

Yüksek pH Dayanımlı Yeni Tip Demir Şelat Formülünün Hazırlanması ve Yerfıstığı Üzerine Etkilerinin İncelenmesi

İlyas GÖNÜL*¹, Anıl DELİKANLI¹, Selahattin SERİN¹

¹Çukurova Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Adana

Geliş tarihi: 19.07.2019

Kabul tarihi: 30.09.2019

Öz

Bu çalışmada daha ucuz olan sitrik asit ve trietanolamin gibi ligandlarla oluşturulan demir şelatının yüksek pH'lardaki kararlılıkları incelenmiştir. Bitkiler için önemli bir besin elementi olan demir, kireçli ve yüksek pH değerine sahip topraklarda suda çözünmeyen demir hidroksit veya demir karbonat bileşiklerini oluşturarak bitkiler için yararlı hale gelmemektedir. Demir iyonunun bitki bünyesine alınması ve bitkilerdeki demir iyonu eksikliğinin giderilmesi bu iyonun suda çözünür formda olmasıyla mümkündür. Bitki bünyesine demir iyonunun alınmaması veya yetersiz alınması bitkinin demir eksikliği klorozu olmasına neden olmaktadır. Ülkemiz topraklarında rahatlıkla kullanılabilen demir şelat çözeltisi hazırlanmış ve bu demir şelat çözeltisinin NC-7 ve ÇOM yerfıstığı çeşitlerinin büyümesi üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Demir eksikliği klorozu, Demir şelatı, NC-7 ve ÇOM yerfıstığı, Yüksek pH'lardaki kararlılık

Preparation of New Type Iron Chelate Formula with High pH Resistance and Investigation of its Effects on Peanut

Abstract

In this study, the preparation of iron chelate solution by using ligands such as citric acid and triethanolamine, which are cheaper, and their stability at high pH were investigated. Iron which is an important nutrient for plants is becoming useless for plants by forming water-insoluble iron hydroxide or iron carbonate compounds in soils having a high pH and chalky. Receiving a plant body of iron ions and elimination of iron ion deficiency in plants is possible with that it is in water-soluble form of this iron ion. Not receiving the iron ion to plant body or inadequate intake causes to which is becoming Iron deficiency chlorosis of the plant. The iron chelate solution which is comfortably usable in the soil of our country were prepared and the effects of this iron chelate solution on the growth of NC-7 and ÇOM peanut varieties were investigated.

Keywords: Iron deficiency chlorosis, Iron chelate, NC-7 and ÇOM peanut, High pH stability

*Sorumlu yazar (Corresponding author): İlyas GÖNÜL, ilyasgonul01@gmail.com

1. GİRİŞ

Demir, yer kabuğunda en bol bulunan ve çok çeşitli sektörlerde kullanılan çok önemli bir metaldir. Her yıl Dünya demir üretiminin yarısına yakını korozyon yolu ile heba olmaktadır. Korozyona uğramış veya hurdaya çıkmış demirlerden ve demir yüzey temizleme işlemlerinden ortaya çıkan atıklardan demir bileşikleri üretilebilmektedir. Yine titandioksit üretim tesislerinde yan ürün olarak demir bileşikleri oluşmakta ve dünya pazarlarında satılmaktadır. Demir (II) sülfat çimento katkısı olarak ve su arıtma sistemlerinde floklaştırıcı olarak, demir şelatları gübre olarak kullanılmaktadır. Demir (II) sülfat'ın önemli bir kısmı, demir şelatlarının ise tamamı ithal yollarla temin edilmektedir.

Demir (II) sülfat tetrahidrat ($\text{FeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) kristalleri dört sulu olarak üretilmekte ve çimento sektöründe krom (VI)'yı krom (III)'e indirgemek için kullanılmaktadır. Ancak demir sülfatın heptahidrat hali çimento sektöründe kabul görmemekte olup, kısmen kurutulup kısmen de katkılandırılarak kullanıma sunulmuş hali tercih edilmektedir.

Demir, hemen hemen tüm canlı organizmaların büyümesi ve hayatta kalması için en önemli unsurdur [1]. Yosun gibi organizmaların sitokrom ve katalaz gibi enzimler ile hemoglobin ve miyogloblin gibi oksijen taşıyan proteinlerin hayati bileşenlerinden biridir. Demir (Fe^{2+} ve Fe^{3+}) iyonları arasındaki dönüşümden dolayı çeşitli biyolojik redoks reaksiyonları için önemli bir geçiş metalidir [2].

Türkiye'de demir eksikliği toprak ve insan nüfusu için önemli bir sorundur. Demir eksikliği, bağışıklık sistemindeki anemi ve dengesizliklerin bir nedeni olmasının yanı sıra hayvanlarda büyüme ve zihinsel gelişim sorunları ile bitkiler ve toprak için ise önemli bir beslenme problemidir.

Demir eksikliği, bitkilerin alkali toprak veya sulama suyu alanlarındaki en büyük sorunlarından biridir. En önemli bahçecilik ve tarım bitkilerinin çoğu, demir eksikliğine karşı hassastır. Demir

eksikliğinin düzeltilmesi için şu anda mevcut demir içeren gübreler ya etkisizdir ya da eğer etkiliyse çok pahalıdır. Bu nedenle, etkili ancak ekonomik bir demir gübresine ihtiyaç oldukça önem arz etmektedir [3].

Bitkilerdeki var olan demir eski yapraklardan yeni yapraklara aktarılmadığı ve büyüyen organların demir ihtiyacının sürekli olarak demir alımı ile karşılanması gerektiği düşünüldüğünde, bitki üretiminde toprak ve yaprak gübreleri vasıtasıyla demir eksikliğini önlemek için en önemli hususlardan birisi kullanılabilir demir içeriğinin zenginleştirilmesidir.

Yüksek pH ve bikarbonat konsantrasyonlarından kaynaklı kalkerli topraklarda yetişen bitkileri etkileyen demir eksikliği klorozu (IDC), bitkilerin ortak bir beslenme bozukluğudur [4]. Özellikle sulamayla değerlendirilen kurak ve yarı kurak bölgelerde kalkerli topraklarda demir klorozu yaygın bir problemdir. Genellikle, kireçli topraklarda, apoplastın yüksek pH ortamı tarafından engellenen yapraklarda ferrik şelat redüktaz tarafından Fe (III)'ün Fe (II)'ye indirgenmesi, ancak yeterli miktarda demir'in köklerden yapraklara aktarılması ile mümkün olmaktadır [5]. Demir klorozunun yaprak fotosentetik pigment konsantrasyonlarındaki, özellikle klorofildeki azalmaya bağlı olarak ürün ve meyve kalitesinin düşmesine neden olduğu bildirilmiştir [6].

Demir klorozuna neden olan şartlar özetle; 1. Demirce fakir topraklar, 2. Kireç oranı yüksek topraklar, 3. Toprakların aşırı sulanması, 4. Aşırı miktarda ağır metaller (Mn, Cu ve Zn) içeren topraklar, 5. Özellikle kireçli, topraklarda potasyumun noksanlığı, 6. Nitratça zengin azotlu gübre uygulamaları, 7. Nematod ve diğer organizmalar tarafından köklerin zarar görmesi gibi birçok neden sıralanabilir [7].

Demir iyonunun bitki bünyesine alınması ve bitkilerdeki demir iyonu eksikliğinin giderilmesi demirin suda çözünür formda olmasıyla mümkündür. Kalkerli topraklarda demir iyonunun

çözünmeyen bileşiklerine ($\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}_2(\text{CO}_3)_3$ gibi) dönüşmesi bitki tarafından bu demirin besin olarak kullanılamamasına neden olmaktadır. Demir gübrelerinin bütün katı uygulamaları arasında sentetik Fe(II) şelatları temel olarak Etilendiamin di(o-hidroksifenil asetik asit) (EDDHA) ve etilendiamin di(2-hidroksi-4-metilfenil asetik asit) (EDDHMA) gibi fenolik gruplar ile poliamin-karboksilik asitlerinin yüksek pH değerlerinde suda çözünür Fe (II) şelatları şeklinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu moleküller ve diğer homolog moleküller örneğin etilendi (2-hidroksi-5-sülfofenil asetik asit), 15. yüzyılda ilk kez sentezlenmiş ve daha sonra bitkilerdeki demir eksikliğini gidermek için bunların Fe (II) komplekslerinin oldukça etkili olduğu öne sürülmüştür.

Bu proje kapsamında daha ucuz olan sitrik asit ve trietanolinin gibi ligandlarla oluşturulan demir şelatının bazik pH'lardaki kararlılıkları incelenmiştir. Ülkemiz topraklarında rahatlıkla kullanılabilir özellikte demir şelatları belirlenmeye çalışılmış ve bunların ekonomik üretilebilirlikleri incelenmiştir. Bazik ortamda kararlı olan ve suda rahat çözülebilen demir-şelat formülü hazırlanıp bitkiler arasında en çok demire ihtiyaç duyan yerfıstığı bitkisi kullanılarak faydalı veya zararlı etkileri incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Sitrik Asit, demir sülfat heptahidrat ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), potasyum hidroksit (KOH) ve trietanolinin bileşiklerinin tamamı yüksek saflıkta ticari olarak temin edilmiştir.

Hassas terazi olarak Ohaus Adventurer marka terazi, kurutma ve nem tayini için Elektro-mag EV-018 marka etüv, demir tayini için Perkin-Elmer Optima 2100DV ICP marka ICP-OES cihazı, Organik madde ve kül tayini için Nüve marka kül fırını, pH ölçümü için Hanna 210 marka pH metre ve azot tayini için Velp Scientifica marka cihazlar kullanılmıştır.

2.2. Metod

2.2.1. Şelatlanmış Demir Çözelti Karışımının Hazırlanması

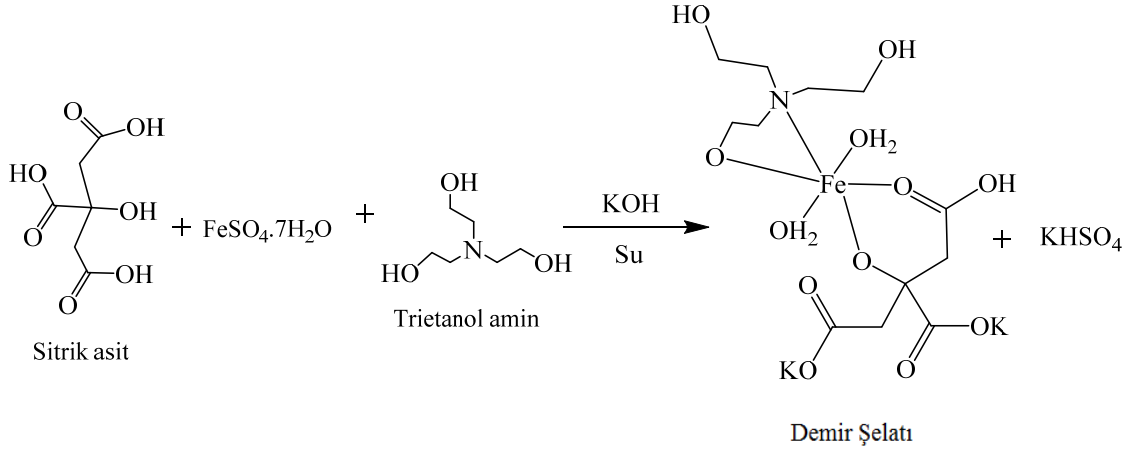
Yapılan optimizasyon çalışmaları sonucunda mekanik karıştırıcı 500 mL'lik bir balon içerisinde sırasıyla 200 mL su üzerine 0.1 mol (19.21 g) sitrik asit eklenerek çözülmüştür. Daha sonra 0.3 mol (16.83 g) KOH katı olarak parça parça dikkatli bir şekilde ilave edilmiş ve karıştırmaya devam edilmiştir. Elde edilen potasyum sitrat çözeltisi üzerine 0.1 mol (27.8 g) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ve 0.1 mol (14.9 g) trietanolinin eklenerek iyice karıştırılan Sitrik Asit: $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$: KOH: Trietanolinin 1:1:3:1 mol oranlarında koyu kahve renkli yoğun bir çözelti halinde elde edilmiştir [8]. Karışımın %78,2'si su ve %2'si de Fe^{2+} iyonu olacak şekilde çözelti hazırlanmıştır. Elde edilen çözelti aşırı koyu kahverengi olduğundan çözümlerin daha net görülmesi ve çökeltinin olmadığına da anlaşılabilmesi için çözelti 1/10 kat seyreltilmiştir. Burada hazırlanan ürünün yoğun çözelti formunun pH: 10'da kararlı olduğu belirlenmiştir. Elde edilen demir kompleksinin önerilen molekül yapısı Şekil 1'de ve 1/10 oranında seyreltme sonrası görünüm Şekil 2'de verilmiştir. Ayrıca yukarıda verilen oranlarda çalışılarak hazırlanan demir şelatının istenirse kurutulup toz halinde şelatlanmış demir kompleksi olarak Fe^{+2} içeriği değişmeden uzun süre saklanabilirliği de belirlenmiştir.

Karşılaştırmak amaçlı hazırlanan demir sitrat çözeltisi: Hazırlanan yeni demir şelat çözeltisi ile kıyaslanmak amaçlı tri etanol amin kullanılmadan hazırlanan 500 mL'lik bir balon içerisinde sırasıyla 215 mL su içerisine 0.1 mol (19.21 g) sitrik asit eklenerek çözülmüştür. Üzerine 0.3 mol (16.83 g) KOH katı olarak dikkatli bir şekilde parça parça ilave edilip karıştırılmıştır. Elde edilen potasyum sitrat çözeltisi üzerine trietanolinin olmaksızın 0.1 mol (27.8 g) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ eklenmiş ve iyice karıştırılmıştır. Sitrik Asit: KOH: $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ karışımı 1:3:1 molar oranlarında yine koyu kahve renkli yoğun bir çözelti olarak elde edilmiştir. Karışımın %83-84'ü su ve %2'si Fe^{2+} iyonu olacak şekilde hazırlanmış ve 50 mL toplam hacminde

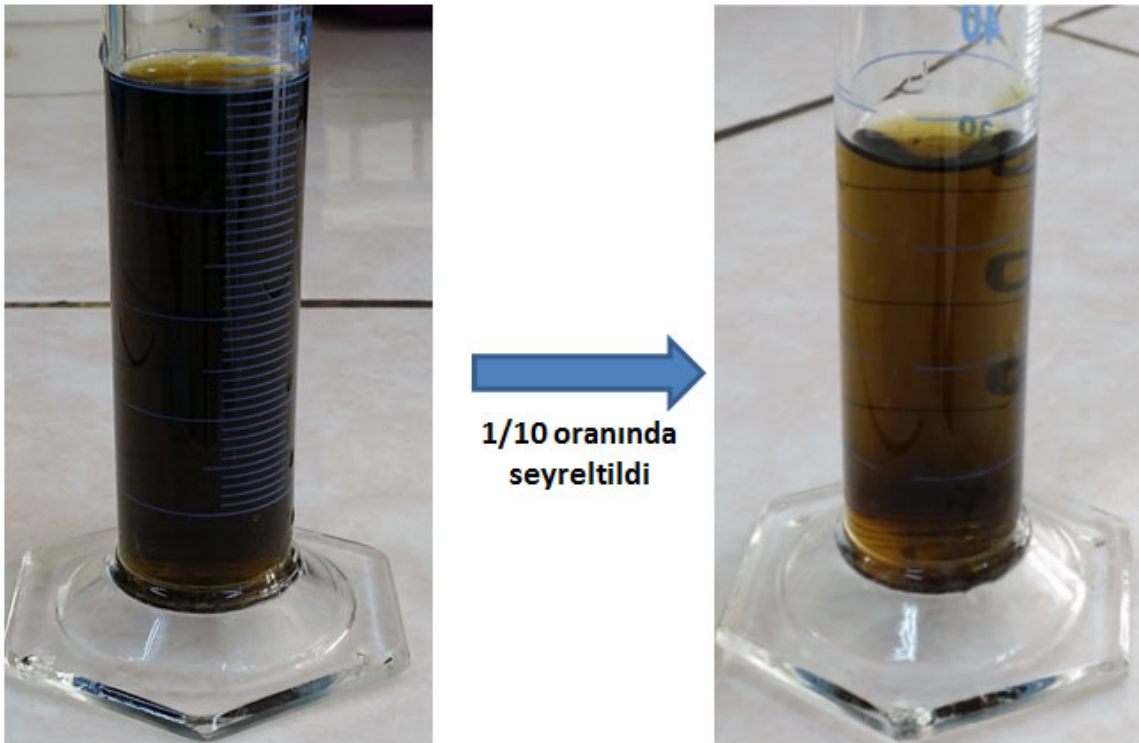
hazırlanan çözeltinin verilen metoda uygun olarak pH dayanımı test edilmiştir.

Karşılaştırmak amaçlı hazırlanan Demir sülfat (FeSO₄.7H₂O) çözeltisi: Karşılaştırmak amaçlı

hazırlanan 45 mL su içerisine 0.018 mol (5.00 g) FeSO₄.7H₂O eklenerek çözülmüştür. Yine %2'si Fe²⁺ iyonu olacak şekilde hazırlanmış olan demir sülfat çözeltisi pH dayanım aralığı metoduna göre test edilmiştir.



Şekil 1. Yüksek pH dayanımlı yeni demir şelatın üretim şeması



Şekil 2. 1/10 oranında seyreltilerek hazırlanan çözeltide çökelmenin olmadığı ve berrak olduğu görülmektedir

2.2.2. Sentezlenen Demir Sitrata Şelatının Karakterizasyonunda Kullanılan Yöntemler

2.2.2.1. ICP-OES ile Toplam Demir (Fe) Analizi

Tamamen çözünebilir şelatlanmış demir kompleksinden 0.1 g tartılmış ve 10 mL derişik nitrik asit ile tek boyunlu bir balon içerisinde 2 saat reflüks edilmiştir. Bu aşamada kompleks yapı parçalanıp içerisindeki organik bileşiklerden kurtulmak için yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen asitli çözelti soğutulmuş ultra saflaştırılmış su ile 100 mL'lik balon jöjeye süzülerek aktarılmıştır. Standart çözelti derişim aralığına göre uygun seyreltme yapılarak ICP-OES cihazında analiz değerleri belirlenmiştir. Her analiz 3 kez tekrarlanmış ve gerekli seyreltme göz önüne alınıp hesaplamaların ortalaması alınarak yüzde değerleri belirlenmiştir [9].

2.2.2.2. Kjeldal ile Toplam Azot (N) Miktarı

1-2 g numune tartılarak ve kjeldahl azot tayin cihazının tüpüne konulmuştur. Üzerine 40 mL salisilik asit + sülfürik asit karışımından eklenerek üzeri kapatılıp ve bir gece bekletilmiştir. Bekleme süresinden sonra numunenin üzerine 4 g Na₂S₂O₃ eklenmiş ve 5 dakika 150 °C'yi geçmeyecek şekilde yakma işlemi yapılmıştır. Numune işleminden sonra üzerine Se-reaktif tablet ve 0.5-0.7 g CuSO₄ eklenmiştir (inorganik yapı çözümlüğü yüksek gübrelerde 0.5 g tercih edilmektedir). 2 saat kadar daha yüksek ısıda yakılmıştır (Bu süreç spesifik olarak ve numunede kristalleme gözlenene kadar yakmaya devam edilmiştir). Yanan numune soğutulup üzerine 100 mL saf su eklenmiş ve daha sonra numune 250 mL'ye tamamlanmıştır. Seyreltilen numune filtre edilerek süzütünden 50 mL alınmıştır (Süzme işleminde süzütünün ilk 50 mL'si atılır). Hazırlanan numune Kjeldahl cihazına yerleştirilmiş ve %35'lik NaOH ile doyurulmuştur. Kjeldahl cihazına azot topladığımız erlene %4'lük borik asitten 100 mL eklenmiş ve destile edilmiştir. Destile işlemi destilat 250 mL'yi buluncaya kadar devam edilmiştir. Son olarak destilat 0.1 M HCl ile titre edilmiş ve gerekli

seyreltme faktörleri hesaba katılarak azot miktarı belirlenmiştir.

2.2.2.3. % Nem

Sabit tartıma getirilen petri kabı veya nikel kurutma kaplarının içerisine 4-5 g homojen hale getirilmiş örnekten tartılarak alınmıştır (M₁). Kurutma kabı etüve yerleştirilip etüven sıcaklığı yavaş yavaş 105±2 °C'a getirilmiştir. 3-4 saat sonunda kurutma kapları desikatöre alınıp soğuması beklenmiştir. Soğuyan kabın tartımı alınmıştır (M₂). Hesaplamalar, %Nem=[(M₁-M₂)/m]x100 formülü kullanılarak yapılmıştır. M₁= Alınan örnek ağırlığı+sabit tartıma getirilen kurutma kabının ağırlığı, M₂= Kurutulmuş örnek+ sabit tartıma getirilen kurutma kabının ağırlığı ve m= Alınan örneğin ağırlığı olarak simgelenmektedir.

2.2.2.4. % Organik Madde

İyi temizlenmiş porselen kroze 550 °C'de sabit tartıma getirilerek krozenin darası kaydedilmiştir. Sabit tartıma getirilen kroze içerisine numuneden 3-5 g örnek tartılıp sıcaklığı 550 °C'a ayarlanan kül fırınında 7-8 saat bekletilmiştir. Bu süre sonunda krozeler desikatöre alınarak oda sıcaklığına kadar soğuması beklenmiş ve soğuyan krozenin tartımı alınarak hesaplamalar yapılmıştır. %Kül=[(M₂-M₁)/m]x100 formülü kullanılarak hesaplanmıştır. M₂=Yakmadan sonraki kroze+kül ağırlığı, M₁=Sabit tartıma getirilen krozenin ağırlığı ve m=Alınan örnek ağırlığı olarak simgelenmiştir. %Organik=100-(%Kül+%Nem) formülü kullanılarak hesaplanmaktadır.

2.2.2.5. pH Dayanım Aralığının Belirlenmesi

%2 Fe²⁺ iyonu içeren demir şelat çözeltisinin 50 mL'si bir behere eklenerek önceden hazırlanmış olan %4'lük NaOH çözeltisi damla damla ilave edilip iyice karıştırılmıştır. Çökme gözlenene kadar eklemeye devam edilmiş ve çökmenin olduğu pH kaydedilmiştir. Aynı işlemler %2 Fe²⁺ iyonu içeren FeSO₄.7H₂O ve Sitrata Asit: KOH: FeSO₄.7H₂O: 1:3:1 mol oranlarında hazırlanan 50 mL'lik çözeltiler içinde tekrarlanmıştır [10]. Tüm veriler Şekil 1-3'de görülmektedir.

2.2.3. Yerfıstığı Üzerine Demir Şelatının Etkisi

Deneme öncesi toprak analizi yapılmış ve Çizelge 1’de verilmiş olan Karaburun toprak serisi kullanılmıştır. Yapılan çalışmada 4 ayrı demir uygulaması 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Test bitkileri olarak NC-7 ve ÇOM yerfıstığı çeşitleri kullanılmıştır. Deneme sera koşullarında plastik saksılarda yürütülmüştür. Her saksıya 4 mm’lik elek kullanılarak elenmiş 8 kg toprak konulmuştur. Temel gübreleme olarak her saksıya 100 ppm azot içeren amonyum sülfat ve 125 ppm fosfor içeren TSP bileşikleri kullanılmıştır.

Saksılara demir kaynağı olarak demir şelat çözeltisi, demir sitrat ve demir sülfat 20 ppm Fe²⁺ iyonu içerecek şekilde uygulanmıştır. Ayrıca demir sülfat + çiftlik gübresi (160 g/saksı) ve demir sülfat + kompost (160 g/saksı) uygulanmıştır. Başlangıçta her saksıya 8 adet yer fıstığı ekilmiş ve çimlenmeden sonra 4 adet olacak şekilde seyreltilmiştir. Saksılar saf su ile sulanmıştır. Ekim işlemi 22.03.2018 tarihinde yapıp hasat işlemi ise 15.05.2018 tarihinde yapılmıştır. Deneme deseni Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneme alanı toprağının ekim öncesi bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Toprak Serisi	Tekstür Sınıfı	P ₂ O ₅	K ₂ O	Organik Madde (%)	pH	CaCO ₃ (%)	Tuz (%)	Fe	Zn	Cu
		kg/da						mg/kg		
Karaburun	CL	1.87	62	1.3	7.63	51.2	0.025	6.02	0.212	0.534

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Elde edilen yeni tip demir şelatının karakterizasyonunda kullanılan ICP-OES ile toplam Fe ve K⁺ analizi, Kjeldal ile toplam Azot (N), % Nem, % organik madde ve pH dayanım aralığının belirlenmesi yöntemlerinin sonuçları değerlendirildiğinde elde edilen veriler aşağıdaki Çizelge 2’de görülmektedir. Deneysel sonuçlar teorik verilerle uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

Çizelge 2. Şelatlanmış demir sitrat çözelti analizi

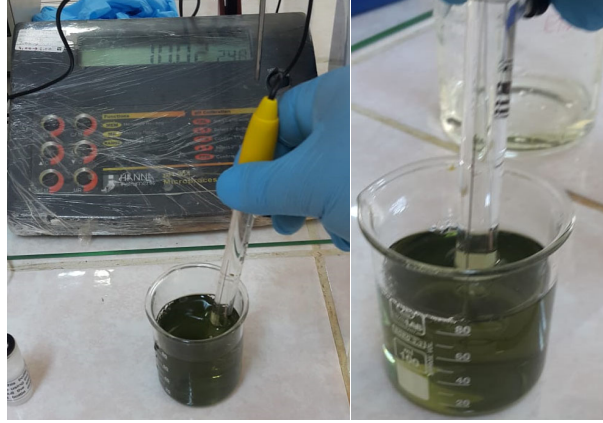
Analiz cinsi:	Deneysel/Teorik % Değerler
Su	76.9/78.2
Toplam Fe	1.96/2.00
K ₂ O	4.85/5.06
Toplam N	0.57/0.50
Organik Madde	10.22/8.92
pH	6.71
pH Dayanım Aralığı	10-11

3.1. pH Kararlılık Bulgularının Değerlendirilmesi

%2 Fe²⁺ iyonu içeren ve pH’sını 6.71 olarak belirlediğimiz yüksek pH dayanımlı yeni tip hazırlanan demir şelat çözeltisinin 50 mL’si bir behere alınmıştır. Bu çözelti üzerine %4’lük NaOH çözeltisi damla damla ilave edilerek karıştırılmıştır. pH: 10.02’de çökeltme gözlenmediği kaydedilmiştir.

Trietanol amin olmaksızın 1:3:1 molar oranında Sitrik Asit: KOH: FeSO₄.7H₂O 50 mL’lik çözeltiler hazırlanmış ve ilk pH’sı 4.28 olarak belirlenmiştir. Daha sonra çözelti üzerine NaOH çözeltisi damla damla eklenerek çökeltmenin olduğu pH aralığı 8.50-8.85 olarak belirlenmiştir.

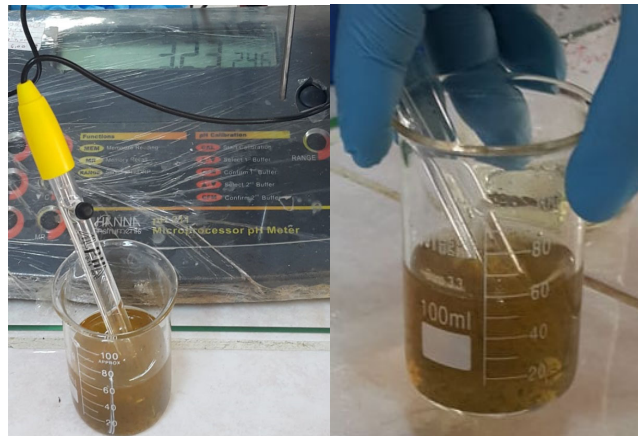
Aynı işlemler ticari olarak alınan katı FeSO₄.7H₂O’nün çözünmesi sonrası pH’sı 2.9 olarak belirlenen ve %2 Fe²⁺ içeren 50 mL’lik FeSO₄.7H₂O çözeltisi hazırlanmıştır. 4-5 damla sonra NaOH çözeltisinin eklenmesi ile çökeltmenin pH 3.23’de olduğu kaydedilmiştir. Bu değerler ışığında sentezlenmiş olan yeni tip demir şelatının pH:10 değerlerinde çökeltme olmadan suda çözünür formda bulunduğu görülmüştür. Tüm veriler Şekil 3-5’de görülmektedir.



Şekil 3. Demir şelat çözeltisinin pH dayanımının incelenmesi



Şekil 4. Trietanol amin eklenmeden hazırlanan demir sitrat çözeltisinin pH dayanımının incelenmesi



Şekil 5. Ticari olarak satın alınan ve suda doğrudan çözülerek hazırlanan demir sülfat çözeltisinin pH dayanımının incelenmesi

3.2. Hazırlanan Demir Şelatının Yerfıstığı Üzerine Uygulamalarının Değerlendirilmesi

Yapılan fenolojik gözlemlerde çıkıştan 1 ay sonra NC-7 çeşidinde kontrol saksılarında (demir uygulanmamış) şiddetli kloroz görülmeye başlanmış ancak bu durum ÇOM çeşidinde gözlenmemiştir. Demir şelatlı çözelti uygulanan saksılarda sadece 1-2 bitkide hafif kloroz gözlenmiş ve demir sitrat çözeltisini (trietanol amin kullanılmadan) uyguladığımızda daha fazla

sayıda bitki de kloroz gözlenmiştir. Demir sülfat tek başına uygulanmış ancak etkili olmadığından dahil edilmemiştir. Ancak demir sülfat + kompost ve demir sülfat + çiftlik gübresi ile karıştırılarak uygulanan saksılarda ise hafif kloroz gözlenmiş ve bu durum hasata kadar devam etmiştir. Demir şelat çözeltisi uygulanan bitkilerin diğer demir uygulamalarına göre daha iyi gelişimleri belirlenmiş ve bu gelişim Şekil 6'da ortaya konulmuştur.

Çizelge 3. Yer fıstığına ait deneme deseni

Çeşit	Uygulamalar	Saksı No
NC-7	Kontrol	0
	Demir Şelatı	1
	Demir Sitrat	2
	Demir Sülfat+ Kompost	3
	Demir Sülfat +Hayvan gübresi	4
ÇOM	Kontrol	0
	Demir Şelatı	1
	Demir Sitrat	2
	Demir Sülfat+ Kompost	3
	Demir Sülfat +Hayvan gübresi	4





Şekil 6. Saksılarda NC-7 ve ÇOM yerfıstığı çeşitlerinde demir denemeleri

4. SONUÇ

Bu çalışmada, yüksek pH dayanımlı yeni tip demir şelat çözeltisi güçlü şelat ajanı olarak seçilen sitrik asit ve tri etanol amin kullanılarak hazırlanmıştır. Analitik ve spektroskopik analizler yapılarak elde edilen demir şelat çözeltisinin bileşenleri belirlenmiştir. Türkiye toprakları yüksek alkali özellikli olduğunda elde edilen demir şelat çözeltisinin ve bu çözeltiyi oluşturan demir sülfat çözeltisi ile demir sitrat kompleksinin (trietanolamin olmadan) maksimum pH dayanımları incelenmiştir. pH dayanımları karşılaştırıldığında elde edilen demir şelat

çözeltisinin pH:10'da içerisindeki şelat ajanlarının demir iyonunun çökmesini engelleyecek kadar güçlü demir iyonuna koordine olduğunu göstermiştir. Şelatlanmadan kullanılan demir sülfat çözeltisinin pH'daki çok küçük değişimlerde dahi çökme göstermiştir. Sadece sitrik asit ile şelatlandığında ise pH dayanımının 8.5-8.85 aralığında çökme gözlemlendiği ve en yüksek pH değerinde kararlı olarak kalabilen optimum çözelti formunun hazırlanmış olduğu belirlenmiştir. Yüksek pH aralığındaki kararlılığı belirlenen yeni tip demir şelat çözeltisinin NC-7 ve ÇOM yerfıstığı çeşitlerinin büyümesi üzerine etkileri incelenmiş ve demir şelat çözeltisi kullanıldığında

demir eksikliği kloroz oluşumu diğer kullanılmadığı denemelere göre önemli ölçüde az görüldüğü belirlenmiştir.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya yaptığı katkılardan dolayı “Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Emekli Öğretim Üyesi Prof. Dr. Zülküf KAYA’ya teşekkürü bir borç biliriz.

6. KAYNAKLAR

1. Valko, M., Morris, H., Cronin, M.T., 2005. Metals, Toxicity and Oxidative Stress. *Curr. Med. Chem.*, 12(10), 1161-1208.
2. Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N., Mathew, B.B., Beeregowda, K.N., 2014. Toxicity, Mechanism and Health Effects of Some Heavy Metals.; *Interdiscip Toxicol.* 7(2), 60–72.
3. Reed, D.W., Lyons, C.G., McEachern, G.R., 1988. Field Evaluation of Inorganic and Chelated Iron Fertilizers as Foliar Sprays and Soil Application. *Journal of Plant Nutrition*, 11(6-11), 1369-1378.
4. Chakraborty, B., Singh, P.N., Kumar, S., Srivastava, P.C., 2014. Uptake and Distribution of Iron from Different Iron Sources Applied as Foliar Sprays to Chlorotic Leaves of Low-Chill Peach Cultivars. *Agric. Res.* 3(4), 293-301.
5. Chen, H., Hu, Z., Li, X., Zhang F., Chen J., Zhang, M., 2016. Iron Fertilizers Applied to Calcareous Soil on the Growth of Peanut in a Pot Experiment. *Arch. Agron. Soil Sci.* 62(12), 1753-1764.
6. Abadía, J., Vázquez, S., Rellán-Álvarez, R., El-Jendoubi, H., Abadía, A., Álvarez-Fernández, A., López-Millán, AF., 2011. Towards a Knowledge-based Correction of Iron Chlorosis. *Plant Physiol Biochem.* 49, 471-482.
7. Horuz, A., Korkmaz, A., Akınoğlu, G., Boz, E., 2016. Bitkilerde Demir Klorozunun Nedenleri ve Giderilme Yöntemleri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi* 4(1), 32-42.
8. Hernandez-Apaolaza, L.H., García-Marco, S., Nadal, P., Lucena, J.J., 2006. Structure and Fertilizer Properties of Byproducts Formed in the Synthesis of EDDHA. *J. Agric. Food Chem.*, 54, 4355-4363.
9. Ferrari, V., Taffarel, S.R., Espinosa-Fuentes, E., Oliveira, M.L.S., Saikia, B.K., 2019. Oliveira, L.F.S., Chemical Evaluation of By-Products of the Grape Industry as Potential Agricultural Fertilizers. *Journal of Cleaner Production.* 208, 297-306.
10. De Luca, A., Dantas, R.F., Esplugas, S., 2014. Assessment of Iron Chelates Efficiency for Photo-fenton at Neutral pH. *Water Research.* 61, 232-242.