T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI DEMİR KAYNAKLARININ MISIR BİTKİSİNİN GELİŞİMİNE VE DEMİR ALIMINA ETKİSİ

Öznur YALÇIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Ağustos-2019
KONYA

Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI DEMİR KAYNAKLARININ MISIR BİTKİSİNİN GELİŞİMİNE VE DEMİR ALIMINA ETKİSİ

Öznur YALÇIN

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Sait GEZGİN

2019, 40 Sayfa

Jüri
Danışman: Prof. Dr. Sait GEZGİN
Diğer Üyenin Prof. Dr. İbrahim ERDAL
Diğer Üyenin Doç.Dr. Mehmet HAMURCU

Bu çalışma, sera koşullarında düşük organik maddeli (%1.68), kireçli (%28), bazik reaksiyonlu (7.53) demir eksikliği (1.21 mg Fe kg^{-1}) olan bir toprakta farklı demir kaynaklarının $FeSO_4.7H_2O$ (%19 Fe), $FeSO_4.7H_2O$ + Elementel S, $FeSO_4.7H_2O$+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) mısır bitkisinin (ANT CİN 98) kuru madde verimi, aktif ve toplam demir kapsamları üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla tesadüf parselleri deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemede demir bileşikleri 15 mg Fe kg^{-1} demir, elementel kükürt 400 mg kg^{-1} S ve K-humat 250 mg kg^{-1} hümik+fulvik asit sağlayacak miktarda ekim öncesi toprağa uygulanmıştır. Araştırmada mısır bitkisinin kuru madde verimi ve yapraklarının aktif, toplam demir, klorofil a, klorofil b, klorofil a+b içerikleri ve yaprak klorofil konsantrasyonunun bir ölçücü olan SPAD okuma değerlerinin demir kaynaklarına bağlı olarak değiştiği ve bu değişimin istatistikî bakımdan %1 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir. Farklı demir kaynaklarının uygulanmasıyla kontrole göre mısır bitkisinin kuru madde verimi % 3.1 ($FeSO_4.7H_2O$) ile % 50.6 (Fe-EDDHA o-o:5.25), toplam demir içeriği % 3 (Elementel S) ile % 38 (Fe-EDDHA o-o: 6) ve aktif demir içeriği % 9 (Elementel S) ile % 50 (Fe-EDDHA o-o: 6) arasında değişen oranlarda artmıştır. Kontrolde (0 mg Fe kg^{-1}) mısır yapraklarındaki aktif Fe miktarı, toplam Fe'in %36'sı iken $FeSO_4.7H_20$ (%32), Fe-EDTA (%34) ve K-Humat (%35) hariç farklı Fe kaynaklarının uygulanmasıyla %37 ile %52 arasında değişen oranlarda olduğu belirlenmiştir. Farklı demir kaynaklarının uygulanmasıyla kontrole göre mısır bitkisi yapraklarının klorofil a içeriği %10 (FeEDTA) ile 3.1 kat (Fe-EDDHA o-o:6); klorofil b içeriği %10 (FeEDTA) ile 2.9 kat (Fe-EDDHA o-o 5.25); klorofil a+b içeriği %10 (FeEDTA) ile 3.0 kat (Fe-EDDHA o-o:6) ve SPAD okuma değerleri %10 (FeSO4.7H20+Elementel S) ile %40 (Fe-EDDHA o-o 5.25); arasında değişen oranlarda artmıştır. Sonuç olarak tarla denemeleri ile teyit edilmesine ihtiyaç olmakla birlikte sera koşullarında yürütülen

denemede bitkilerin demir beslenmesi bakımından en iyi kaynağının orto-orto ve izomer oranı 5.25 veya 6 olan Fe-EDDHA olduğu, ekonomik duruma göre bunun yerine $FeSO_4.7H_2O$+K-Humat'ında tercih edilebileceği belirlenmiştir.

Anahtar kelime: Aktif demir, elementel S, FeEDDHA, $FeSO_4.7H_2O$, K-Humat, mısır, toplam demir

ABSTRACT

MS THESIS

EFFECTS OF DİFFERENT IRON SOURCES TO GROWTH OF CORN AND IRON UPTAKE

Öznur YALÇIN

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY

Advisor: Prof. Dr. Sait GEZGİN

2019, 40 Pages

Jury
Advisor: Prof. Dr. Sait GEZGİN
Prof. Dr. İbrahim ERDAL
Doç.Dr. Mehmet HAMURCU

In this study a random plot design experiment was conducted under greenhouse conditions, in order to determine the effects of different iron sources [$FeSO_4.7H_2O$ (%19 Fe), $FeSO_4.7H_2O$ + Elementel S, $FeSO_4.7H_2O$+K-Humat, Fe EDTA, FeDTPA %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)] on the dry matter yield, and active and total iron contents of corn plant (ANT CIN 98), in a soil with low organic matter (1.68%), calcareous (28%), basic reaction (7.53), and iron deficiency (1.21 mg Fe kg^{-1}). In the experiment, iron compounds 15 mg Fe kg^{-1} iron, elemental sulfur 400 mg kg^{-1} S and K-humate 250 mg kg^{-1} humic + fulvic acid was applied to the soil before planting. In the study, it was found that dry matter yield, active and total iron, chlorophyll a, chlorophyll b, chlorophyll a + b contents and SPAD reading values that are a measurement of leaf chlorophyll concentration in corn plant, varied depending on iron sources, and this change was statistically significant at a 1% level. According to the control, with the application of different iron sources dry matter yield of corn plant increased at varying rates between 3.1% ($FeSO_4.7H_2O$) and 50.6% (Fe-EDDHA oo: 5.25), total iron content between 3% (Elemental S) and 38% (Fe-EDDHA oo: 6) and active iron content between 9% (Elemental S) and 50% (Fe-EDDHA oo: 6). In the control (0 mg Fe kg^{-1}), the amount of active Fe in corn leaves was 36% of the total Fe, with the exception of $FeSO_4.7H_20$ (32%), Fe-EDTA (34%) and K-Humate (35%) the different applications of Fe sources varied between 37% and 52%. According to the control, with the application of different iron sources the chlorophyll a content of corn plant leaves increased at varying rates between 10% (FeEDTA) and 3.1 fold (Fe-EDDHA o-o: 6); chlorophyll b content between 10% (FeEDTA) and 2.9 fold (Fe-EDDHA o-o 5.25); chlorophyll a + b content was between 10% (FeEDTA) and 3.0 fold (Fe-EDDHA o-o: 6) and SPAD reading values between 10% ($FeSO_4.7H_20$ + Elemental S) and 40% (Fe-EDDHA o-o 5.25). As a result, it is necessary to confirm with field trials, but in the experiment carried out under greenhouse

conditions, the best source of iron nutrition for plants is Fe-EDDHA with an ortho-ortho and isomer ratio of 5.25 or 6, however, according to the economic situation $FeSO_4.7H_2O$ + K-Humat can also be preferred.

Keywords: Active iron, elementel S, FeEDDHA, $FeSO_4.7H_2O$, K-Humate, maize, total iron

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez konumun belirlenmesinde ve çalışmamın yürütülüp sonuçlanması esnasında, çalışmalarıma yön veren, bilgi ve yardımlarını esirgemeyen ve bana her türlü desteği sağlayan danışman hocam, sayın Prof.Dr. Sait GEZGİN'e en içten dileklerimle şükranlarımı sunarım.

Çalışmam boyunca benden destek ve deneyimlerini esirgemeyen Doç.Dr. Mehmet HAMURCU'ya, Kimyager Ali KAHRAMAN'a, Öğr.Gör. Nesim DURSUN'a, ve Dr. Fatma GÖKMEN YILMAZ'a ayrıca tez yazım aşamasında her türlü yardımlarının yanı sıra manevi destek ve motivasyonlarını her zaman hissettiğim kardeşlerim Arş.Gör. Vildan ERCİ, Zir.Yük.Müh. Ayşe ÇETİN, Zir.Yük.Müh. Ayşegül KORKMAZ, Zir. Yük. Müh. M. Rumeysa OMAY, Zir. Müh. A.Hümeyra OMAY'a ve adını sayamadığım tüm arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca tez çalışmamda kullandığım farklı demir kaynaklarını sağlayan Dr. TARSA firmasına teşekkür ediyorum.

Hayatımın her anında maddi ve manevi hiçbir desteğini esirgemeyen dualarıyla hep yanımda olan canım annem Ruhan ÖZDAMAR'a ve rahmetli babam Hasan ÖZDAMAR'a, değerli eşim Öğr.Gör.Dr. Y.Gökhan YALÇIN'a ve varlıklarıyla yaşamımı renklendiren, bana annelik duygusunu tattıran enerji kaynaklarım canım oğullarım Erenay ve Ayberk'e sabır ve hoşgörülerinden dolayı çok teşekkür ederim.

Öznur YALÇIN
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **vi**

ÖNSÖZ ..... **viii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **x**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **4**

3. MATERYAL VE YÖNTEM **10**
3.1. Bitki Materyali 10
3.2. Toprak Materyali Örneğinin Alınması ve Analize Hazırlanması 10
3.3. Sera Denemesinin Kurulması ve Yürütülmesi 12
3.4. Denemede Kullanılan Demir Kaynakları 15
3.4.1. Etilendiaminetetraasetikasit (EDTA) 16
3.4.2. Dietilentriaminpentaasetikasit (DTPA) 16
3.4.3. EtilendiaminN,N-di(ortohidroksipenil)asetikasit (EDDHA) 17
3.4.4. N,N-di(2-hidroksilbenzil)etilendiamilN,Ndiasetikasit (HBED) 19
3.5. Denemede yapılan ölçümler 20
3.5.1. Kuru madde miktarı 20
3.5.2. Bitki Örneklerinin Analize Hazırlanması 20
3.5.3. Bitki Örneklerinin Analizi 20
3.5.4. Bitki Örneklerinde Klorofil a, Klorofil b ve Toplam Klorofilin Belirlenmesi 20
3.5.5. Bitki örneklerinde Toplam Fe İçeriğinin Belirlenmesi 21
3.5.6. Bitki Örneklerinde Aktif Fe İçeriğinin Belirlenmesi 21
3.5.7. Bitki Örneklerinde Klorofil Renk Yoğunluğunun Belirlenmesi (SPAD ölçümü) 22
3.6. İstatistiksel Analizler 22

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA **23**

4.1. Farklı Demir Kaynaklarının Mısır Bitkisinin Yapraklarının Kuru Madde Miktarı Üzerine Etkisi 23
4.2. Farklı demir kaynaklarının mısır bitkisinin topraktan kaldırdığı demir miktarı üzerine etkisi 26
4.3. Farklı demir kaynaklarının mısır bitkisi yapraklarının toplam ve aktif demir içeriği üzerine etkisi 27
4.4. Farklı Demir Kaynaklarının Mısır Bitkisi Yapraklarının Klorofil a, Klorofil b, Klorofil a+b İçerikleriyle ve SPAD Değeri Üzerine Etkisi 30
4.5. Farklı Demir Kaynaklarının Mısır Bitkisinin Demir Alımı Ve Diğer Özellikler Arasındaki İlişkiler 33

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER **35**

KAYNAKLAR **36**

ÖZGEÇMİŞ **40**

SİMGELER VE KISALTMALAR

% : Yüzde

B : Bor

Ca : Kalsiyum

Cu : Bakır

Fe : Demir

g : Gram

K : Potasyum

KDK : Katyon Değişimi Kapasitesi

kg : Kilogram

L : Litre

mg kg^{-1} : Miligram/kilogram

Mg : Magnezyum

mg : Miligram

ml : Mili litre

Mn : Mangan

N : Azot

ºC : Derece Santigrat

OM : Organik Madde

P : Fosfor

S : Kükürt

Zn : Çinko

KISALTMALAR

DTPA : Dietilentriamin Penta Asteik Asit

EC : Elektiriksel İletkenlik

EDDHA : Etilen Diamin Dihidroksifenil Asetik Asit

EDTA : Etilen Diamin Tetra Asetik Asit

$FeS0_4.7H_2O$: Demir Sülfat

HBED : Hidroksi Benzil Etilendiamin Diasetik Asit

ICP-AES : Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer

$MgCO_3$: Magnezyum Karbonat

pH : Toprak Reaksiyonu

SÇKM : Suda Çözünebilir Kuru Madde

TEA : Triethanolamin

ZnSO4.7H2O:ÇinkoSülfat

1. GİRİŞ

Günümüzde dünya nüfusunun hızla artması, buna bağlı olarak, özellikle gelişmekte olan ülkelerde yetersiz beslenme ciddi bir tehdit oluşturmaktadır (Sperotto ve ark., 2012). Dünya nüfusunda yaklaşık 800 milyon insanın dengesiz beslenmesine ilave olarak yaklaşık 2 milyar insan 'gizli açlık' olarak adlandırılan ve başta demir olmak üzere mikro element (çinko, selenyum ve bor vb.) noksanlığı ile baş etmektedir (Çakmak, 2002; Welch, 2002; Allen ve ark., 2016). WHO (2002)' nun verilerine göre, demir noksanlığının, yetersiz beslenme sonucu yılda yaklaşık 800.000 kişinin ölümüne neden olduğu ve çinko eksikliğinden sonra üçüncü sırada yer aldığı bildirilmiştir. Demir eksikliği anemisi, tüm dünyada, özellikle de beslenme sorununun daha sık görüldüğü gelişmekte olan ülkelerde başlıca sağlık sorunlarından biridir (Okçuoğlu ve Arcasoy, 1972). Gıdalar yoluyla alınan demirin, vücut için gerekli olan demiri karşılayamaması demir anemisinin en büyük nedenidir. Mikro element eksikliklerinin başlıca nedeni olarak da mikro elementlerce çok fakir olan tahıl kökenli gıdaların yoğun biçimde tüketilmesi gösterilmektedir (Çakmak, 2002). Demir eksikliği dünyada beslenmede en çok kullanılan ve tüketilen mahsullerin (mısır, soya, sorgum, buğdaygiller v.b.) üretiminde ciddi kayıplara yol açmaktadırlar (Hansen ve ark., 2006).

Zengin ve Gezgin (2013)'in bildirdiğine göre ise, Orta Anadolu tarım topraklarının yaklaşık %85'inde demir (Fe) noksanlığı bulunmakta olup bu noksanlığın hem bitkilerde hem de besin zinciri yoluyla insan ve hayvanlarda olumsuz etkileri çok yaygın olarak görülmektedir. Konya Ovası topraklarının yüksek pH, yüksek kireç ve düşük organik madde içerikleri ve uzun yıllar süren dengesiz gübreleme sonucu besin elementleri arasındaki oranların değişimi, bitkiler tarafından bazı makro ve mikro besin elementlerin alınamaması gibi problemler ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle bitkisel üretimde verimi ve kaliteyi artırmak gerekmektedir. Bunun da yolu dengeli bir gübreleme programı uygulanmasıdır.

Bitkilerin besin değerini artırmak için bilim adamları çeşitli stratejiler üzerinde çalışmaktadırlar. Bu çalışmalardan en önemlilerinden biri mikro element eksikliğinin giderilmesidir. Demir noksanlığı en zor giderilebilen besin elementlerinden biridir. Özellikle meyve bahçelerinde ve kültür bitkilerinde ciddi mahsul kayıplarına yol açmaktadır. Demir noksanlığını gidermede kalıcı ve etkili yöntemler son yıllarda

araştırılmaktadır. Bu araştırmalarda uygulanan yöntemlerin etkisi önemlidir. Farklı demir kaynakları kullanılarak demir noksanlığı giderilmektedir. Bu kaynaklar, demirle kompleks bileşik ve bağ oluşturan şelatlardır. Şelatlı gübreleme yöntemleri son yıllarda bütün dünyada artan bir şekilde devam etmektedir. Ülkemizde de bu gübreleme yöntemleri değerlendirilmektedir. Organik kökenli gübrelerin su ile kaplı topraklarda demirin çözünürlüğü üzerine olumlu etki yaptığı, demirin daha fazla indirgendiği ve toprakta çözünebilir demir ile değişebilir demir miktarının arttığı saptanmıştır. Tisdale ve Nelson (1966) ve Hansen ve ark. (2006)'nın bildirdiğine göre, demir eksikliğinin giderilmesinde toprağa uygulanan organik maddenin etkisi tutarlı bir etkinlik göstermemiştir. Toprağa uygulanan inorganik demir ($FeSO_4$ gibi) alkalin ve yüksek pH koşullarında inorganik demirin toprakta hakim durumda olan OH, HCO_3 gibi anyonlarla birleşerek çözünmeyen bileşikler oluşturması nedeniyle genellikle etkili olmamaktadır. Organik bileşiklerle şelat veya kompleks oluşturmuş durumda toprağa verilen demir bu anyonlarla çözünmeyen bileşiklerin oluşturma oranı oldukça azalabilmektedir (Hansen ve ark., 2006).

Çalışmalara göre, Türkiye topraklarında noksanlığı önemlilik arz eden demirin, birim alandan alınan verim ve kaliteyi arttırabilmek amacıyla, uygun demir gübreleri kullanılarak, bu eksikliğin ortadan kaldırılması önem teşkil etmektedir. Kullanılması öngörülen Fe gübreleri üç ana gruba ayrılır: Bunlar inorganik bileşikler, Fe-şelatlar ve doğal Fe-kompleksleridir (Shenker ve Chen, 2005; Rombolà ve Tagliavini, 2006; Abadía ve ark., 2011). İnorganik Fe-bileşiklerine dayanan gübreler çözünür Fe tuzları, çözünmeyen bileşikler (Fe oksit- hidroksit) ve diğer endüstriyel Fe kaynaklarından oluşmaktadır (Shenker ve Chen, 2005; Hansen ve ark., 2006). İnorganik demir bileşiklerinden en yaygın kullanılanı $FeSO_4.7H_2O$, gerek kolay temin edilmesi gerekse de ekonomik olması açısından tercih edilmektedir. Ancak reaksiyonu ve kireç içeriği yüksek olan topraklara uygulandığında hızla bitkilerin alamayacağı forma dönüşmekte ve yeterince etkili olmamaktadır. Fe-şelatlı gübreler ise DTPA, EDDHA, EDTA, HBED'dir. Bitkideki demir noksanlıklarını gidermede yardımcı olarak kullanılmaktadır (Pestana ve ark., 2003). Şelatlar, özelliklede stabilite sabitesi yüksek olanların alkalin ve kireçli topraklarda demiri elverişli halde tutma etkisinin yanı sıra, bitki köklerinde demiri taşıyabilme ve bitki bünyesine girebilmesini sağlama bakımından da çok büyük önem arz etmektedirler (Lucena, 2003; Rodríguez-Lucena ve ark., 2010). Bitkisel üretimde demir şelatların çok daha fazla tercih edilmemesindeki en büyük etkenin

ekonomik olarak pahalı olması gösterilebilir. Bu çiftçilerin talebini kısıtlamaktadır (Akinrinde, 2006). Doğal Fe-kompleksleri ise farklı kökenlerden, genellikle doğal olan hem polimerik hem de polimerik olmayan türleri içeren humatlar, lignosülfonatlar, aminoasitler, glukonat, sitrat vb. gibi ürünlerdir. Doğal Fe-kompleksli gübreler, demirin toprakta bağlanmasını engellerler ve demiri şelatlayarak bitkinin rahatlıkla kullanabilmesi için kök rizosfer bölgesinde tutarlar. Bundan dolayı diğer şelatlı gübrelerle ve tek başına kullanılabilmesi mümkündür (Shenker ve Chen, 2005; Lucena, 2006; Rodríguez-Lucena ve ark., 2010).

Bu çalışma farklı demirli bileşiklerin mısır bitkisinin demir beslenmesi ile verim ve kalite üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Şelat adı verilen kompleksler, topraklarda doğal durumda bulunan çözünebilir organik demir kompleksleri, kök salgıları ve topraktaki organik madde (humik ve fulvik asitler) bileşenleri ve de mikroorganizma faaliyetleri ile organik demir komplekslerin oluşturmakta ve bitkinin ihtiyacı olan demiri bitkiye bağlanmasında etkin rol oynamaktadırlar. Şelatlama işleminin, toprağa uygulanan demirli gübreler ile elde edilebileceği ifade edilmiştir. Gerek toprağın organik maddesi ile gerekse bitkinin doğal çeşitli biyokimyasal bileşikleriyle oluşan demir komplekslerinin, suni olarak yapılan demir komplekslerine göre daha az stabil oldukları bildirilmiştir. Demir ile şelat oluşturan organik asitlerin etilen diamino tetra asetik asit (EDTA), dietilen triamino–penta asetik asit (DTPA), hidroksi etil etilen diamino diasetik asit (HEDTA) ve etilen diamino di O–hidroksi fenil asetik asit (EDDHA) gibi organik asitler olduğu vurgulanmıştır. Fe-EDDHA şelatının özellikle Fe^{+3} için seçici olduğu, Ca ve Mg katyonlarının bu organik asit için demir ile rekabet içerisine girmedikleri belirtilmiştir. Bundan dolayı bütün pH değerlerinde, özellikle kireçli topraklarda en stabil kaynak demir şelatının Fe-EDDHA olduğu bildirilmiştir (Norvell, 1972).

Bitkide beslenme durumlarının değerlendirilmesinde toplam demir analizinin yeterli olmadığını (Chen ve Barak, 1982) aktif demir içeriklerinin belirlenmesinin bitkinin demir alımı hakkında daha iyi fikir verebileceğini belirtmişlerdir (Lang ve Reed, 1987).

Bitkide demir hareketli değildir. Yaşlı yapraklardan genç yapraklara demir aktarılmaz. Bu nedenle demir noksanlığı belirtileri önce genç yapraklarda çıkar ve noksanlığın ileri aşamalarında yaşlı yapraklarda etkilenir. Bitkilerde demir noksanlığı damarlar arasında sararma şeklinde ortaya çıkar (Kacar ve İnal, 2010).

Diğer bazı mikro elementlerde olduğu gibi demir de bir takım organik maddelerle kompleks oluşturarak bitki bünyesine daha kolay alınabilir. Pratikte yaygın olarak DTPA (dietilentriaminpentaasetik asit), EDTA (etilendiamintetraasetik asit), EDDHA (etilendiamin N-N'bis(o-hidroksifenil)asetik asit) gibi kleyt oluşturucu maddelerle şelatlanmış demir gübreleri piyasada mevcuttur (Aktaş ve Ateş, 2005).

Şelatlı gübrelerden EDDHA orto-orto, orto-para ve para-para olmak üzere 3 farklı izomere sahiptir. O-o izomerler yüksek ve stabil şelatlama özelliği nedeniyle değişen toprak koşullarına göre daha etkin rol oynamaktadırlar (Anonim, 2008).

Fernández-Escobar ve ark. (1993), demir sülfat ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$), demir sitrat ($FeC_6H_5O_7 \cdot H_2O$), Sequestrene (Fe-EDDHA), Fe hegtagluconate, (Fe-EDDHMA) gibi demir kaynaklarının şeftali ve zeytin ağaçlarının klorofil ve verim değerleri üzerine yaptıkları araştırma sonucunda Fe-EDDHA'nın bitkinin demir alımını artırmada daha etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Başar ve Özgümüş (1999), farklı demir kaynaklarının (Fe-EDDHA (100 g ağaç$^{-1}$; 200 g ağaç$^{-1}$; 300 g ağaç$^{-1}$) , $FeSO_4.^{-2}7H_2O$ (500 g ağaç$^{-1}$; 1000 g ağaç$^{-1}$) ve 10 kg çiftlik gübresi şeftali yapraklarının toplam ve aktif demir içeriklerini araştırdıkları çalışma sonucunda yaprakların toplam demir (40.46 - 65.19 mg kg^{-1}) ve aktif demir (8.02 - 16.65 mg kg^{-1}) içeriklerinin kontrole göre arttığını bildirmişlerdir.

Fe alımı Fe^{+3}'ün Fe^{+2}'ye indirgenmesi ile sağlanır (Kacar ve İnal, 2010). Demir eksikliğinin arttığı yerlerde fitosideroforlar salınarak demirin alımı ve taşınımı sağlanır. Fitosideroforların salgılanma etkinliği buğdaygil türleri arasında farklıdır. Örneğin buğday, arpa ve mısır gibi kloroza dayanıklı çeşitler daha çok sıvı salarken darı gibi dayanıksız çeşitlerde sıvı salınma oranı azdır. Bu nedenle, aynı toprak koşullarında sorgum Fe alımında etkisizken; mısır, arpa veya buğdayda bu etki fazladır (Bergmann, 1992; Aktaş 1994; Horuz ve ark., 2016).

Danyaei ve ark. (2017), zeytin ağaçlarının demir içeriğinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada, kükürt ve hümik asitli dört farklı dozda demir (kontrol, 20 kg ha^{-1}, 25 kg ha^{-1}, 30 kg ha^{-1}) uygulanmış, kontrole göre 30 kg ha^{-1} kükürt içeren hümik asit kaynağında en yüksek toplam demir içeriğine ulaşılmıştır.

Soya fasulyesi bitkisinin demir alımı üzerine EDDHA ürünleri olan racemic o-o-EDDHA-meso,o-o EDDHA, o-p-EDDHA ve rest-EDDHA uygulamalarının etkilerini belirlemek için yaptıkları çalışmada, FeEDDHA uygulamalarının bitkinin verimini (% 30) ve bitkinin Fe içeriğini (%50) artırdığını bildirmişlerdir (Schenkeveld ve ark., 2008).

Yağmur ve ark. (2005), yapraktan Fe'li gübre (0,% 0.05, %0.10 ve %15 Fe, Fetrilon-13) uygulamalarının üzüm yaprağının toplam Fe ve aktif Fe içeriğini araştırdıkları çalışma sonucunda, üzüm yaprağının toplam Fe ve aktif demir içeriklerini, kontrole göre (90 mg kg^{-1} ve 13 mg kg^{-1}) artış göstererek en yüksek artışın toplam Fe (350 mg kg^{-1}) ve aktif Fe'de (45 mg kg^{-1}) yapraktan % 0.15 Fe uygulamasıyla elde edildiğini bildirmişlerdir.

Peryea ve Kammereck (1997), armut yapraklarına, arıtılmış su ve $FeSO_4^{-2}.7H_2O$ püskürtmüşler. Uygulama ile SPAD klorofilmetresiyle ölçümü yapılan yaprakların yeşil renk yoğunluğuna göre, Fe gübrelemesinin nisbi etkinliğini belirlemede kullanılabilecek uygun bir gösterge olduğunu belirtmişlerdir.

Asri ve Sönmez (2010), domates bitkisinin kuru madde verimi, demir ve klorofil içeriği üzerine demir (1 ve 3 mg kg^{-1})uygulamaların etkisini araştırdıkları bir çalışmada, yaprakların toplam demir, aktif demir, klorofil a, b ve a+b içerikleri üzerine demir uygulamalarının etkilerinin uygulamalara bağlı olarak değiştiğinin toplam ve aktif demir kapsamları ile klorofil içeriklerinin artan demir uygulamalarına bağlı olarak arttığını bildirmişlerdir.

Sahrawat (2016), 100 mg kg^{-1} Fe uygulamalarının ($FeSO_4.7H_2O$, Fe-EDTA, ve Fe-EDDHA) yerfıstığının Fe içeriğine etkisini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada, FeEDDHA' nın diğer uygulamalara göre bitki toplam Fe kapsamını en fazla artırdığını bunun yanında yaprak aktif Fe içeriğinde artışa neden olduğunu bildirmiştir.

Özdemir ve Tangolar (2006)'ın Adana ilinde, farklı üzüm çeşitlerine, (20 mg kg^{-1}Fe) farklı demir uygulamaları ($FeSO_4.7H_2O$ +Çiftlik Gübresi, Fe-EDDHA, $FeSO_4.7H_2O$ +Sitrik asit) sonucunda, Fe-EDDHA nın demir miktarının artmasında etkin yöntem olduğunu, fakat Fe-EDDHA'nın ekonomik olmaması nedeniyle yerine $FeSO_4.7H_2O$ uygulanmasının aynı etkiyi gösterebileceğini belirtmişlerdir.

Gezgin ve Er (2001), Konya-Hadim-Alada mahallesinde üzüm bağlarından aldıkları 39 adet yaprak örneğinde toplam demir ve aktif demir arasındaki ilişkileri ve yapraklardaki kloroz belirtilerini belirlemek amacıyla bir çalışma yapmışlar. Araştırma sonucunda yaprak örneklerini renklerine göre yeşil, hafif yeşil, orta yeşil ve ağır kloroz gösteren olarak gruplandırmışlardır. Yapılan demir analizleri sonucunda, yaprakların

toplam demir içeriğinin fazla olduğunu, fakat yapraklarda demir noksanlık belirtilerinin görülmesinin sebebi olarak ta yapraktaki toplam demirin % 45 veya daha azının aktif Fe olması durumunda kloroz belirtisinin az görüldüğünü vurgulamışlardır.

Uçgun ve Akgül (2010), Senirkent (Isparta) bölgesinde şeftali ağaçlarına 5 farklı Demir gübresi (FeSO4, Fe-EDTA, Fe-DTPA, Fe-EDDHA o-o=3,6 ve Fe-EDDHA o-o=4,8) uygulanmış, yapılan analizler sonucunda en yüksek aktif demir içeriği o-o izomer oranı 4,8 olan Fe-EDDHA gübresinden elde edilmiş, deneme ile Fe-EDDHA şelatlı demir gübrelerinde o-o izomer oranının demir alımında oldukça önemli olduğu, o-o izomer oranı yüksek gübrelerin bu alımı artırdığı olduğu ortaya koyulmuştur.

Zengin ve ark. (2008), Starking çeşidi elma ağaçlarına topraktan ve yapraktan uyguladıkları demir kaynaklarının (Fe-EDDHA (% 6 Fe), $FeSO_4.7H_2O$ (% 19 Fe) ve elementel S) yaprakların toplam ve aktif demir içeriklerini klorofil-a ve klorofil-b içeriklerini inceledikleri bir çalışma sonucunda, yaprağın toplam demir içeriğinde (424.17 mg kg^{-1}) $FeSO_4.7H_2O$ ın etkili olduğunu, klorofil a (21.95 mg kg^{-1}) ve klorofil b içeriğinin (13.46 mg kg^{-1}) ve kuru maddenin (% 13), topraktan uygulanan Fe-EDDHA ile arttığını bildirmişlerdir.

Kalınbacak (2001), iki farklı kiraz anacına, farklı demir bileşiklerini kontrol, Fe-EDDHA (50 g ağaç-1), Hümik asit (300 g ağaç$^{-1}$), $FeSO_4.7H_2O$ (300 g ağaç$^{-1}$), Hümik asit+$FeSO_4.7H_2O$ (300 g ağaç$^{-1}$) uygulamışlar, bitki yapraklarının, aktif ve toplam Fe içeriklerinin uygulamalara bağlı olarak değiştiğini, en yüksek Fe değerlerinin Hümik asit+$FeSO_4.7H_2O$ uygulaması ile elde edildiğini bitkinin Fe beslenmesinde Fe-EDDHA'ya alternatif olarak kullanılabileceğini belirtmiştir.

Uysal ve Akay (2007) sera koşullarında yetiştirdikleri farklı fasulye çeşitlerine artan dozlarda (0, 6, 30 ve 60 mg kg^{-1}) demir uygulaması sonucu, aktif demir ile sırasıyla toplam demir kapsamı ($r = 0.935^{**}$) ve topraktan kaldırılabilir demir arasında ($r = 0.900^{**}$) istatistikî açıdan önemli ($p< 0.01$) pozitif yönlü ilişkiler bulunmuştur.

Karaman ve ark. (1999), Yalova tarla fasulyesi çeşidine (Phaseolus vulgaris) artan dozlarda demir uygulamalarının [0, 10, 20 mg kg^{-1} Fe, Fe-EDDHA, $FeSO_4.7H_2O$ ve Fe-EDDHA + $FeSO_4.7H_2O$ (1:1)] bitkinin kuru madde miktarına etkisini

incelemişler, kuru madde miktarının en fazla Fe-EDDHA uygulaması ile arttığını bildirmişlerdir.

Kazemi (2013)'nin salatalık bitkisi üzerinde yaptığı çalışmada, iki farklı miktarda (50 ve 100 mg L^{-1}) demir uygulanmış, çalışma sonucunda demir uygulamasının bitki klorofil içeriğine ve kuru madde miktarına pozitif yönde katkısı olduğu görülmüştür.

Korkmaz ve ark. (2010) fasulye bitkisine (Phaselous vulgaris l. var. nanus) artan dozlarda (0, 2, 4, ve 8 mg kg^{-1} Fe-EDDHA, %6 Fe) demir uygulamalarının bitkinin demir alımına etkisini belirlemek için yaptıkları bir çalışma sonucunda uygulamalara bağlı olarak bitkinin kuru madde veriminin ve demir alımını arttığını bildirmişlerdir.

Álvarez-Fernández ve ark. (2005) toprağa uygulanan Fe-EDDHA'nın topraktaki etkisinin yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar o-o izomerlerin yüksek pH ve kireç koşullarında stabil şelatlar oluştururken diğerlerinin stabilitesinin daha düşük olduğunu bu durumun da topraktan alınan demir miktarını etkilediğini belirtmişlerdir. Çalışmalara göre izomer oranı arttıkça şelat etkisi artmaktadır. Aynı araştırıcılar Fe-EDDHA o-o: 5.25, Fe-EDDHA o-o: 3.5, Fe-EDDHA o-o: 4.8, Fe-EDDHA o-o: 6 demir uygulamaları ile bitkinin topraktan kaldırdığı demir içeriği miktarındaki artışların istatistiki olarak önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Erdal ve ark. (2008) tarafından yapılan bir araştırmada, elma yapraklarında toplam ve aktif Fe konsantrasyonlarıyla yaprakların yeşil renk yoğunluğunu (SPAD indexleri) belirlemişler, değerler arasında anlamlı pozitif bir ilişkinin olduğunu bildirmişlerdir.

Aynı araştırıcılar domates bitkisine farklı düzeylerde demir (Fe) içeren besin çözeltisi uygulayarak, bitki gelişimi, bitkinin toplam ve aktif demir içerikleri, klorofil konsantrasyonu ve SPAD değerlerindeki değişimleri görmek ve aralarındaki ilişkileri incelemek amaçlamışlar. Çalışmada 0 µmol l^{-1}(Fe0), 7.5 µmol l^{-1} (Fe1), 15 µmol l^{-1} (Fe2), 30 µmol l^{-1} (Fe3) and 60 µmol l^{-1} (Fe4) içeren demir içeren besin çözeltileri hazırlamışlardır. Uygulama sonucunda bitki kuru ağırlık miktarı, aktif Fe içerikleri,

klorofil a klorofil b ve toplam klorofil değerleri Fe uygulamalarına bağlı olarak artmıştır (Erdal ve ark., 2013).

Akat ve ark. (2013), Limonium sinuatum yetiştiriciliğinde farklı demir dozlarının bitki gelişimi, verim ve kalite üzerine etkilerini belirlemek amacıyla bir araştırma yürütülmüştür. Araştırmada demirli gübre olarak Fe- EDDHA (Sequestrene 138 Fe) 4 farklı dozda (Fe0=0 mg kg^{-1}, Fe1=3 mg kg^{-1}, Fe2=6 mg kg^{-1} ve Fe3=9 mg kg^{-1}) sulama solüsyonuna uygulanarak verilmiş, uygulanan demir dozları bitki kuru ağırlığına ve besin maddesi alınımına etkisi bakımından değerlendirildiğinde 6 ppm demir uygulamasının L. sinuatum yetiştiriciliğinde yeterli olduğu sonucu gözlemlenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Bitki Materyali

Araştırmada ANT CİN 98F1 çeşit cin mısır tohumu (zea mays everta) kullanılmıştır. Antalya Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından geliştirilen patlama oranı yüksek hibrit cin mısırı çeşididir. Bitki boyu 210 cm, tane rengi sarı, sert sömek rengi beyazdır. Olgunlaşma gün sayısı 110-115 gündür. Yatmaya dayanıklı yüksek verimli bir çeşittir. Patlama emsali 27-31 g/cc'dir. Ülkemizin tüm bölgelerinde üretime uygundur.

3.2. Toprak Materyali Örneğinin Alınması ve Analize Hazırlanması

Sera koşullarında yürütülen denemede, toprak örnekleri Konya ili Selçuk Üniversitesi Alâeddin Keykubat Kampüsü Ziraat Fakültesi Hangar Bölgesinden alınmıştır. Örnek gölgede hava kuru durumuna gelinceye kadar kurutulmuş, bitki artıkları ve iri taşlar ayıklandıktan sonra toprak örnekleri tahta merdane ile dövülmüş ve 4 mm'lik elekten geçirilmiştir. Bu örnekler sera denemesinde kullanmak üzere 4 mm'lik elekten geçirilerek plastik kavanozlarda saklanmıştır. Denemede kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir. Deneme toprağı, hafif alkalin reaksiyona (McLean, 1982) sahip olup, tuzluluk problemi (Ergene, 1982) bulunmamaktadır. Deneme toprağının organik madde miktarı düşük (Ünal ve Başkaya, 1981) ve kireç içeriği çok fazla seviyede (Schroo, 1963) olup, Tın (L) bünyeye sahiptir. Toprakta bitkiye yarayışlı bitki besin elementlerinden Ca miktarı fazla, K miktarı yeterli, Mg ve P miktarı yetersiz düzeydedir (FAO, 2002). Toprakta bitkiye yarayışlı mikro besin elementlerinden Cu miktarı yeterli, Mn miktarı yeterli, Zn ve B miktarları yetersiz düzeylerdedir. Ayrıca deneme yeri toprağın da Fe içeriği yetersiz seviyede bulunmuştur (Lindsay ve Norvell, 1978).



Şekil 3.1. Denemenin kurulması ve tohumların ekim aşaması

Çizelge 3.1. Toprak örneklerinde yapılan fiziksel ve kimyasal analizler

Toprak Özellikleri	Analiz Sonucu	Değerlendirilmesi	Metot
pH (1:2.5 toprak:su)	7.53		Jackson (1962)
EC (1:5 toprak:su) (µS cm^{-1})	136		Jackson (1962)
$CaCO_3$ (%)	28.0		Hızalan ve Ünal (1966)
Organik madde (%)	1.68		Smith ve Weldon (1941)
Tekstür sınıfı	Tın		Bouyoucos (1951)
1 N NH_4AOC ekstrakte edilebilir, mg 100 g^{-1}			
Ca	4853.8		Bayraklı (1987)
Mg	141.4		Bayraklı (1987)
K	169.7		Bayraklı (1987)
Na	30.9		Bayraklı (1987)
mg kg^{-1}			
0.5 N $NaHCO_3$ ile ekstrakte edilen P	4.30		Bayraklı (1987)
DTPA ile ekstrakte edilen Fe	**1.21**		Lindsay ve Norvell (1978)
DTPA ile ekstrakte edilen Zn	0.08		Lindsay ve Norvell (1978)
DTPA ile ekstrakte edilen Mn	4.98		Lindsay ve Norvell (1978)
DTPA ile ekstrakte edilen Cu	0.52		Lindsay ve Norvell (1978)
$CaCl_2$ + mannitol ile ekstrakte edilen B	0.34		Cartwright ve ark. (1983)

3.3. Sera Denemesinin Kurulması ve Yürütülmesi

Deneme, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü kontrollü serasında tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur.

Deneme, 4 tekerrürlü olarak, tek çeşit bitkide kurulmuş ve denemede plastik saksılara 4 mm'lik elekten geçirilmiş fırın kuru ağırlık esasına göre 3 kg toprak konulmuş olup 1 bitki x 4 tekerrür x 15 uygulama konusu (kontrol, Elementel S, K-Humat, $FeSO_4.7H_2O$ (%19 Fe), $FeSO_4.7H_2O$ + Elementel S, $FeSO_4.7H_2O$+K-Humat, Fe EDTA (%13 Fe), FeDTPA (%6 Fe), Fe DTPA (%11 Fe), Fe HBED (%6 Fe), Fe EDDHA (o-o:2.2) (%6 Fe), Fe EDDHA (o-o:3.5) (%6 Fe), Fe EDDHA (o-o:4.8) (% 6 Fe), Fe EDDHA (o-o:5.25) (%6 Fe), Fe EDDHA (o-o:6) (%6 Fe) olmak üzere toplam 60 saksıda yürütülmüştür. Deneme ısı, ışık ve nispi nemi bilgisayar kontrollü serada yürütülmüştür. Deneme süresince gündüzleri sera içi sıcaklığının 25-30 °C, solar radyasyonun 1700 kcal m^{-2} ve nispi nemin %60-70 olması sağlanmıştır. Denemede kullanılan Fe kaynakları Dr. TARSA, K-Humat (TKİ-Humas) Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Genel Müdürlüğü (TKİ) tarafından sağlanmıştır.

Bütün saksılara ekimden önce bitkide normal bir gelişme sağlanması amacıyla 200 mg N kg^{-1} (AN, % 33 N), 80 mg P kg^{-1} (MAP, % 12 N, % 61 P), 100 mg K kg^{-1} (KNO_3 % 13 N, % 44 K), 40 mg Mg kg^{-1} ($(Mg(NO_3)_2$, % 15,4 MgO (% 9.5 Mg) ve %10.9 N)), 4 mg Zn kg^{-1} ($ZnSO_4$.7 H20, %23 Zn), 2.5 mg kg^{-1} B (Etidot 67, %20.8 B) çözelti şeklinde verilmiştir. Denemede farklı demir kaynaklarından 15 mg kg^{-1} demir ve 250 mg kg^{-1} hümik + fulvik asit (K-Humat, %12 HA+FA) olacak şekilde her bir saksıya uygulama yapılmıştır.

Denemede ANT CİN 98 F1 çeşit cin mısır tohumu kullanılmıştır. Ekim her bir saksıya hazırlanan gübre çözeltileri ve demir dozları ile birlikte 11.09.2015 tarihinde yapılmıştır. Başlangıçta her saksıya 8 adet mısır tohumu ekilmiş ve her saksıya toprağın nem kapsamı tarla kapasitesinin %80'ine ulaşacak biçimde saf su verilmiştir. Çimlenme sağlandıktan sonra her saksıda 3 bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır. Kontrollü şartların sağlandığı sera ortamında saksıların yerleri her gün kendi aralarında değiştirilmiştir.

Deneme süresi boyunca bitkilerin gelişimindeki farklar gözlenmiş bu durum farklı zamanlarda fotoğraflanmıştır. 55-60 günlük gelişim sonunda bitkiler toprak üstü aksamından kesilerek alınmıştır. Sonra 3.5.1.'de belirtildiği gibi bitkilerin kuru ağırlıkları belirlenmiş ve analizlerde kullanılmak üzere tungsten kaplı öğütücü de öğütülmüştür.



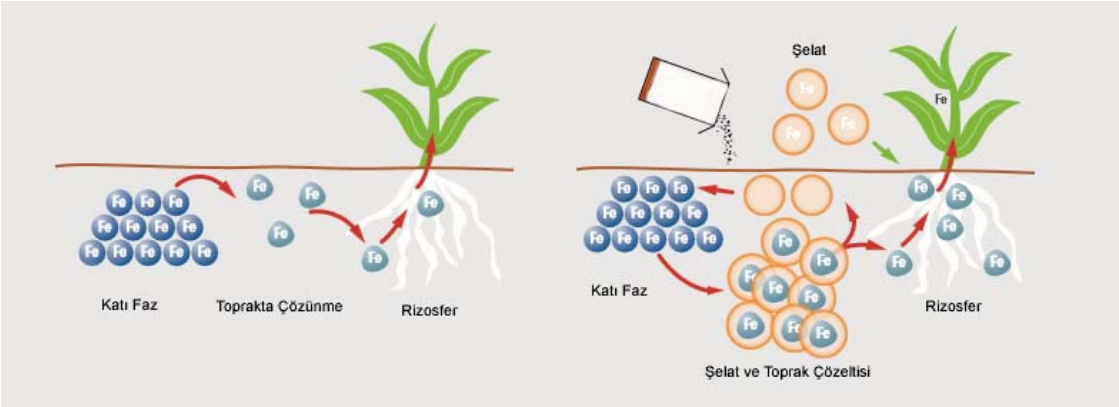
Şekil 3.2 Denemenin farklı zamanlarına ait görüntüler

3.4. Denemede Kullanılan Demir Kaynakları

Demir gerek toprakta gerekse bitkide farklı aromatik organik bileşiklerle kolaylıkla birden fazla bağ ile bağlanarak şelat adı verilen organik komplekleri oluşturur. Şelat oluşturma olgusu demirin bitkiye yarayışlılığını etkileyen önemli bir özelliktir. Şelat şeklindeki demir bitki için yararlı olmaktadır.

Toprağa uygulanan sentetik şelatlarla genelde iyi sonuç alınır. Ancak pahalı olmaları kullanımlarını sınırlamaktadır. Topraktaki demiri bitkinin alabilmesi için; bazı sentetik maddelerde kullanılmaktadır. Bu tür mikro element noksanlığını önlemek için bir çözümdür. Bu sentetik maddeler şelat (kileyt) adı verilmektedir. Şelat, bir iyonla bir şelat ajanının birleşmesidir. Bir metali yarayışsız bileşik oluşumundan koruyan molekül yapısıdır. Bir elementle (genellikle besin elementi özelliği olan Fe, Zn, Ca) ortamdaki başka bir elementin kompleks bileşik oluşturmasını engeller.

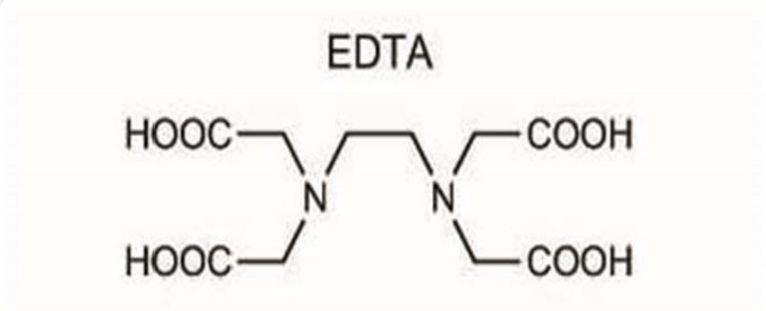
Etkili bir şelat, iyonu kavrar ve bunun bitkiler için toprak çözeltisinde tutulmasını sağlar. Aşırı sulama ve yağışla bitki besin elementinin kaybolmasını önler, bu elementin kök bölgesinde kalmasını sağlar. Bazı araştırmalara göre şelatların etkinliği toprak özelliklerine ve tuzluluğa bağlı olarak değişebilmektedir. Demir klorozu alkalin ve kireçli topraklarda sorun teşkil eder. Şelatlar bunu engellemede etkilidir. Bitki besin elementinin kökten alımı için etkilidir. Fakat toprak sıcaklığının düşük olması yada çok erken ilkbaharda şelatların etkisi azalabilmektedir (Tagliavini ve Rombolà, 2001; Bienfait ve ark., 2004)



Şekil 3.3. Bitki kök bölgesinin, şelatlı ve şelatsız gübre kullanımı sonrası Fe alımı

3.4.1. Etilendiaminetetraasetikasit (EDTA)

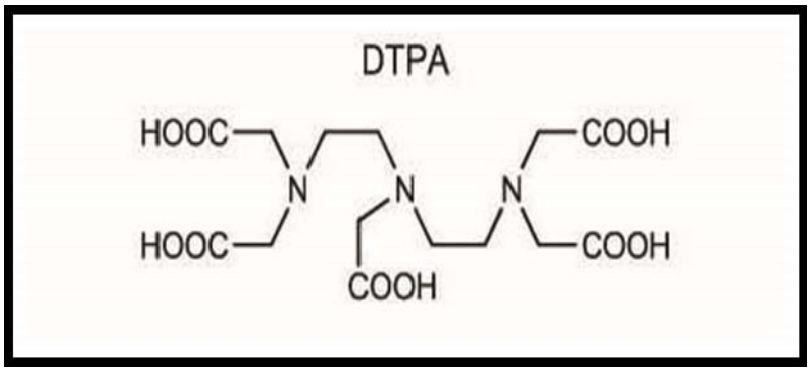
Standart şelat maddesidir. B ve Mo dışında elementler ile ama en iyi formunu Fe,Ca ve Mg gibi elementlerle verir. EDTA, inorganik tuzlar, lignosülfonat, amino asit, sitrik asite göre daha fazla etkili ve kararlıdır. Stabilitesi genel olarak pH=9'a kadar güçlüdür. Ca ve HCO_{-3} düzeylerinin dengesini etkileyebilir. Yaprak ve kökten uygulama için etkinliği yüksek olan ve en çok kullanılan şelattır. Normal şartlarda bir iyonla bir şelatın birleşmesi belirli bir pH aralığında stabildir. Fakat Fe- EDTA' nın Fe dışında, geniş bir pH aralığında iyonlarla yüksek bir kararlılık gösterdiği son zamanlarda kanıtlanmıştır (pH>7 ve pH>=13). En çok yaprak ve kökten uygulanan ve yüksek etkinliği olan bir şelattır (Korkmaz A, 1982; Ebbs ve Kochian, 1998; Epstein ve ark., 1999; Álvarez Fernández ve ark., 2004; Ferrarezi ve ark., 2007).



Şekil 3.4. EDTA' nın kimyasal bağ yapısı

3.4.2. Dietilentriaminpentaasetikasit (DTPA)

Kağıt sanayide, kağıt hamuru yapmak ve beyazlatmak için işlemlerde, serbest metallerin etkisini düşürmek için sıklıkla kullanılır. EDTA dan daha güçlü bir şelattır. Oksitleme koşulları daha iyidir. HCO^{-}_{3} ve Ca düzeylerini dengeler. Bitkilerde ise DTPA kökler tarafından besinlerin absorbe sorunu olmayan topraklara uygulamada etkilidir.



Şekil 3.5. DTPA'nın kimyasal bağ yapısı

3.4.3. EtilendiaminN,N-di(ortohidroksipenil)asetikasit (EDDHA)

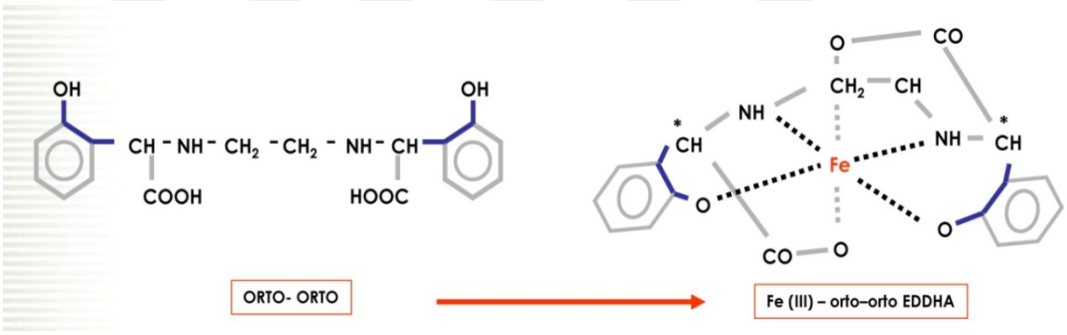
Özellikle demir ile alkalin koşullarda kullanılan, yüksek performanslı şelattır. EDDHA toprak uygulamalarında daha etkilidir. Elementin toprak çözeltisinde sıkı bir şekilde tutulmasını sağlar. Yapraktan püskürtme ile ya da sulama suyuna karıştırıldığında diğer şelatlara göre etkinliğinin fazla olduğu görülmüştür. Demir klorozunda en etkili ama pahalı bir şelattır.

Saflaştırılmamış inorganik tuzların ilave edilmesi ile elde edilir. Bu sentez üç izomerli bir bileşik oluşturur. İzomerleri sayesinde kararlı ve dengeli bir yapı gösterir ve organik komplekslerle farklı türde farklı yapısal bağ yapabilir. Bu izomerler orto-orto, orto-para, para-para izomerlerdir. Tarım sanayisinde en çok kullanılan izomer orto-orto ve orto-para'dır.

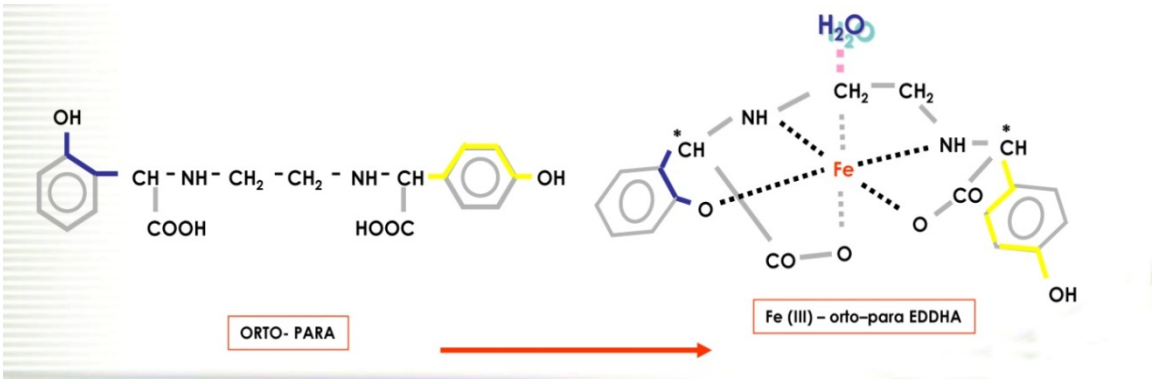
Orto-orto OH^- grubunda benzen halkasının orto pozisyonundadır. Orto-orto İzomerinde, kenetleme noktası ve koordinasyon sayısı 6'dır. Orto-orto asetik asidin fenol ile formulasyonundan elde edilmiştir, fenolik bir bileşiktir. Bu durum, tarımda, bitkide kloroz tedavisi, bitki besin maddesi ya da gübrelemede avantaj sağlayabilmektedir. Orto-orto EDDHA, suda kolay çözünme sağlar, toprakta ve suda stabilitesi fazladır. Orto-orto EDDHA izomeri, geniş pH aralığında en verimli kenetlenme maddesidir.

Kireçli topraklarda elementi çözme ve çözeltide tutma yeteneğine sahiptir. Araştırmalara göre; dezavantajının endüstriyel üretimlerinde sıvı siyanür (HCN)

ihtiyacının olması belirtilmiştir. Demir molekülünün 6 tane birleşme noktası vardır. Toprağın demiri tamamen bağlaması ve bitkiye geçmesi için bu birleşme noktasını kaplaması gerekir. Bu birleşme en iyi orto izomerinde olmaktadır. En iyi demirle birleşirler. Demirin bütün bağlantı noktalarını kaplar ve dış etkenlere karşı korurlar. Nötr veya yüksek pH'larda ve alkalin topraklarda demiri toprak çözeltisinde tutar, kök rizosfer bölgesine demirin taşınmasını kolaylaştırır. Demir klorozunda en etkili şelattır. Demir, şelat yardımıyla bitkiye sağlanmakta şelat maddesi de toprakta kalmaktadır. Orto-orto izomeri topraktaki yarayışsız Fe'i bitkiye elverişli duruma getirebilir ve etkinliğini orto-para ya göre uzatabilmektedir. Buna "ironshuttleeffect" "effecttransporter" ya da "demir mekik etkisi" (demir taşıyıcı) denilmektedir (Korkmaz A, 1982; Ebbs ve Kochian, 1998; Epstein ve ark., 1999; Cantera ve ark., 2002; Gómez Gallego ve ark., 2005; Rojas ve ark., 2008; Nadal ve ark., 2012).



Şekil 3.6. Fe Orta-orto EDDHA kimyasal bağ yapısı



Şekil 3.7. Fe orto-para EDDHA kimyasal bağ yapısı

3.4.4. N,N-di(2-hidroksilbenzil)etilendiamilN,Ndiasetikasit (HBED)

Yeni şellat maddesi HBED, demir ve çinko ile stabilitesi daha yüksek şelat oluşturarak toprak ve topraksız kültürlere uygulama için tavsiye edilen bitki için en etkili kaynaklardan biridir. Ayrıca diğer sık kullanılan şelatlardan HBED'i ayıran en önemli özelliklerden biri insandaki demir bozukluklarının tıbbi tedavisinde kullanılmasıdır (Hemolitik anemi, demir yüklenmesi, demir zehirlenmesi ve hatta sıtma).

HBED, bitkilerin tamamen kullanabileceği Fe ve Zn konsantrasyonu yüksektir. pH=12'ye kadar olan kireçli topraklarda yüksek stabilite, yüksek konsantrasyonludur K=10-39 ve EDDHA ve hemoglobin ile kıyaslanabilir. En yüksek benzerliği 3 değerlikli demir iledir. Yüksek bakır konsantrasyonunun da bakır toksisitesinin ve bakır noksanlığında demir ile değişimi yoktur.

İzomerleri yoktur. Bu nedenle molekülde izomerler, Orto-orto etkin demir içeriğinin konsantrasyonunu kontrol etmek için karmaşık ve gelişmiş yöntemler kullanmaya gerek yoktur. Tarımsal açıdan kullanımında, Fe HBED kararlılığı ve dayanıklılığı diğer demir şelatları arasında en yüksek olanıdır. Kararlılık sabiteleri neredeyse hemoglobin gibi yüksek, EDDHA ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde yüksektir. Bu son derece yüksek pH koşullarında HBED in çok kararlı olduğunu göstermektedir.

Genellikle meyve ağaçlarındaki demir klorozu önlemek için kullanılır. Araştırmalara göre, demir eksikliği semptomlarının giderilmesi yeşil yapraklarının iyi büyümesi ve meyve gelişimini iyileştirmektedir. Fe HBED yüksek pH şartlarında yetiştirilen bitkilerde o,o EDDHA ya göre verimliliği yüksektir. Aynı zamanda farklı topraklarda Fe HBED ve o,o EDDHA uygulamaları karşılaştırıldığında toprak çözeltisi içinde yüksek konsantrasyonu ile dikkat çekmiştir. Fe EDDHA ile kullanıldığında bitkinin klorofil miktarında artış gözlenmiştir (López Rayo ve ark., 2009).

3.5. Denemede yapılan ölçümler

3.5.1. Kuru madde miktarı

Hasattan sonra laboratuvara getirilen mısır bitkileri çeşme suyu ile yıkandıktan sonra sırasıyla saf su, 0.2 N HCl çözeltisi, saf su ve deiyonize su ile yıkanarak kaba filtre kağıtları ile fazla suları alınmıştır. Daha sonra ayrı ayrı kese kağıtlarına konulan bitki örnekleri hava sirkülasyonlu kurutma dolabında 70 ºC'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve 0.01 g duyarlı terazide tartılarak ağırlıkları kaydedilmiştir.

3.5.2. Bitki Örneklerinin Analize Hazırlanması

Ağırlıkları belirlenmiş olan bitki materyalleri tungsten kaplı bitki öğütme değirmeninde öğütülmüştür. Polietilen kavanozlara konulan öğütülmüş bitki örnekleri analizde kullanılmadan önce 70^{o}C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutma dolabında kurutulmuştur.

3.5.3. Bitki Örneklerinin Analizi

Kurutma dolabından alınan bitki örneklerinden 0.2 gram tartılarak 5 ml HNO_3 ile 2 ml H_2O kullanılarak yüksek basınç (200 PSI) altında mikrodalga cihazında (CEM MarsXpress) çözündürülmüştür. Daha sonra örnekler 25 ml'lik balonjoje'ye aktarılarak soğuduktan sonra deiyonize su ile derecesine tamamlanmıştır. Bu süzükler mavi bant filtre kağıdı ile süzülmüş ve süzükteki demir kapsamı ICP-AES (Varian- Vista model) cihazı ile belirlenmiştir.

3.5.4. Bitki Örneklerinde Klorofil a, Klorofil b ve Toplam Klorofilin Belirlenmesi

Klorofil ölçümü için mısır bitkisi yaprak örnekleri, deneme saksılarından alt yaşlı yapraklar ve yeni sürgün vermiş genç yapraklar hariç 3. ve 4. yapraklardan birbirine izdüşümlü, Fe noksanlığı görülen/görülmeye başlanmış ve büyümesini tamamlamış genç yapraklar olarak toplanmıştır. Örnekler analizden hemen önce alınmış ve analiz sonuna kadar buzdolabında +4°C'de kısa süreli muhafaza edilmiştir. %80'lik aseton ve magnezyum karbonat ($MgCO_3$) ile elde edilen ekstraktlarda

spektrofotometrede (Perkin–Elmer Lambda 25 UV/Vis) 645 ve 663 dalga boylarında okunmuş ve elde edilen okuma değerlerinde;

$$\text{klorofil a}(\text{ mg } L^{-1}) = 12.7 \times A_{663} - 2.7 \times A_{645}$$

$$\text{klorofil b}(\text{ mg } L^{-1}) = 22.9 \times A_{645} - 4.7 \times A_{663}$$

formülleri ile dönüştürülerek bitki klorofil miktarları belirlenmiştir (William, 1984). Klorofil a + b ise klorofil a ile klorofil b'nin toplanması ile elde edilmiştir.

3.5.5. Bitki örneklerinde Toplam Fe İçeriğinin Belirlenmesi

Analize hazır hale getirilen yaprak örneklerinden 0.2 g tartılarak 5 ml konsantre HNO_3 ve 2 ml deiyonize su ile mikro dalga cihazında (MarsExpress, CEM Corp., USA) yüksek basınç altında (200 PSI) çözündürülmüştür. Analizin güvenilirliğini sağlamak için 40 hücrelik mikrodalga seti içerisine 1 blank ve 1 sertifikalı referans materyal (Peach Leaves, NIST) ilave edilmiştir. Çözündürülen numunelerin hacimleri deiyonize su ile 20 ml'ye tamamlanmıştır. Elde edilen süzükler mavi bantlı filtre kâğıdından süzülüp, süzükteki toplam demir kapsamı ICP-AES (Varian, Australia Pty Ltd. Mulgrave, Australia) cihazında belirlenmiştir.

3.5.6. Bitki Örneklerinde Aktif Fe İçeriğinin Belirlenmesi

Mısır bitkisi yaprak örnekleri, deneme saksılarından alt yaşlı yapraklar ve yeni sürgün vermiş genç yapraklar hariç 3. ve 4. yapraklardan birbirine izdüşümlü, Fe noksanlığı görülen/görülmeye başlanmış ve büyümesini tamamlamış genç yapraklar olarak alındıktan sonra, önce musluk suyu ile yıkanmış, sırasıyla bir kez saf su, 0.2 N HCl çözeltisi, iki kez saf su ile yıkanıp, kurutma kağıdı üzerinde fazla suları alınmıştır. Temiz bir fayans üzerinde bisturi ile çok ince bir şekilde doğranmış, sonrasında 2 g tartılarak ağzı kapaklı plastik kutulara konulmuş ve üzerine 20 ml 1 N HCl çözeltisi ilave edilerek 24 saat oda koşullarında karanlıkta bekletilmiştir (Takkar ve Kaur, 1984). Sürenin sonunda ekstraktlar mavi bantlı filtre kağıdı ile kapaklı tüplere süzülmüş ve +4°C'de karanlıkta muhafaza edilmiştir. HCl ile ekstrakte edilebilir aktif demir miktarı ICP-AES (Varian, Australia Pty Ltd. Mulgrave, Australia) ile belirlenmiştir

3.5.7. Bitki Örneklerinde Klorofil Renk Yoğunluğunun Belirlenmesi (SPAD ölçümü)

Klorofil miktarlarının ölçümleri her grup için uygulama sonrası 1.örnekleme zamanlarında takip edilmiş, bitki örneklerinin klorofil içerikleri, klorofil renk yoğunluğu, yapraktaki klorofil miktarını dolaylı olarak ölçen SPAD metre (Minolta SPAD 502) ile belirlenmiştir (Peryea ve Kammereck, 1997).

3.6. İstatistiksel Analizler

Deneme kapsamında elde edilen sonuçlar tesadüf parselleri deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuştur. F testi yapılmak suretiyle farklılıkları tespit edilen uygulamaların ortalama değerleri LSD önem testine (%5 ve %1) göre gruplandırılmıştır. MSTAT-C istatistiksel paket programı kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Farklı Demir Kaynaklarının Mısır Bitkisinin Yapraklarının Kuru Madde Miktarı Üzerine Etkisi

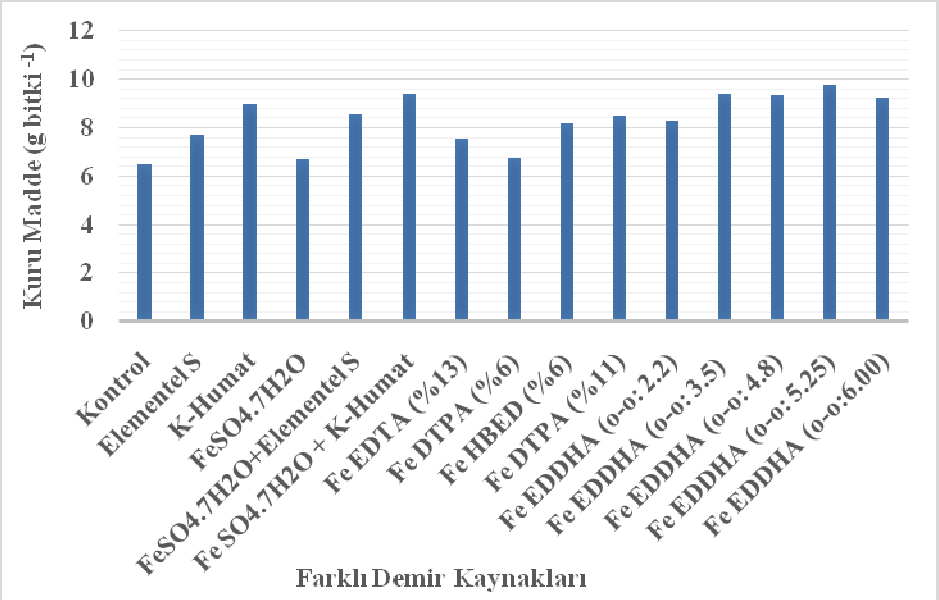
Farklı demir kaynaklarının sera şartlarında yetiştirilen mısır bitkisinin kuru madde miktarları üzerine olan etkilerinin ortalamaları Çizelge 4.2' de, kuru madde miktarlarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1' de ve bu değerlere ait grafik Şekil 4.1' te verilmiştir. Bu çizelgelerden de görülebileceği gibi mısır bitkisinin kuru madde miktarları uygulamalara bağlı olarak önemli düzeyde farklılıklar göstermektedir.

Farklı demir kaynaklarının mısır bitkisinin kuru madde miktarlarında sağladığı artışlar Çizelge 4.2 ve Şekil 4.1'in de incelenmesiyle görülebileceği gibi, kontrole göre % 3.1 ($FeSO_4.7H_2O$) ile % 50.6 (Fe-EDDHA o-o:5.25) arasında değişen oranlarda artmıştır. Bulgularımıza benzer olarak, demir uygulaması ile kontrole göre Karaman ve ark. (1999) ve Korkmaz ve ark. (2010) fasulye bitkisinin, Erdal ve ark. (2013) domates bitkisel kuru madde veriminde çok önemli düzeyde artışlar belirlemişlerdir. Farklı demir kaynaklarının ortalaması olarak elde edilen mısır bitkisi kuru madde miktarlarında yapılan LSD testine göre bitki kuru madde miktarları bakımından Fe-EDDHAo-o:5.25≥FeSO4.7H20+K-Humat≥Fe-EDDHAo-o:3.5≥Fe-EDDHAo-o:4.8≥Fe-EDDHAo-o:6≥K-Humat≥FeSO4.7H20+ElementelS≥Fe-HBED≥Fe-EDDHAoo:2.2≥Fe-DTPA %11≥Elementel S birinci grubu, FeSO4.7H20+K-Humat≥ Fe-EDDHA o-o:3.5≥Fe-EDDHA o-o:4.8 ≥ Fe-EDDHA o-o:6 ≥ K- Humat≥FeSO4.7H20+Elementel S≥ Fe-HBED≥ Fe-EDDHA o-o:2.2 ≥ Fe-DTPA %11≥Elementel S≥Fe-EDTA ikinci grubu, FeSO4.7H20+Elementel S≥ Fe-HBED≥ Fe-EDDHA o-o:2.2≥Fe-DTPA %11≥Elementel S≥Fe-EDTA≥Fe-DTPA,%6≥FeSO4.7H20 ≥kontrol (0 Fe)üçüncü grubu oluşturmaktadır. Gruplar içindeki farklar istatistiki olarak önemli bulunmazken, istatistiki olarak %5 seviyesinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.1). Uygulamalar arasında en yüksek kuru madde miktarı, Fe-EDDHA o-o:5.25 uygulaması ile (9.79 g saksı$^{-1}$) elde edilmiştir. Nitekim Karaman (2003), Schenkeveld ve ark. (2008) ve Zengin ve ark. (2008) tarafından yapılan çalışmalarda da FeEDDHA'nın bitki kuru madde verimini diğer uygulamalara kıyasla daha fazla artırdığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4.1. Farklı demirli kaynaklarının mısır bitkisinin kuru madde verimi üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	59	172.586	--	--
Tekerrür (T)	3	8.067	2.689	1.1335
Uygulama	14	64.878	4.634	1.9533*
Hata	42	99.641	2.372	--
C.V. (%)			18.50	

*, $p<0.05$



Şekil 4.1. Farklı Demir Kaynaklarının Mısır Bitkisinin Kuru Madde Verimine Etkisi

Çizelge4. 2. Farklı demirli kaynaklarının mısır bitkisinin kuru madde verimi, kaldırılan Fe, toplam Fe ve aktif Fe içeriği, klorofil a, klorofil b ve klorofil a+b üzerine etkisi

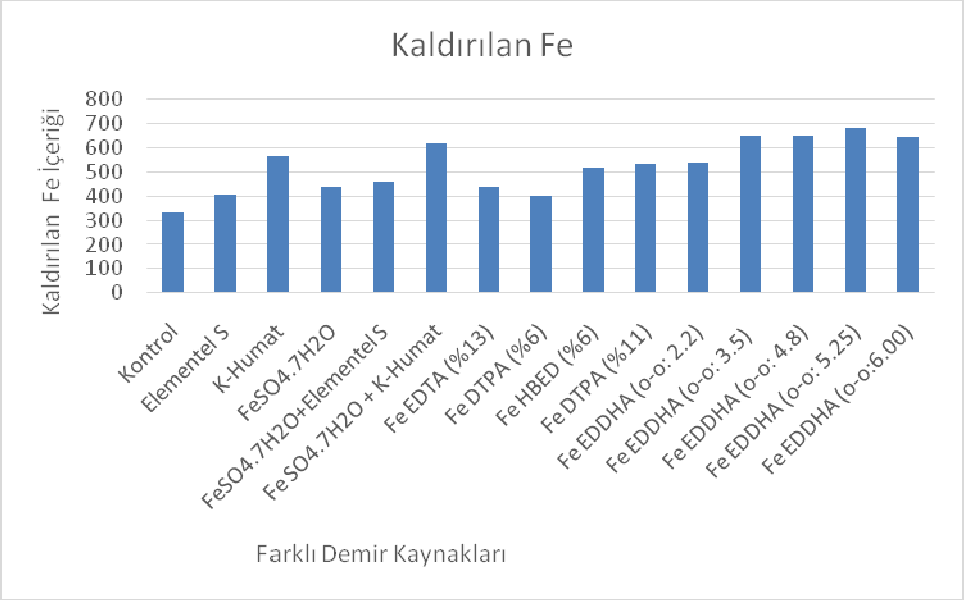
Uygulanan Kaynaklar	**Kuru Madde (g saksı $^{-1}$)**	**Kaldırılan Fe Miktarı (µg saksı$^{-1}$)**	**Toplam Fe İçeriği (mg kg^{-1})**	**Aktif Fe İçeriği (mg kg^{-1})**	**Toplam Fe içinde aktif Fe oranı,%**	**Klorofil a (mg L^{-1})**	**Klorofil b (mg L^{-1})**	**Klorofil a+b (mg L^{-1})**	**SPAD**
Kontrol	6.50 **c**	330	50.85 **e**	18.16 **f**	36	2.95 **g**	1.05 **e**	3.99 **f**	21.34 **f**
Elementel S	7.72 **abc**	403	52.26 **e**	19.74 **ef**	38	3.76 **efg**	1.27 **de**	5.04 **ef**	23.63 **def**
K-Humat	8.97 **ab**	564	62.93 **a-d**	22.14 **c-f**	35	6.68 **a-d**	2.33 **abc**	9.01 **a-d**	26.74 **a-d**
$FeSO_4.7H_2O$	6.70 **c**	435	64.99 **abc**	21.04 **def**	32	4.99 **d-g**	1.54 **cde**	6.51 **def**	25.98 **cde**
$FeSO_4.7H_2O$ + Elementel S	8.56 **abc**	459	53.61 **de**	22.92 **b-f**	43	5.61 **c-f**	1.80 **b-e**	7.40 **c-f**	22.97 **ef**
$FeSO_4.7H_2O$ +K- Humat	9.41 **ab**	614	65.29 **abc**	31.39 **abc**	48	6.50 **bcd**	2.10 **a-d**	8.60 **a-d**	25.90 **cde**
Fe-EDTA	7.57 **bc**	436	57.65 **cde**	19.74 **ef**	34	3.14 **fg**	1.11 **e**	4.25 **f**	23.94 **def**
Fe-DTPA %6 Fe	6.76 **c**	400	59.12 **b-e**	21.98 **c-f**	37	4.50 **d-g**	1.84 **b-e**	6.34 **def**	25.55 **de**
Fe-DTPA %11 Fe	8.18 **abc**	519	63.44 **a-d**	29.33 **a-e**	46	4.91 **d-g**	1.61 **cde**	6.52 **def**	25.22 **de**
Fe-HBED	8.51 **abc**	531	62.43 **a-d**	24.29 **b-f**	39	4.98**d-g**	1.66 **b-e**	6.64 **def**	25.59 **de**
Fe-EDDHA (o-o: 2.2)	8.28 **abc**	538	65.04 **abc**	30.10 **a-d**	46	6.36 **b-e**	2.15 **a-d**	8.50 **b-e**	25.73 **de**
Fe-EDDHA (o-o: 3.5)	9.39 **ab**	647	68.92 **ab**	30.81 **a-d**	45	7.12 **a-d**	2.16 **a-d**	9.28 **a-d**	26.69 **bcd**
Fe-EDDHA (o-o: 4.8)	9.35 **ab**	649	69.47 **a**	31.90 **ab**	46	8.22 **abc**	2.62 **ab**	10.84 **abc**	29.25 **abc**
Fe-EDDHA (o-o: 5.25)	9.79 **a**	682	69.71 **a**	35.41 **a**	51	8.80 **ab**	3.05 **a**	11.85 **ab**	30.10 **a**
Fe-EDDHA (o-o: 6.00)	9.24 **ab**	646	69.92 **a**	36.48 **a**	52	9.19 **a**	2.88 **a**	12. 07 **a**	29.56 **ab**
Min	**6.50**	**303**	**50.85**	**18.16**	**32**	**2.95**	**1.05**	**3.99**	**21.34**
Max	**9.79**	**682**	**69.92**	**36.48**	**52**	**9.19**	**3.05**	**12.07**	**30.10**
Ortalama	**8.33**	**524**	**62.38**	**26.36**	**42**	**5.85**	**1.95**	**7.79**	**23.91**
LSD	2.198		9.844	9.752		2.657	0.9858	3.534	3.384

4.2. Farklı demir kaynaklarının mısır bitkisinin topraktan kaldırdığı demir miktarı üzerine etkisi

Farklı demir kaynaklarının sera şartlarında yetiştirilen mısır bitkisinin topraktan kaldırdığı demir miktarı üzerine etkilerinin ortalamaları Çizelge 4.2 'de, mısır bitkisinin topraktan kaldırdığı demir miktarı üzerine ait değerlere ait grafik Şekil 4.2'de verilmiştir.
Bu çizelgelerden de görülebileceği gibi mısır bitkisinin topraktan kaldırdığı demir miktarı uygulamalara bağlı olarak önemli düzeyde farklılıklar göstermektedir.

Farklı demir kaynaklarının mısır bitkisinin mısır bitkisinin topraktan kaldırdığı demir miktarı üzerine sağladığı artışlar Şekil 4.2' nin de incelenmesiyle görülebileceği gibi, kontrole göre 1.2 kat (FeDTPA %6) ile 2.0 kat (Fe-EDDHA o-o:5.25) arasında değişen oranlarda artmıştır.

Uygulamalar arasında en yüksek kaldırılan demir miktarı, Fe-EDDHA o-o:5.25 uygulaması ile (682 µg saksı$^{-1}$) elde edilmiştir. Nitekim yapılan çalışmalarda Başar ve Özgümüş (1999); Yağmur ve ark. (2005) ve Sahrawat (2016) demir uygulamaları ile bitkiler tarafından kaldırılan demir miktarının arttığını bildirmişlerdir.



Şekil 4. 2. Farklı Demir Kaynaklarının Mısır Bitkisinin Topraktan Kaldırdığı Demire Etkisi

4.3. Farklı demir kaynaklarının mısır bitkisi yapraklarının toplam ve aktif demir içeriği üzerine etkisi

Farklı demir kaynaklarının sera şartlarında yetiştirilen mısır bitkisi yapraklarının toplam ve aktif demir miktarları üzerine olan etkilerinin ortalamaları Çizelge 4.2‘ de, toplam ve aktif demir miktarlarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4’ te ve bu değerlere ait grafik Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’te verilmiştir.

Bütün uygulamalarda mısır bitkisi yapraklarının toplam demir içerikleri (50-250 mg Fe kg^{-1}) Jones ve ark. (1991)’e göre yeterli düzeyde olmasına rağmen kontrol ve Elementel S uygulamalarında hafif düzeyde demir eksikliği belirtileri görülmüştür. Farklı Fe kaynaklarının mısır bitkisi yapraklarının toplam ve aktif demir miktarlarındaki değişime etkisi istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.3. ve Çizelge 4.4).

Mısır bitkisi yapraklarının toplam demir konsantrasyonları farklı Fe kaynaklarının uygulamasıyla kontrole göre %3 (Elementel S) ile %38 (Fe-EDDHA o-o: 6) arasında değişen oranlarda artmıştır (Çizelge 4.2. ve Şekil 4.3). Mısır bitkisi yapraklarının aktif demir konsantrasyonları farklı demir kaynakları uygulaması ile kontrole göre % 9 (Elementel S) ile % 50 (Fe-EDDHA o-o: 5.25) arasında değişen oranlarda artmıştır (Çizelge 4.2 ve Şekil 4.4).

Farklı Fe kaynaklarının uygulamasıyla kontrole göre mısır bitkisi yapraklarının aktif Fe içeriğindeki artışlar toplam Fe içeriğine kıyasla genellikle daha fazla olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Bununla birlikte $FeSO_4.7H_20$,Fe-EDTA ve K-Humat, kaynakları yaprakların toplam demir miktarında aktif Fe miktarına göre daha fazla artış sağlamışlardır. Nitekim kontrolde mısır yapraklarındaki aktif Fe miktarı toplam Fe’in %36’sı iken FeSO4.7H20 (%32), Fe-EDTA (%34) ve K-Humat (%35) hariç farklı Fe kaynaklarının uygulanmasıyla %37 ile %52 arasında değişen oranlarda olup bu durum bu kaynakların uygulanmasıyla mısır yapraklarında aktif Fe’in toplam Fe’e göre daha fazla arttığını göstermektedir. Bu kaynaklardan Fe-EDDHA o-o:6 ve Fe-EDDHA o-o:5.25 mısır yapraklarında toplam Fe ve aktif Fe içeriğinde, ayrıca aktif Fe’in toplam Fe içeriğindeki oranında (%52 ve %51) Fernández-Escobar ve ark. (1993)’ın zeytin ve şeftali, Kalınbacak (2001)’ın kiraz ağaçlarında yaptıkları çalışmalardaki bulgulara benzer şekilde en fazla artışı sağlamışlardır. Bu durum Korkmaz A (1982); Ebbs ve Kochian (1998); Epstein ve ark. (1999); Cantera ve ark. (2002); Gómez Gallego ve ark. (2005); Rojas ve ark. (2008); Nadal ve ark. (2012) tarafından

belirtildiği gibi orto-orto Fe-EDDHA'nın diğer kleyt bileşiklere göre demiri daha fazla bağ ile (6) bağlaması sonucu oluşan kompleksin sabitesinin ve orto-orto pozisyonundaki OH iyonlarının indirgeyici etkisinin daha yüksek olması ve bu etkisinin izomer oranı arttıkça artması nedeniyle bağladığı demiri bitki kök bölgesine daha fazla taşıyıp alımını sağlamasından kaynaklanabilir. Bunun yanında FeSO4.7H20+K-Humat uygulaması da mısır yapraklarının toplam Fe ve aktif Fe içeriklerinde ve aktif Fe'in toplam Fe içeriğindeki oranında (%48) sağladığı artışlar Fe-EDDHA o-o:6 ve Fe-EDDHA o-o:5.25 kaynaklarının sağladığı artışlara göre daha düşük olmakla birlikte istatistik olarak aynı düzeyde olup bitkilerin Fe gübrelemesinde ekonomik şartlar dikkate alınarak bu kaynaklara alternatif olarak kullanılabileceğini ifade edebiliriz (Çizelge 4.2). $FeSO_4.7H_2O$+Elementel S uygulamasının bitkinin demir beslenmesinde başarısız olması topraklarda özellikle organik madde düşüklüğünden dolayı Elementel S'ün mikrobiyal yolla yeterli düzeyde sülfata dönüşüp pH düşüşünün olmamasından kaynaklanmıştır.

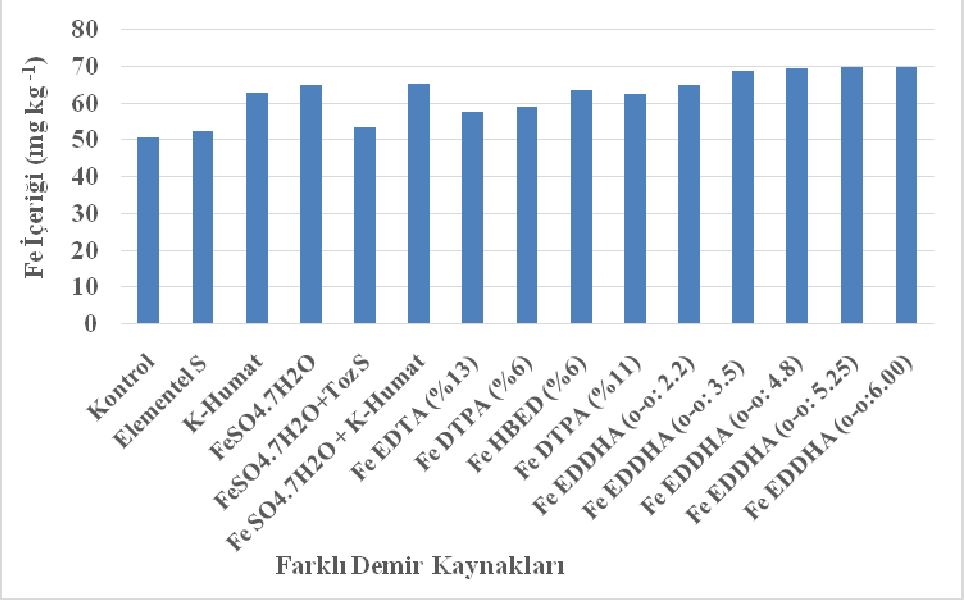
Bulgularımıza benzer olarak, (Başar ve Özgümüş, 1999; Başar, 2000; Gezgin ve Er, 2001; Kalınbacak, 2001; Yağmur ve ark., 2005; Özdemir ve Tangolar, 2006; Zengin ve ark., 2008; Asri ve Sönmez, 2010; Uçgun ve Akgül, 2010; Sahrawat, 2016) demir uygulamaları ile bitkinin demir kapsamının arttığını ve uygulamalara bağlı olarak değiştiğini belirtmişlerdir.

Farklı demir kaynaklarının ortalaması olarak elde edilen mısır bitkisi yapraklarının toplam ve aktif demir miktarları yapılan LSD testine göre bitki toplam demir miktarları bakımından Fe-EDDHA o-o:6≥ Fe-EDDHA o-o:5.25≥, Fe-EDDHA o-o:4.8≥ Fe-EDDHA o-o:3.5 ≥$FeSO_4.7H_20$+K-Humat≥ Fe-EDDHA o-o:2.2 ≥ $FeSO_4.7H_20$ 1.grubu; Fe DTPA %11≥ K-Humat ≥ Fe HBED 2.grubu, FeDTPA %6 ≥FeEDTA ≥ $FeSO_4.7H_20$+Elementel S≥ Elementel S≥ Kontrol 3. grubu oluşturmaktadır. Aktif demir miktarları bakımından Fe-EDDHA o-o:6, ≥ Fe-EDDHA o-o:5.25 ≥ Fe-EDDHA o-o:4.8≥ $FeSO_4.7H_20$+K-Humat ≥ Fe-EDDHA o-o:3.5 ≥ Fe-EDDHA o-o:2.2 ≥Fe DTPA %11 1. grubu, Fe HBED≥ $FeSO_4.7H_20$+Elementel S ≥ K-Humat ≥FeDTPA %6 2. grubu, $FeSO_4.7H_20$≥ FeEDTA ≥Elementel S ≥kontrol 3.grubu oluşturmaktadır. Gruplar arasında önemli bir ilişki bulunmazken, aralarındaki farklar istatistiki olarak %5 seviyesinde önemli bulunmuştur. Uygulamalar arasında bitki toplam demir ve aktif demir kapsamı bakımından FeEDDHA izomer oranlarının artışına bağlı olarak artış gözlemlenmiş olup, FeEDDHA o-o:5.25 ile FeEDDHA o-o:6.0 arasında istatistiki bakımdan fark bulunmamıştır.

Çizelge 4. 3. Farklı demirli kaynaklarının mısır bitkisinin toplam demir konsantrasyonu üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	59	14.964	--	--
Tekerrür (T)	3	0.251	0.084	0.6096
Uygulama	14	8.939	0.639	4.6445**
Hata	42	5.774	0.137	--
C.V. (%)			12.36	

**, p<0.01

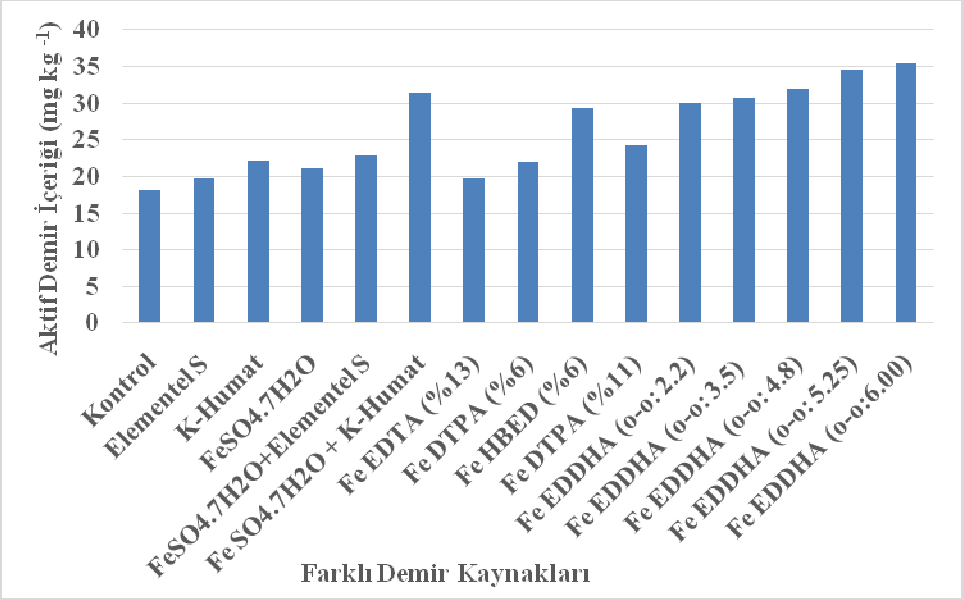


Şekil 4. 3. Farklı Demir Kaynaklarının Mısır Bitkisinin Toplam Demir İçeriği Üzerine Etkisi

Çizelge 4.4.Farklı demirli kaynaklarının mısır bitkisinin aktif demir konsantrasyonu üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	59	3203.982	--	--
Tekerrür (T)	3	28.908	9.636	0.36885
Fe Uygulama	14	2076.687	148.335	5.6772**
Hata	42	1097.387	26.128	--
C.V. (%)			19.39	

**, p<0.01



Şekil 4. 4. Farklı Demir Kaynaklarının Mısır Bitkisinin Aktif Demir İçeriği Üzerine Etkisi

4.4. Farklı Demir Kaynaklarının Mısır Bitkisi Yapraklarının Klorofil a, Klorofil b, Klorofil a+b İçerikleriyle ve SPAD Değeri Üzerine Etkisi

Farklı demir kaynaklarının sera şartlarında yetiştirilen mısır bitkisi yapraklarının klorofil a, klorofil b, klorofil a+b içerikleriyle ve SPAD değeri üzerine olan etkilerinin ortalamaları Çizelge 4.2‘ de, mısır bitkisi yapraklarının klorofil a, klorofil b, klorofil a+b ve SPAD içeriklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5’ te ve bu değerlere ait grafikler Şekil 4.5 ve Şekil 4.6’da verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre farklı demir kaynaklarının mısır bitkisi yapraklarının klorofil a, klorofil b, klorofil a+b içerikleri ve SPAD okuma değerleri üzerine etkisi istatistikî olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Farklı demir kaynaklarının uygulanmasıyla kontrole göre mısır bitkisi yapraklarının klorofil a içeriği 1.1 kat (FeEDTA) ile 3.1 kat (Fe-EDDHA o-o:6); klorofil b içeriği 1.1kat (FeEDTA) ile 2.9 kat (Fe-EDDHA o-o 5.25); klorofil a+b içeriği 1.1 kat (FeEDTA) ile3.0 kat (Fe-EDDHA o-o:6) ve SPAD okuma değerleri 1.1 kat ($FeSO_4.7H_20$+Elementel S) ile 1.4 kat (Fe-EDDHA o-o 5.25); arasında değişen oranlarda artmıştır. Bulgularımıza benzer olarak, Erdal ve ark. (2013) ve Asri ve Sönmez (2010)'de domates bitkisi ile yaptıkları çalışmalarda, bitki yapraklarının klorofil a, b, a+b içerikleri ve SPAD okuması değerlerinin demir uygulamaların bağlı olarak bulgularımıza benzer şekilde arttığını bildirmişlerdir.

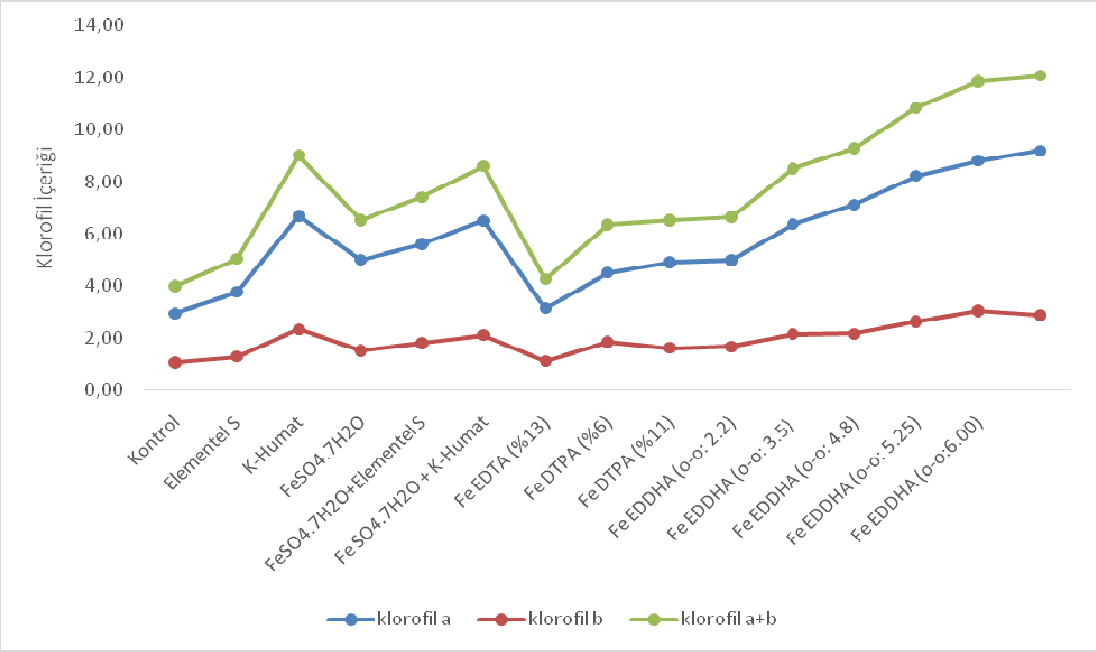
Farklı demir kaynaklarının ortalaması olarak elde edilen mısır bitkisinde klorofil içeriklerinde yapılan LSD testine göre bitki klorofil a, klorofil b, klorofil a+b içerikleri bakımından; klorofil a için Fe-EDDHA o-o:6 ≥ Fe-EDDHA o-o:5.25≥ Fe-EDDHA o-o:4.8≥ Fe-EDDHA o-o:3.5≥ K-Humat 1.grubu; $FeSO_4.7H_20$+ K-Humat≥ Fe-EDDHA o-o:2.2 ≥ $FeSO_4.7H_20$+Elementel S 2.grubu; $FeSO_4.7H_20$ ≥ Fe HBED ≥ FeDTPA %11≥, FeDTPA %6 ≥ Elementel S ≥ FeEDTA ≥ kontrol 3.grubu; klorofil b içerikleri için Fe-EDDHA o-o:5.25 ≥ Fe-EDDHA o-o:6 ≥ Fe-EDDHA o-o:4.8 ≥ K-Humat ≥ Fe-EDDHA o-o:3.5 ≥ Fe-EDDHA o-o:2.2 ≥ $FeSO_4.7H_20$+K-Humat 1.grubu; FeDTPA %6 ≥ $FeSO_4.7H_20$+Elementel S ≥ Fe HBED 2.grubu; FeDTPA %11 ≥ $FeSO_4.7H_20$ ≥Elementel S ≥ FeEDTA ≥ kontrol 3.grubu klorofil a+b için Fe-EDDHA o-o:6 ≥ Fe-EDDHA o-o:5.25≥ Fe-EDDHA o-o:4.8≥ Fe-EDDHA o-o:3.5≥ K-Humat ≥ $FeSO_4.7H_20$+ K-Humat 1.grubu; Fe-EDDHA o-o:2.2 ≥ $FeSO_4.7H_20$ + Elementel S 2.grubu; Fe HBED ≥ FeDTPA %11 ≥ $FeSO_4.7H_20$ ≥ FeDTPA %6 ≥ Elementel S ≥ FeEDTA ≥ kontrol 3.grubu; SPAD değerleri bakımından Fe-EDDHA o-o:5.25 ≥ Fe-EDDHA o-o:6 ≥ Fe-EDDHA o-o:4.8 ≥ K-Humat 1.grubu; Fe-EDDHA o-o:3.5 ≥ $FeSO_4.7H_20$ ≥ $FeSO_4.7H_20$+ K-Humat 2.grubu; Fe-EDDHA o-o:2.2 ≥ Fe HBED ≥ FeDTPA %6 ≥ FeDTPA %11≥ FeEDTA ≥ Elementel S ≥ $FeSO_4.7H_20$ + Elementel S ≥ kontrol 3.grubu oluşturmuşlardır. Gruplar içindeki farklar istatistikî olarak önemli bulunmazken, gruplar arasındaki farklar istatistiki olarak %5 seviyesinde önemli bulunmuştur. Sonuç olarak genellikle mısır bitkisi yapraklarının klorofil a, klorofil b, klorofil a+b içerikleri ve yaprak klorofil konsantrasyonunun bir ölçücü olan SPAD okuma değerleri Fe-EDDHA uygulamalarında diğer uygulamalara göre çok daha yüksek bulunmuş ve Fe-EDDHA uygulamaları içinde de izomer oranı arttıkça söz konusu değerlerin arttığı belirlenmiştir. Mısır bitkisi yapraklarının klorofil a, klorofil b, klorofil a+b içerikleri ve SPAD okuma değerleri bakımından Fe-EDDHA uygulamalarını $FeSO_4.7H_20$+K-Humat ve K-Humat uygulamaları

izlemiş olup istatistikî olarak söz konusu değerler bakımından bu uygulamalar arasındaki farklar önemli değildir.

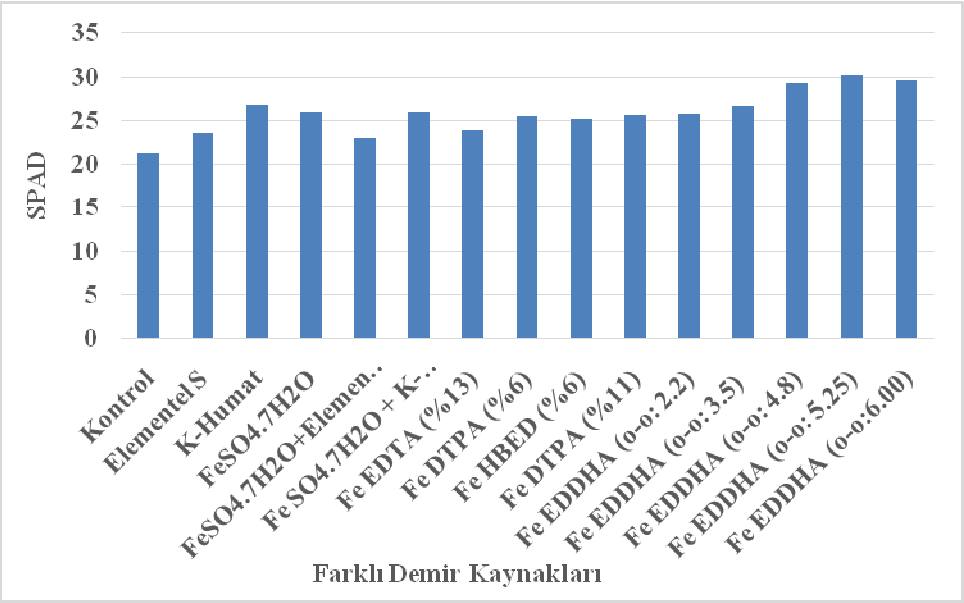
Çizelge 4.5: Farklı demirli kaynaklarının mısır bitkisinin klorofil a, b ve a+b konsantrasyonu üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	SD	Kareler Ortalaması			
		Klorofil a (mg kg^{-1})	Klorofil b (mg kg^{-1})	Klorofil a+b (mg kg^{-1})	SPAD
Genel	59	--	--	--	--
Tekerrür (T)	3	2.139	0.122	3.245	5.933
Uygulama	14	15.099	1.477	25.807**	23.622**
Hata	42	1.939	0.267	3.431	3.147
C.V. (%)		23.82	26.59	23.78	6.86

**, p<0.01



Şekil 4.5: Farklı Demir Kaynaklarının Mısır Bitkisinin Klorofil a, b ve a+b konsantrasyonu



Şekil 4.6. Farklı Demir Kaynaklarının Mısır Bitkisi Yapraklarında SPAD Değeri Üzerine Etkisi

4.5. Farklı Demir Kaynaklarının Mısır Bitkisinin Demir Alımı Ve Diğer Özellikler Arasındaki İlişkiler

Farklı demir kaynaklarının mısır bitkisinin demir alımı ve diğer özellikler arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayıları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Çizelge 4.6'nın incelenmesiyle de görülebileceği gibi mısır bitkisinin kuru madde verimi ile toplam demir (r=0.365*), aktif Fe (r=0.541**), klorofil a (r=0.543**), klorofil b (r=0.500**), klorofil a+b (r=0.539**) içerikleri, SPAD okuması değerleri (r=0.666**), bitki tarafından kaldırılan Fe miktarı (r=0.727**) arasında istatistiki bakımdan önemli ve pozitif ilişkiler bulunmuştur.

Mısır bitkisinin kuru madde verimi ile toplam Fe (r=0.365*) arasında istatistikî olarak %5, aktif Fe (r=0.541**) arasında ise %1 düzeyinde önemli ilişki bulunması bitkilerin demir metabolizmasında aktif Fe'in öneminin bir göstergesi olabilir.

Mısır bitkisinin topraktan kaldırdığı demir kapsamı ile aktif demir (r=0.601**), SPAD (r=0.592**), klorofil a (r=0.519**), klorofil b (r=0.506**), klorofil a+b (r=0.522**) arasında % 1 seviyesinde istatistikî bakımdan önemli ve pozitif ilişkiler belirlenmiştir.

Mısır bitkisi yapraklarının aktif demir kapsamı ile SPAD (r=0.535**), klorofil a (r=0.570**), klorofil b (r=0.519**) ve klorofil a+b (r=0.564**) arasında % 1 seviyesinde istatistiki bakımdan önemli ve pozitif ilişkiler belirlenmiştir.

Mısır bitkisi yapraklarının SPAD değeri ile klorofil a (r=0.583**), klorofil b (r=0.591**) ve klorofil a+b (r=0.592**) arasında % 1 seviyesinde istatistiki bakımdan önemli ve pozitif ilişkiler belirlenmiştir.

Çizelge 4.6. Farklı demir kaynaklarının mısır bitkisinin demir alımı ve diğer özellikleri arasındaki ilişkiler

Özellikler	Kuru madde verimi	Aktif Fe	SPAD	klorofil a	klorofil b	klorofil a+b	Toplam Fe içeriği
Aktif Fe	0.491**	--					
SPAD	0.390*	0.535**	--				
klorofil a	0.385*	0.570**	0.583**	--			
klorofil b	0.393*	0.519**	0.591**	0.935**	--		
klorofil a+b	0.392*	0.564**	0.592**	0.996**	0.963*	--	
Toplam Fe içeriği	0.365*	0.541**	0.666**	0.543**	0.500**	0.539**	--
Kaldırılan Fe miktarı	0.898**	0.601**	0.592**	0.519**	0.506**	0.522**	0.727**

Mısır bitkisi yapraklarının klorofil a içeriği ile klorofil b (r=0.591**) ve klorofil a+b (r=0.592**) arasında, yaprakların klorofil b içeriği ile klorofil a+b (r=0.963**) arasında % 1 seviyesinde istatistikî bakımdan önemli ve pozitif ilişkiler belirlenmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma, farklı demir kaynaklarının mısır bitkisinin demir beslenmesi ile verimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Sera şartlarında yürütülen çalışmada farklı demir kaynaklarının uygulanmasıyla kontrole göre mısır bitkisinin kuru madde verimi, yapraklarının toplam ve aktif Fe içeriği, klorofil a, klorofil b, klorofil a+b içerikleri ve yaprak klorofil konsantrasyonunun bir ölçücü olan SPAD okuma değerlerinde çok önemli artışlar belirlenmiştir. Bitkinin kuru madde verimi ile yapraklarının toplam ve aktif Fe içeriği, klorofil a, klorofil b, klorofil a+b içerikleri, SPAD okuma değerleri arasında ve bu verilerin kendi aralarında istatistiki olarak önemli pozitif ilişkiler bulunmuştur. Bunun yanında mısır bitkisinin kuru madde verimi, yapraklarının toplam ve aktif Fe içeriği, klorofil a, klorofil b, klorofil a+b içerikleri ve SPAD okuma değerleri Fe-EDDHA uygulamalarında diğer Fe kaynaklarına göre çok daha yüksek bulunmuş ve Fe-EDDHA uygulamaları içinde de izomer oranı arttıkça söz konusu değerlerin arttığı belirlenmiştir. Mısır bitkisinin kuru madde verimi, yapraklarının klorofil a, klorofil b, klorofil a+b içerikleri ve SPAD okuma değerleri bakımından Fe-EDDHA uygulamalarını $FeSO_4.7H_20$+K-Humat uygulaması izlemiş olup istatistiki olarak söz konusu değerler bakımından bu uygulamalar arasındaki farklar önemli değildir.

Sonuç olarak tarla denemeleri ile teyit edilmesine ihtiyaç olmakla birlikte sera koşullarında yürüttüğümüz denemede bitkilerin demir beslenmesi bakımından en iyi kaynağının Orto-orto ve izomer oranı 5.25 veya 6 olan Fe-EDDHA olduğu, ekonomik duruma göre bunun yerine $FeSO_4.7H_2O$+K-Humat'ında tercih edilebileceği belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

Abadía, J., Vázquez, S., Rellán-Álvarez, R., El-Jendoubi, H., Abadía, A., Álvarez-Fernández, A. ve López-Millán, A. F., 2011, Towards a knowledge-based correction of iron chlorosis, *Plant Physiology and Biochemistry*, 49 (5), 471-482.

Akat, H., Altunlu, H., Esetlili, B. Ç., Akat, Ö., Demirkıran, G. Ç. ve Yokaş, İ., 2013, Farklı demir dozlarının limonium sinuatum bitkisinde gelişim, verim ve kalite üzerine etkisi, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27 (2), 13-18.

Akinrinde, E. A., 2006, Strategies for improving crops' use-efficiencies of fertilizer nutrients in sustainable agricultural systems, *Pakistan Journal of Nutrition*, 5 (2), 185-193.

Aktaş , M., 1994, Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği (Il. Baskı), *Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları. Ankara*, 1361, Ders Kitabı No: 395.

Aktaş, M. ve Ateş, M., 2005, Bitkilerde beslenme bozuklukları: nedenleri ve tanınmaları, Engin Yayınevi, p.

Allen, S. L., de Brauw, A. ve Gelli, A., 2016, Harnessing value chains to improve food systems, *IFPRI book chapters*, 48-55.

Álvarez-Fernández, A., Garcıa-Marco, S. ve Lucena, J. J., 2005, Evaluation of synthetic iron (III)-chelates (EDDHA/Fe3+, EDDHMA/Fe3+ and the novel EDDHSA/Fe3+) to correct iron chlorosis, *European Journal of Agronomy*, 22 (2), 119-130.

Álvarez Fernández, A., García Laviña, P., Fidalgo, C., Abadía, J. ve Abadía, A., 2004, Foliar fertilization to control iron chlorosis in pear (Pyrus communis L.) trees, *Plant Soil science*, 263 (1), 5-15.

Anonim, 2008, Common SpecificProperties of Chelates, *Desarrollos Agroquimicos, S.A. Spain*.

Asri, Ö. ve Sönmez, S., 2010, Farklı Düzeylerdeki Potasyum ve Demir Uygulamalarının Perlit Ortamında Yetiştirilen Domates Bitkisinin Demir ve Klorofil İçeriği Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi, *5. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi. 15-17 Eylül 2010. İzmir*, 183-189.

Başar, H. ve Özgümüş, A., 1999, Değişik demirli gübre ve dozlarının şeftali ağaçlarının bazı mikro besin elementi içerikleri üzerine etkisi, *Tr. J of Agriculture Forestry*, 23, 273-281.

Başar, H., 2000, Bursa yöresi şeftali ağaçlarında görülen sarılığa etkili etmenler üzerine bir araştırma, 24, 237-245.

Bayraklı, F., 1987, Toprak ve bitki analizleri, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları, Yayın* (17).

Bergmann, W., 1992, Nutritional disorders of plants: visual and analytical diagnosis (English, French, Spanish).

Bienfait, H. F., Garcia-Mina, J. ve Zamareño, A. M., 2004, Distribution and secondary effects of EDDHA in some vegetable species, *Soil science plant nutrition*, 50 (7), 1103-1110.

Bouyoucos, G. J., 1951, A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils 1, *Agronomy journal*, 43 (9), 434-438.

Cantera, R. G., Zamarreño, A. M. ve García-Mina, J. M., 2002, Characterization of commercial iron chelates and their behavior in an alkaline and calcareous soil, *Journal of agricultural food chemistry*, 50 (26), 7609-7615.

Cartwright, B., Tiller, K., Zarcinas, B. ve Spouncer, L., 1983, The chemical assessment of the boron status of soils, *Soil Research*, 21 (3), 321-332.

Chen, Y. ve Barak, P., 1982, Iron nutrition of plants in calcareous soils, *Advances in agronomy*, 35, 217-240.

Çakmak, İ., 2002, Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways, *Plant Soil science*, 247 (1), 3-24.

Danyaei, A., Has-sanpour, S., Baghaee, M. A., Dabbagh, M. ve Babarabie, M., 2017, The effect of sulfur containing humic acid on yield and nutrient uptake in olive fruit, *Open J Ecol*, 7, 279-288.

Ebbs, S. D. ve Kochian, L. V., 1998, Phytoextraction of zinc by oat (Avena sativa), barley (Hordeum vulgare), and Indian mustard (Brassica juncea), *Environmental science technology*, 32 (6), 802-806.

Epstein, A. L., Gussman, C. D., Blaylock, M. J., Yermiyahu, U., Huang, J. W., Kapulnik, Y. ve Orser, C. S., 1999, EDTA and Pb—EDTA accumulation in Brassica juncea grown in Pb—amended soil, *Plant Soil science*, 208 (1), 87-94.

Erdal, I., Askin, M. A., Kucukyumuk, Z., Yildirim, F. ve Yildirim, A., 2008, Rootstock has an important role on iron nutrition of apple trees, *World Journal of Agricultural Sciences*, 4 (2), 173-177.

Erdal, İ., Kaplankıran, B., Evren, E., Küçükyumuk, Z. ve Türkan, Ş. A., 2013, Farklı demir içeriklerine sahip besin çözeltisiyle beslenen domates bitkisinin gelişimi, toplam demir, aktif demir, klorofil ve SPAD değerleri arasındaki ilişkiler, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24 (1), 36-41.

Ergene, A., 1982, Toprak bilgisi, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları* (267).

FAO, 2002, FAO Statistical Databases: Agriculture. Accessed December 15.

Fernández-Escobar, R., Barranco, D. ve Benlloch, M., 1993, Overcoming iron chlorosis in olive and peach trees using a low-pressure trunk-injection method, *HortScience*, 28 (3), 192-194.

Ferrarezi, R. S., Bataglia, O. C., Furlani, P. R. ve Schammass, E. A., 2007, Iron sources for citrus rootstock development grown on pine bark/vermiculite mixed substrate, *Scientia Agricola*, 64 (5), 520-531.

Gezgin, S. ve Er, F., 2001, Relationship between total and active iron contents of leaves and observed chlorosis in vineyards in Konya-Hadmalada region of Turkey, *Communications in soil science plant analysis*, 32 (9-10), 1513-1521.

Gómez Gallego, M., Fernández, I., Pellico, D., Gutiérrez, Á., Sierra, M. A. ve Lucena, J. J., 2005, On the structure and spin states of Fe (III)-EDDHA complexes, *Inorganic chemistry*, 45 (14), 5321-5327.

Hansen, N. C., Hopkins, B. G., Ellsworth, J. W. ve Jolley, V. D., 2006, Iron nutrition in field crops, In: Iron nutrition in plants and rhizospheric microorganisms, Eds: Springer, p. 23-59.

Hızalan, E. ve Ünal, H., 1966, Topraklarda önemli kimyasal analizler, *AÜ Ziraat Fakültesi Yayınları*, 278.

Horuz, A., Korkmaz, A., Akınoğlu, G. ve Boz, E., 2016, Bitkilerde demir klorozunun nedenleri ve giderilme yöntemleri, *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 4 (1), 32-42.

Jackson, M., 1962, Soil Chemical Analysis, Prentice-hall, Inc. 183**:** 219–284.

Jones, J., Wolf, B. ve Mills, H. J. I., USA, 213p, 1991, Plant Analysis Handbook. Micro-Macro. Publishing.

Kacar, B. ve İnal, A., 2010, Bitki analizleri, Nobel Yayın Dağıtım, p.

Kalınbacak, K., 2001, Değişik anaçlar üzerine aşılı bazı kiraz çeşitlerine humik asitle birlikte uygulanan demirin vegetatif ve generatif gelişmeye etkisi *Doktora Tezi Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstütüsü*.

Karaman, M., Brohi, A., 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, *Tr. J. of Agriculture and Forest*, 23, 341-348.

Karaman, M., 2003, Tokat Yöresi Şeftali Ağaçlarında Demir Klorozunun Önlenmesinde Demir ve Humat Uygulamalarının Etkinliği, *AÜ ZF Tarım Bilimleri Dergisi*, 9 (1), 29-34.

Kazemi, M., 2013, Effect of foliar application of iron and zinc on growth and productivity of cucumber, *Bull. Env. Pharmacol. Life Sci*, 2 (11), 11-14.

Korkmaz, A., Şendemirci, H. ve Horuz, A., 2010, Toprakları DTPA İle Ekstrakte Edilebilir Demir Miktarına Bağlı Olarak Fasulye Bitkisi (Phaselous Vulgaris L. Var. anus) Demirli Gübrelemeye Cevabı, *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 25 (3), 175-184.

Korkmaz A, 1982, Asit Toprakta Mısır Bitkisinin Demir Bileşiklerinden Yararlanması Üzerine Kirecin Etkileri, *Doktora tezi. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara*.

Lang, H. J. ve Reed, D. W., 1987, Comparison of HCl extraction versos total iron analysis for iron tissue analysis, *Journal of plant nutrition*, 10 (7), 795-804.

Lindsay, W. L. ve Norvell, W. A., 1978, Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper 1, *Soil Science Society of America Journal*, 42 (3), 421-428.

López Rayo, S., Hernandez, D. ve Lucena, J. J., 2009, Chemical evaluation of HBED/Fe3+ and the novel HJB/Fe3+ chelates as fertilizers to alleviate iron chlorosis, *Journal of agricultural food chemistry*, 57 (18), 8504-8513.

Lucena, J. J., 2003, Fe chelates for remediation of Fe chlorosis in strategy I plants, *Journal of plant nutrition*, 26 (10-11), 1969-1984.

Lucena, J. J., 2006, Synthetic iron chelates to correct iron deficiency in plants, In: Iron nutrition in plants and rhizospheric microorganisms, Eds: Springer, p. 103-128.

McLean, E., 1982, Soil pH and lime requirement, *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties* (methodsofsoilan2), 199-224.

Nadal, P., García-Marco, S., Escudero, R. ve Lucena, J. J., 2012, Fertilizer properties of DCHA/Fe 3+, *Plant Soil science*, 356 (1-2), 367-379.

Norvell, W. A., 1972, Equilibria of metal chelates in soil solution, *Micronutrients in agriculture*.

Okçuoğlu, Ç., A ve Arcasoy, A., 1972, Hematologic and biochemical studies of Turkish children with pica: A presumptive explanation for the syndrome of geophagia, iron deficiency anemia, hepatosplenomegaly and hypogonadism, *Clinical pediatrics*, 11 (4), 215-227.

Özdemir, G. ve Tangolar, S., 2006, Demir Klorozu Üzerine Farklı Demir Uygulamalarının Etkisi, *Alatarım*, 23.

Peryea, F. ve Kammereck, R., 1997, Use of Minolta SPAD□502 chlorophyll meter to quantify the effectiveness of mid□summer trunk injection of iron on chlorotic pear trees, *Journal of plant nutrition*, 20 (11), 1457-1463.

Pestana, M., Varennes, A. ve Faria, E. A., 2003, Diagnosis and correction of iron chlorosis in fruit trees: a review, *Journal of Food Agriculture Environmental Experimental Botany*, 1, 46-51.

Rodríguez□Lucena, P., Ropero, E., Hernández□Apaolaza, L. ve Lucena, J., 2010, Iron supply to soybean plants through the foliar application of IDHA/Fe3+: effect of plant nutritional status and adjuvants, *Journal of the Science of Food Agriculture*, 90 (15), 2633-2640.

Rojas, C. L., Romera, F. J., Alcantara, E., Perez Vicente, R., Sariego, C., García Alonso, J. I., Boned, J. ve Marti, G., 2008, Efficacy of Fe (o, o-EDDHA) and Fe (o, p-EDDHA) isomers in supplying Fe to strategy I plants differs in nutrient solution and calcareous soil, *Journal of agricultural food chemistry*, 56 (22), 10774-10778.

Rombolà, A. D. ve Tagliavini, M., 2006, Iron nutrition of fruit tree crops, In: Iron nutrition in plants and rhizospheric microorganisms, Eds: Springer, p. 61-83.

Sahrawat, K. L., 2016, Soil and plant testing for iron: an appraisal, *Communications in soil science plant analysis*, 47 (3), 280-283.

Schenkeveld, W., Dijcker, R., Reichwein, A., Temminghoff, E. ve Van Riemsdijk, W., 2008, The effectiveness of soil-applied FeEDDHA treatments in preventing iron chlorosis in soybean as a function of the o, o-FeEDDHA content, *Plant Soil science*, 303 (1-2), 161-176.

Schroo, H., 1963, An inventory of soils and soil suitabilities in West Irian, p.

Shenker, M. ve Chen, Y., 2005, Increasing iron availability to crops: fertilizers, organo□fertilizers, and biological approaches, *Soil science plant nutrition*, 51 (1), 1-17.

Smith, H. W. ve Weldon, M. D., 1941, A Comparison of Some Methods for the Determination of Soil Organic Matter 1, *Soil Science Society of America Journal*, 5 (C), 177-182.

Sperotto, R. A., Ricachenevsky, F. K., Abreu Waldow, V. ve Fett, J. P., 2012, Iron biofortification in rice: it's a long way to the top, *Plant Science*, 190, 24-39.

Tagliavini, M. ve Rombolà, A. D., 2001, Iron deficiency and chlorosis in orchard and vineyard ecosystems, *European Journal of Agronomy*, 15 (2), 71-92.

Takkar, P. N. ve Kaur, N. P., 1984, HCl method for Fe2+ estimation to resolve iron chlorosis in plants, *Journal of plant nutrition*, 7 (1-5), 81-90.

Tisdale, S. L. ve Nelson, W. L., 1966, Soil fertility and fertilizers, *Soil Science*, 101 (4), 346.

Uçgun, H. ve Akgül, K., 2010, Isparta (Senirkent) bölgesi topraklarında farklı demir gübrelerinin şeftalide demir ve diğer elementlerin alımına etkileri.

Uysal, N. ve Akay, A., 2007, Demir Uygulamalarının Fasulye (Phaseolus vulgaris L.) Çeşitlerinde Demir İçeriği, Demir Alımı ve Klorofil İçeriğine Etkilerinin Belirlenmesi, *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 21 (41), 96-103.

Ünal, H. ve Başkaya, H., 1981, Toprak Kimyası, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Yayınları* (759).

Welch, R. M., 2002, The impact of mineral nutrients in food crops on global human health, *Plant and Soil*, 247 (1), 83-90.

WHO, 2002, The world health report 2002: reducing risks, promoting healthy life, World Health Organization, p.

William, S., 1984, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist, *Published by the Association of Official Analytical Chemist, (Inc. Wircinia. USA. 140)*, 22 209, 59-60.

Yağmur, B., Aydın, Ş. ve Çoban, H., 2005, Bağda yapraktan demir (Fe) uygulamalarının yaprak besin element içeriklerine etkisi, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42 (3), 135-145.

Zengin, M., Gökmen, F. ve Gezgin, S., 2008, Topraktan ve Yapraktan Farklı Demirli Gübre Uygulamalarının Elmada Beslenme ve Kalite Parametrelerine Etkileri, 4, *Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi, Konya*, 1095.

Zengin, M. ve Gezgin, S., 2013, KOP Bölgesi Tarım Topraklarının Problemleri ve Çözüm Yolları, *Ulusal KOP Bölgesel Kalkınma Sempozyumu*, 260-271.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	:	Öznur YALÇIN
Uyruğu	:	T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi	:	BEYŞEHİR
Telefon	:	0 539 4062180
Faks	:	
e-Posta	:	oyalcin@selcuk.edu.tr

EĞİTİM

Derece		Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	:	Konya Atatürk Kız Lisesi	1992
Üniversite	:	S.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme A.B.D.	2000
Yüksek Lisans	:	S.Ü. Veteriner Fakültesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi A.B.D.	2016
Doktora	:		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2005	S.Ü.Teknoloji Fakültesi	İdari Personel
2011	S.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak, Gübre ve Bitki Besleme Araştırma Laboratuvarı	Ziraat Mühendisi

UZMANLIK ALANI

Toprak, Gübre, Bitki Laboratuvar Analizleri

Besin Hijyeni ve Teknolojisi çalışmaları

YABANCI DİLLER

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR

Yalçın Ö, 2009. Konya'da tüketime sunulan beyaz salamura, tulum ve kaşar peynirlerinin ağır metal içeriklerinin araştırılması, Yüksek Lisans tezi, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri, Konya.

Yalçın Ö, Tekinşen, K.K., 2010. Investigation of heavy metal contents in white pickled, tulum and kashar cheeses consumed in Konya, Etlik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi Vol.21 No.1 pp.5-10 ref.34.