belirlenmiştir. Yaprakların P içeriklerinin kontrol uygulamasında en yüksek olduğu ve demirli gübreleme ile azaldığı tespit edilmiştir. Bakla bitkisinin P ve K hariç diğer besin maddeleri bakımından beslenme probleminin olmadığı, kireçli toprakta bitkilerde Mn noksanlığı, asit toprakta ise Mn fazlalığı tespit edilmiştir. Bitkilerin Zn, Mn ve Cu içeriklerinin genellikle Fe-EDDHA ve Fe-EDTA uygulamalarında en yüksek olduğu belirlenmiştir. Araştırma sonuçları, bakla bitkisinde demir noksanlığının; asit reaksiyonlu toprakta Fe-EDTA, Fe-DTPA ve Fe-EDDHA, alkalin reaksiyonlu toprakta Fe-EDDHA ve Fe-EDTA, kireçli toprakta ise Fe-EDDHA, Fe-HBED ve Fe-HUMAT gübrelere herhangi biri ile giderilebileceğini göstermektedir.

### Destek ve Teşekkür

Bu çalışma, Ceyhan Tarakçıoğlu danışmanlığında Sinem Uzun tarafından tamamlanan “*Farklı demir kaynaklarının bakla bitkisinin besin maddesi içerikleri üzerine etkisi*” başlıklı yüksek lisans tezinden (Tez No: 752326) üretilmiş olup, Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Koordinasyon Birimi (B-2109) tarafından desteklenmiştir.

### Yazar Katkısı

*Ceyhan Tarakçıoğlu*, denemenin planlanması, ortamın hazırlanması, analizlerin takibi, verilerin değerlendirilmesi, istatistiki analizlerin yapılması ve makale yazımında yer aldı. *Sinem Uzun*, denemenin kurulması, yürütülmesi ve analizlerin yapımında yer aldı. Yazarlar makaleyi birlikte yazdı, okudu ve onayladı.

### Etik

Makalenin yayınlanmasında herhangi bir etik sorun yoktur.

### Çıkar Çatışması

Yazarlar arasında çıkar çatışması yoktur.

### ORCID

*Ceyhan Tarakçıoğlu*  <https://orcid.org/0000-0003-1846-2097>

*Sinem Uzun*  <https://orcid.org/0000-0002-4716-6759>

### Kaynaklar

Abd El-Razek, UA., Dorgham, EA. ve 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, <http://doi.org/10.3923/ajcs.2013.426.435>

Abdel-Salam, M.A. (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. <http://doi.org/10.21608/JSSAE.2018.36469>



- Akinoğlu, G. ve Korkmaz, A. (2021). Demir sülfat formundaki demirden yararlanabilme kabiliyetleri yönünden bazı çeltik çeşitlerinin karşılaştırılmaları üzerine bir araştırma. *Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1, 78-86. <https://doi.org/10.47137/usufedbid.901099>
- AL-Bayati, HJM., Al-Deen Al-Leela, WB., Rejab, FF. ve Hasan, SY. (2019). Effect of chemical and organic fertilizer on three varieties of broad bean. *Mesopotamia Journal of Agriculture*, 47(2), 73-82. <http://doi.org/10.33899/MAGRJ.2019.163181>
- Aras, S., Arıkan, Ş., İpek, M., Eşitken, A., Pırlak, L., Dönmez, M.F. ve Turan, M. (2018). Plant growth promoting rhizobacteria enhanced leaf organic acids, FC-R activity and Fe nutrition of apple under lime soil conditions. *Acta Physiologiae Plantarum*, 40, 120. <https://doi.org/10.1007/s11738-018-2693-9>
- Argaw, A. ve Akuma, A. (2016). The effect of iron fertilization on nodulation, yield and yield traits of soybean genotypes with different maturity groups as affected by brady rhizobium inoculations. *Ethiop. J. Agric. Sci.*, 26(2), 37-56. <https://www.ajol.info/index.php/ejas/article/view/142803>
- Arıkan, Ş., Eşitken, A., İpek, M., Aras, S., Şahin, M., Pırlak, L., Dönmez, M.F. ve Turan, M. (2018). Effect of plant growth promoting Rhizobacteria on Fe acquisition in peach (*Prunus persica* L) under calcareous soil conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 41(17), 2141-2150. <http://doi.org/10.1080/01904167.2018.1482910>
- Bastani, S., Hajiboland, R., Khatamian, M. ve Saket-Oskoui, M. (2018). Nano iron (Fe) complex is an effective source of Fe for tobacco plants grown under low Fe supply. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 18(2), 524-541. <http://doi.org/10.4067/S0718-95162018005001602>
- Bergmann, W. (1992). Nutritional disorders of plants; Development, visual and analytical diagnosis. Offizin Andersen Nexo, Leipzig, Germany.
- Borowski, E. ve 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. <http://actascipol.upwr.edu.pl/pl/action/getfull.php?id=2788>
- Brear, E.M., David, A.D. ve Smith, P.M.C. (2013). Iron: An essential micronutrient for the legume-rhizobium symbiosis. *Frontiers in Plant Science*, 4, 359. <http://doi.org/10.3389/fpls.2013.00359>
- Brear, E.M., Bedon, F., Gavrin, A., Kryvoruchko, I.S., Torres-Jerez, I., Udvardi, M.K., Day, D.A. ve Smith P.M.C. (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. <http://doi.org/10.1111/nph.16734>
- Cantera, R.G., Zamarreno, A.M. ve Garcia-Mina, J.M. (2002). Characterization of commercial iron chelates and their behavior in an alkaline and calcareous soil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 7609-7615. <http://doi.org/10.1021/jf025745y>
- Chatterjee, A., Lovas, S., Rasmussen, H. ve Goos, R.J. (2017). Foliar application of iron fertilizers to control iron deficiency chlorosis of Soybean. *Crop, Forage Turfgrass Management*, 1-7. <http://doi.org/10.2134/cftm2017.05.0037>
- Chen, H., Hu, Z., Li, X., Zhang, F., Chen, J. ve Zhang, M. (2016) Iron fertilizers applied to calcareous soil on the growth of peanut in a pot experiment. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62(12), 1753-1764. <http://doi.org/10.1080/03650340.2016.1173674>
- Crane, J.H., Schaffer, B., Li, Y., A. Evans, E.A., Montas, W. ve Li, C. (2008). Effect of foliarly applied acids and ferrous sulfate on leaf ferrous iron content and leaf greenness of Lychee trees. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 121, 19-23. <http://journals.fcla.edu/fshs/article/view/87333>

- Darwesh, D.A. (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. <http://doi.org/10.33899/MAGRJ.2011.31111>
- De Conti, L., Cesco, S., Mimmo, T., Pii, Y., Valentinuzzi, F., Melo, G.W.B., Ceretta, C.A., Trentin, E., Marques A.C.R. ve Brunetto, G. (2020). Iron fertilization to enhance tolerance mechanisms to copper toxicity of ryegrass plants used as cover crop in vineyards. *Chemosphere*, 243, 125298. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125298>
- El-Ghamry, A.M., Abd El-Hai, K.M. ve Ghoneem, K.M. (2009). Amino and humic acids promote growth, yield and disease resistance of faba bean cultivated in clayey soil. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(2), 731-739. <http://www.insipub.com/ajbas/2009/731-739.pdf>
- El-Gizawy, N. ve Mehasen, S.A.S. (2009). Response of faba bean to bio, mineral phosphorus fertilizers and foliar application with zinc. *World Applied Sciences Journal*, 6(10), 1359-1365. [http://www.idosi.org/wasj/wasj6\(10\)/8.pdf](http://www.idosi.org/wasj/wasj6(10)/8.pdf)
- Erdal, İ., Kaplankiran, B., Evren, E., Küçükyumuk, Z. ve Türkan, Ş.A. (2014). Farklı demir içeriklerine sahip besin çözeltisiyle beslenen domates bitkisinin gelişimi, toplam demir, aktif demir, klorofil ve SPAD değerleri arasındaki ilişkiler. *Yüzüncüyıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24(1), 36-41. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.235914>
- Fadhil, A.H. ve Jader, J.J. (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. <http://doi.org/10.13140/RG.2.2.10694.22084>
- Flores, APE. (2020). Pyritic Lignite as a source of iron for soybean as influenced by variety and soil pH. [Yayımlanmamış Yüksek lisans tezi]. Mississippi State University, USA. <https://hdl.handle.net/11668/18464>
- Gönül, İ., Delikanlı, A. ve 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. <https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.638191>
- Güneş, A., Alpaslan, M. ve İnal, A. (2000). *Bitki besleme ve gübreleme*. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1514, Ders Kitabı: 467. Ankara Üniversitesi Basımevi.
- Güzel, N., Gülüt, K.Y. ve Büyük, G. (2004). *Toprak verimliliği ve gübreler*. (2.baskı). Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ofset.
- Hergert, G.W., Nielsen, R.A., Schild, J.A., Hawley, R.L. ve Darapuneni, M.K. (2018) Row-applied iron chelate for correcting iron deficiency chlorosis in Dry Bean. *Agronomy Journal*, 111(1), 362-367. <http://doi.org/10.2134/agronj2018.02.0079>
- Horuz, A., Korkmaz, A., Akinoğlu, G. ve Boz, E. (2016). Bitkilerde demir klorozunun nedenleri ve giderilme yöntemleri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 4(1), 32-42. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/263607>
- Hussein, R.M. (2019). Effects of iron application to soil on growth and yield of broad bean plant in Erbil city of North Iraq. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 95(11), 197-199. <http://doi.org/10.18551/rjoas.2019-11.27>
- Jones, Jr.J.B., Wolf, B. ve Mills, H.A. (1991). *Plant analysis handbook*. Micro-Macro Publishing, USA.
- Kacar, B. ve Katkat, AV. (2007). *Gübreler ve gübreleme tekniği*. Nobel Yayınları
- Kacar, B. (2016). *Fiziksel ve kimyasal toprak analizleri* (1.Baskı). Nobel Yayınları.
- Kacar, B. ve İnal, A. (2008). *Bitki analizleri* (1.Baskı). Nobel Yayınları.
- Kacar, B. ve Katkat, A.V. (2007). *Bitki besleme* (3.Baskı). Nobel Yayınları.

- Karaman, M. R., Brohi, A. R., İnal, A. ve Taban, S. (1999). 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, S., Tavallali, V., Ferguson, L. ve Mirzaei, S. (2020). Developing a nano-fe complex to supply iron and improve salinity tolerance of pistachio under calcium bicarbonate stress. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51(14), 1835-1851. <http://doi.org/10.1080/00103624.2020.1798985>
- Karimi, Z., Pourakbar, L. ve 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.). *Advances in Environmental Biology*, 8(13), 916-930. <http://www.aensiweb.com/old/aeb/August%202014/916-930.pdf>
- Khalil, NA., Al-Murshidy, WA. ve El-Tokhy, F. (2012). Studies on fertilizer requirements of faba bean. *Journal Plant Production*, 3(6), 1027-1038. <http://doi.org/10.21608/JPP.2012.84276>
- Korkmaz, A., Yılmaz, F.G., Harmankaya, M. ve Gezgin, S. (2023a). Reduction of lime-based iron chlorosis in apple trees. *Akademik Ziraat Dergisi*, 12(1), 127-134. <http://dx.doi.org/10.29278/azd.1263559>
- Korkmaz, H.E., Akgün, M., Çelebi, M.S. ve Korkmaz, K. (2023b). Fındık zurufu ve biyoçarından üretilen demir nanopartiküllerinin (FeONP) yaşlanmış börülce tohumlarında çimlenme üzerine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 12 (Özel Sayı), 193-202. <https://doi.org/10.29278/azd.1336772>
- Lucena, J.J. (2003). Fe chelates for remediation of Fe chlorosis in strategy I plants. *Journal of Plant Nutrition*, 26(10-11), 1969-1984. <http://doi.org/10.1081/PLN-120024257>
- Lucena, P.R., Apaolaza, L.H. ve Lucena, J.J. (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. <http://doi.org/10.1002/jpln.200800256>
- Luo, Y.W. ve Xie, W.H. (2016). Effects of polyphenol oxidation on in vitro iron availability in faba bean (*Vicia faba* L.) flour. *International Journal of Food Science and Technology*, 48, 701-706. <http://doi.org/10.1111/ijfs.12016>
- Nadal, P., García-Delgado, C., Hernandez, D., Lopez-Rayó, S. ve Lucena, J.L. (2012). Evaluation of Fe-N,N'-Bis(2-hydroxybenzyl)ethylenediamine-N,N'-diacetate (HBED/Fe<sup>3+</sup>) as Fe carrier for soybean (*Glycine max*) plants grown in calcareous soil. *Plant Soil*, 360, 349-362. <http://doi.org/10.1007/s11104-012-1246-z>
- Nadi, E., Aynehband, A. ve 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. doi: <http://dx.doi.org/10.12692/ijb/3.9.267-272>
- Ning, X., Lin, M., Huang, G., Mao, J., Gao, Z. ve Wang, X. (2023). Research progress on iron absorption, transport, and molecular regulation strategy in plants. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1190768. <http://doi.org/10.3389/fpls.2023.1190768>
- Pijnenborg, J.M.W. ve Lie, T.A. (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. <http://doi.org/10.1007/BF00012316>
- Rajaie, M. ve Tavakoly, A.R. (2018). Iron and/or acid foliar spray versus soil application of Fe-EDDHA for prevention of iron deficiency in Valencia orange grown on a calcareous soil. *Journal of Plant Nutrition*, 41(2), 150-158. <http://doi.org/10.1080/01904167.2017.1382523>

- Rasmussen, H.R. (2015). Foliar application of iron chelated fertilizer and surfactans for management of iron deficiency chlorosis in soybeans. [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. North Dakota State University. <https://hdl.handle.net/10365/27708>
- Rombola, A.D., Dallari, S., Quartieri, M. ve Scudellari, D. (2002). Effect of foliar-applied Fe sources, organic acids and sorbitol on the re-greening of kiwifruit leaves affected by lime induced iron chlorosis. *Acta Horticulturae*, 594, 349-355. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.594.43>
- Sahrawat, K.L. (2016). Soil and plant testing for iron: an appraisal. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47(3), 280-283. <http://doi.org/10.1080/00103624.2015.1122805>
- Schenkeveld, W.D.C., Reichwein, A.M., Temminghoff, E.J.M. ve Riemsdijk, W.H.V. (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. [http://doi.org/10.1007/sl\\_1104-014-2057-1](http://doi.org/10.1007/sl_1104-014-2057-1)
- Shahsavandi, F. ve Eshghi, S. (2021). Effects of bicarbonate and Fe sources on vegetative growth and physiological traits of four grapevine cultivars. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 52(20), 2401-2413. <http://doi.org/10.1080/00103624.2021.1928172>
- Souri, M.K. ve Aslani, A. (2018). Beneficial effects of foliar application of organic chelate fertilizers on French bean production under field conditions in a calcareous soil. *Advances in Horticultural Science*, 32(2), 265-272. <http://doi.org/10.13128/ahs-21988>
- Şahin, C.B. ve İşler, N. (2021). Foliar applied zinc and iron effects on yield and yield components of Soybean: determination by PCA analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 52(3), 212-221. <https://doi.org/10.1080/00103624.2020.1854297>
- Şimşek, O. ve Çelik, H. (2021). Effects of iron fortification on growth and nutrient amounts of spinach (*Spinaciaoleracea* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 44(18), 2770-2782. <http://doi.org/10.1080/01904167.2021.1927083>
- Takkar, P.N. ve Kaur, N.P. (1984). HCl method Fe+2 estimation to resolve iron chlorosis in plants. *Journal of Plant Nutrition*, 7(1-5), 81-90. <https://doi.org/10.1080/01904168409363176>
- Tang, C., Robson, A.D. ve Dilworth, M.J. (1991). Which stage of nodule initiation in *Lupinus angustifolius* L. is sensitive to iron deficiency. *New Phytologist Journal*, 117, 243-250. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1991.tb04905.x>
- Ueno, D., Matsumoto, K., Enami, T., Nishiyama, N., Kato, S.I. ve Iwasaki, K. (2019). Efficacy of an artificial microbial siderophore-Fe (III) with high redox potential on correcting Fe chlorosis in rice. *Soil Science and Plant Nutrition*, 65(5), 471-478. <http://doi.org/10.1080/00380768.2019.1648180>
- Yalçın, Ö. (2019). Farklı demir kaynaklarının mısır bitkisinin gelişimine ve demir alımına etkisi. [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Selçuk Üniversitesi.
- Ylivainio, K. (2009). Environmentally benign Fe chelates in plant nutrition. [Yayımlanmamış doktora tezi]. University of Helsinki. <http://www.mtt.fi/mtttiede/pdf/mtttiede5.pdf>