



Tarım Bilimleri Dergisi  
Tar. Bil. Der.

Dergi web sayfası:  
www.agri.ankara.edu.tr/dergi

Journal of Agricultural Sciences

Journal homepage:  
www.agri.ankara.edu.tr/journal

## Asit Topraklarda Alınabilir Demir, Bakır, Çinko ve Mangan Analizinde Kullanılacak En Uygun Ekstraksiyon Yönteminin Belirlenmesi

Abdulkadir SÜRÜCÜ<sup>a</sup>, Mehmet Arif ÖZYAZICI<sup>b</sup>, Gülen ÖZYAZICI<sup>c</sup>, Veli UYGUR<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bingöl, TÜRKİYE

<sup>b</sup> Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt, TÜRKİYE

<sup>c</sup> Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Toprak ve Su Kaynakları Bölümü, Samsun, TÜRKİYE

<sup>d</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Isparta, TÜRKİYE

### ESER BİLGİSİ

Araştırma Makalesi — Bitkisel Üretim [https://doi.org/10.1501/Tarimbil\\_0000001251](https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000001251)

Sorumlu Yazar: Abdulkadir SÜRÜCÜ, E-posta: akadir63@yahoo.com, Tel: +90 (426) 216 00 12/ 1151

Geliş Tarihi: 06 Ağustos 2013, Düzeltmelerin Gelişi: 29 Ağustos 2013, Kabul: 03 Eylül 2013

### ÖZET

Topraklarda besin elementlerinin alınabilir miktarlarının belirlenmesinde kullanılan kimyasal yöntemlerin başarılı toprak özelliklerindeki değişimlerle ilişkili olduğundan her bir besin elementi için çok sayıda metod geliştirilmiştir. Bu araştırma, asit toprakların alınabilir Fe, Cu, Zn ve Mn miktarlarının belirlenmesinde kullanılacak en uygun ekstraksiyon yöntem ve/veya yöntemlerini seçmek amacıyla yürütülmüştür. Araştırmada, toprak ve bitki örnekleri, üretim potansiyeli de dikkate alınarak belirlenen toplam 220 adet çay bahçesinden ikinci sürgün döneminde alınmıştır. Alınan toprak ve bitki örneklerinden Fe için 197, Cu için 207, Zn için 214 ve Mn için 196 örnek değerlendirmeye alınmıştır. Araştırma topraklarının alınabilir Fe, Cu, Zn ve Mn miktarları 14 değişik ekstraksiyon yöntemiyle belirlenmiş ve sonuçlar 2 biyolojik yöntemle karşılaştırılarak en uygun yöntemler seçilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, ekstraksiyon yöntemlerinin biyolojik yöntemlerle olan doğrusal korelasyonları asit topraklarda mikroelementlerin alınabilirliğinin belirlenmesinde kullanılacak en uygun ekstraksiyon yöntemlerinin; Fe için "0.05 N HCl + 0.025 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>", Cu ve Zn için "0.005 M DTPA + 0.01 M CaCl<sub>2</sub> + 0.1 M TEA (pH=7.3)" ve Mn için ise "0.01 M CaCl<sub>2</sub>" olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Asit toprak; Çay; Mikro besin elementi; Analiz

## Determination of Appropriate Extraction Methods for Available Iron, Copper, Zinc and Manganese in Acid Soils

### ARTICLE INFO

Research Article — Crop Production

Corresponding Author: Abdulkadir SÜRÜCÜ, E-mail: akadir63@yahoo.com, Tel: +90 (426) 216 00 12/ 1151

Received: 06 August 2013, Received in Revised Form: 29 August 2013, Accepted: 03 September 2013

### ABSTRACT

Since the performance of the chemical extraction methods are largely dependent on the soil characteristics many methods have been developed towards determining the availability index of plant nutrients in soils. Thus, this research

was conducted to select the most suitable chemical extraction method and/or methods for available Fe, Cu, Zn, and Mn concentrations in acid soils of Rize and Artvin regions. In the research, total of 220 both soil and plant samples were collected by considering the tea production potentials of orchards at second harvesting period. 197 samples for Fe, 207 samples for Cu, 214 samples for Zn, and 196 samples for Mn were used to test methods' efficiency in estimating nutritional status of both soils and plants. Plant available soil Fe, Cu, Zn, and Mn concentrations were determined by using 14 different chemical and 2 biological methods. The linear correlation coefficients between available Fe, Cu, Zn, and Mn concentrations determined through the chemical methods and the biological indexes indicated that the best extraction methods for cationic microelements in acid soils are: "0.05 N HCl + 0.025 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>" for Fe, "0.005 M DTPA+0.01M CaCl<sub>2</sub>+0.1 M TEA (pH=7.3)" for Cu and Zn, and "0.01 M CaCl<sub>2</sub>" for Mn.

Keywords: Acid soils; Tea; Micro nutrient; Analyses

© Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi

## 1. Giriş

Artan dünya nüfusunun gıda, giyim barınma v.b. ihtiyaçlarının karşılanması birim alandan artan miktarlarda ve kalitede ürün elde edilmesiyle mümkün olabilecektir. Bu ise yüksek verim kabiliyetine sahip çeşitlerin kullanımı, tarımsal girdilerin azami kontrolü ve sürdürülebilir toprak yönetimi ile sağlanabilir. Tarımsal girdilerden en önemlileri arasında yer alan bitki besin elementlerinin kontrol edilebilmesi genelde toprak özelliklerinin, özelde ise tek tek besin elementlerinin topraklardaki durumunun bilinmesiyle gerçekleşebilir. Bu maksatla araştırmacılar genelde değişen toprak özelliklerine göre, hızlı şekilde toprakların besin elementi statüsünü gösteren, bu sayede girdi kontrolünü arttırmaya yarayan çok sayıda kimyasal metot geliştirmişlerdir. Fakat bu metotların hangisinin hangi tip topraklarda kullanılacağı ve değişen toprak şartlarına ve bitkiye kalibrasyonu önemli bir problem olarak araştırmacıları beklemektedir. Bu konuda azot, fosfor ve potasyum gibi makro elementlerle ilgili çok sayıda çalışma bulunmakla birlikte, mikro elementlerle ilgili çalışmalar daha sınırlı kalmış ve demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn) ve mangan (Mn) gibi mikro elementlerin birlikte belirlenme eğilimi de, problemi daha karmaşık bir boyuta getirmiştir. Bu elementlerin topraktaki alınabilir formlarını belirleme yöntemlerinin çay bitkisi gibi çok yıllık bitkilerle olan ilişkileri ise yeterince çalışılmamıştır.

Topraktaki alınabilir Fe, Cu, Zn ve Mn miktarını belirlemek amacıyla çok sayıda ekstraksiyon

yöntemi önerilmiştir, ancak, bitki besin maddelerinin alınabilirliği toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin (yüksek kireç, pH, toprak organik maddesi, mikrobiyal aktivite, nem ve sıcaklık vs.), çevre koşulları ve bitki türlerinin bir fonksiyonu olduğundan değişen toprak, iklim ve bitki koşullarında sadece bir kimyasal metodun uygulanması olası değildir.

Diğer taraftan mikroelementlerin analizlerinde kullanılan her bir kimyasalın farklı fraksiyonlardaki farklı elementlerle reaksiyona girme eğiliminin olması yarayışlı olarak kabul edilen miktarlardaki değişkenliği arttıran ve sonuçların genel değerlendirmesini zorlaştıran bir husustur. Nitekim Wallace & Hemaïdan (1962)'nin bildirdiğine göre Wallace & Shannon (1956), Etilen Diamin Tetra Asetik Asit (EDTA) yöntemi ile asit karakterli topraklarda, Etilen Diamin Dihidroksifenil Asetik Asit (EDDHA) yöntemi ile ise kireçli topraklarda sırası ile 2.4 ve 2 kat daha fazla Fe ekstrakte etmişlerdir. Araştırmacılar, şelatlar arasındaki farklılığı Fe ve kalsiyum (Ca) ile oluşturdukları komplekslerin stabilitesiyle açıklamışlardır.

Edirne ili topraklarının yarayışlı Fe içeriği ve en uygun kimyasal ekstraksiyon yöntemini belirlemek amacıyla sekiz ekstraksiyon yönteminin (0.005 M DTPA 0.01 M CaCl<sub>2</sub> 0.1 M TEA; 0.05 M HCl 0.012 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 1 M NH<sub>4</sub>OAC (pH: 4.8); 0.01 M EDTA 1 M NH<sub>4</sub>OAC; 1 M MgCl<sub>2</sub>, 0.01 M EDTA 1 M (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; 0.005 M DTPA 1 M NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> ve 0.001 M EDDHA) altı biyolojik indeksle karşılaştırıldığı çalışmada, en uygun yöntemlerin "0.005 M DTPA

0.01 M CaCl<sub>2</sub> 0.1 M TEA” ile “0.005 M DTPA, 1 M NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>” olduğu belirlenmiştir (Adiloğlu 2003).

Toprak reaksiyonu 5.8-7.8 ve kireç içeriği % 0.1-22.5 arasında değişen topraklarda mısır bitkisiyle yapılan kalibrasyonlara göre alınabilir Zn tayini için 0.01 M EDTA + 1 M (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (pH=8.6) çözeltisinin, 0.1 N HCl ve dithizon metotlarından daha iyi performans gösterdiği (Trierweiler & Lindsay 1969); alınabilir Fe miktarlarının belirlenmesinde 0.05 N HCl+0.025 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve 0.05 M EDTA (pH 7) yöntemlerinin kireçli topraklarda kullanılabileceği (Çelik & Katkat 2008); bir başka araştırma sonuçlarına göre ise (Boer & Reisenauer 1973) toprakların Fe noksanlığını belirlemede DTPA yönteminin uygun bir yöntem olduğu ve ekstrakte edilebilir Fe miktarı yönünden kritik değer 6 mg kg<sup>-1</sup> olarak saptandığı bildirilmektedir.

Organik topraklarda test bitkisi olarak yulaf, soğan, havuç ve marulun kullanıldığı araştırma sonuçlarına göre (Mathur & Levesque 1989), Zn, Fe ve Cu için en iyi çözücünün 0.5 M HCl + 0.05 M AlCl<sub>3</sub> olduğu, Mn için için ise 0.1 N HCl olduğu belirlenmiştir.

Asit topraklarda metod çalışması çok az olmakla beraber, Venezuela’da asit toprakların yayışlı Zn çinko (Zn) (Arriechi & Ramirez 1997) ve bakırı (Cu) (Rodríguez & Ramírez 2005) belirlemek üzere yapılan çalışmada, beş kimyasal yöntem (DTPA, DTPA-HCl, EDTA, HCl ve Mehlich 1) değerlendirilmiştir. Test bitkisi olarak sera koşullarında yetiştirilen mısırın kullanıldığı çalışmanın sonuçlarına göre; asidik topraklarda Zn eksikliğini tahmin etmek için Na-EDTA, Cu için ise DTPA-HCl ve DTPA ekstraktların yararlı bir ölçüt olabileceği belirlenmiştir.

Bitkiye yayışlı mikro elementlerin belirlenmesiyle ilgili yöntem çalışmaları çoğunlukla nötr veya alkali karakterli topraklar üzerinde yapılmıştır. Çay yetiştiriciliğinin yaygın olarak yapıldığı asit karakterli topraklarda bitki örtüsünü referans alan bir ekstraksiyon yönteminin belirlenmemiş olması nedeniyle analiz sonuçları gereği gibi değerlendirilememekte, ekonomik ve çevreye duyarlı gübreleme programları

yapılamamaktadır. Bu nedenle yürütülen bu araştırmanın amacı; çay üretiminde verim ve kalitenin belli bir düzeyde tutulmasını sağlayabilmek için asit karakterli topraklardaki mikroelementlerin alınabilir miktarlarının doğru ve sağlıklı bir şekilde analiz edilebilmesi, çay bitkisinin ihtiyaç duyduğu mikroelement gübrelerinin sağlıklı bir şekilde uygulanabilmesi için, elverişli mikro element (Fe, Cu, Zn ve Mn) miktarlarının belirlenmesinde uygulanacak yöntemleri kıyaslamak ve en uygun yöntem veya yöntemleri seçmektir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Bu araştırma, asit karakterli toprakların yer aldığı Doğu Karadeniz Bölgesi’nin (40°15’ - 41°34’ kuzey enlemi ve 36°43’ - 41°35’ doğu boylamı) çay dikim alanı ve üretim potansiyeli yoğun olan, Artvin, Rize ve Trabzon il sınırlarında bulunan 16 ilçedeki Çay-Kur’un 36 yaş çay işleme fabrikasına ait, çay yetiştirilen arazilerinde yürütülmüştür (Şekil 1). Bu örnekleme noktaları; doğuda Gürcistan sınırında yer alan Sarp Köyü ile Trabzon’un Of ilçesi arasındaki Karadeniz kıyı şeridinde, ortalama 7-8 km yer yer 35 km içerilere kadar giren, genellikle 400-500 m. yüksekliklere kadar uzanan alanları kapsamaktadır.

Araştırma alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 1’de sunulmuştur. Genel tanımlamaya göre killi-tınlı ve killi bünyeye sahip olan toprakların, kil, silt ve kum içerikleri sırasıyla % 6.05-54.86, % 8.48-60.55 ve % 16.28-76.84 arasında değişiklik göstermektedir. Toprak reaksiyonu (pH) 2.80-5.97 arasında değişmekte olup, alınan toprak örneklerinin % 90’ının pH’sı 4.5’ten küçük olduğu tespit edilmiştir. Tuzluluk problemi bulunmayan ve kireç ihtiva etmeyen araştırma topraklarının; alınabilir fosfor (P) ve potasyum (K) miktarları geniş sınırlar içerisinde dağılım göstermiş olup, alınabilir P incelenen toprak örneklerinin büyük çoğunluğunda yüksek ve çok yüksek, alınabilir K ise fazla düzeydedir. Toprakların organik madde kapsamı ise % 0.66-14.91 değerleri arasında değişiklik göstermiştir (Özyazıcı et al 2010).

**Çizelge 1- Araştırma alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri yönünden tanımlayıcı istatistikleri (n=220)**

Table 1- Descriptive statistics of physical and chemical characteristics of soils surveyed (n=220)

Özellik	Birim	Ortalama	Varyans	SD	CV	En yüksek	En düşük	Çarpıklık	Basıklık
Kil	%	20.948	92.906	9.639	46	54.860	6.050	0.910	0.800
Silt	%	31.687	74.489	8.631	27	60.550	8.480	0.280	0.220
Kum	%	47.365	149.251	12.217	26	76.840	16.280	0.110	-0.400
pH		3.856	0.229	0.478	12	5.970	2.800	0.920	1.470
Toplam tuz	%	0.064	0.002	0.045	70	0.340	0.030	3.720	17.070
CaCO <sub>3</sub>	%	--	--	--	--	--	--	--	--
O.M.	%	5.047	7.589	2.755	55	14.910	0.660	1.150	1.070
Alınabilir P	kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ha <sup>-1</sup>	38.336	1618.107	40.226	105	253.200	0.400	2.170	5.970
Alınabilir K	kg K <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup>	146.350	15318.445	123.768	85	868.600	20.900	2.960	11.800

O.M., Organik madde; SD, Standart sapma; CV, Varyasyon katsayısı

Bölgede, yazları ılıman ve yağmurlu, kışları yumuşak ve yağışlı geçen bir iklim hakimdir. Uzun yıllar (1932-2002) meteorolojik veriler incelendiğinde; yıllık ortalama sıcaklığın 13.8°C, kaydedilen en yüksek yıllık ortalama sıcaklığın 38.2°C, en düşük yıllık ortalama sıcaklığın ise -7.0°C olduğu tespit edilmiştir. Nemli bir iklime sahip olan yörenin ortalama oransal nemi ise % 77, yıllık toplam yağış miktarı 2300 mm'dir (TÜİK 2007).

Araştırmanın materyalini teşkil eden toprak ve bitki örnekleri, toplam 220 adet çay bahçesinden ikinci sürgün döneminde (15-30 Temmuz 2002 tarihleri arasında) alınmıştır. Toprak örnekleri Jackson (1962) tarafından bildirildiği şekilde 0-20 cm derinlikten alınmıştır. Toprak örneği alınan yerlerin koordinatları ve deniz seviyesinden yüksekliği, Yer Konumlama Cihazı (GPS=Global Positioning System) ile belirlenmiştir. Oda sıcaklığında kurutulmuş ve 2 mm'den elenen topraklarda tanımlayıcı fiziksel ve kimyasal bazı analizler ile birlikte mikro element tayinleri yapılmıştır.

Toprak örneği alınan her bahçeden, tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak 3x3 m büyüklüğündeki parseller belirlenmiş ve bu parsellerden yaş çay sürgünleri elle hasat edilmiştir. Hasat işlemi, Kinez et al (1981)'nin

bildirdiği şekilde sürgünler 2.5-3.5 yapraklı iken balık yaprak üzerinden toplanarak yapılmıştır. Hasat edilen çaylar hemen tartılarak parsellerin yaş çay ağırlıkları tespit edilmiş, parsel alanı dikkate alınarak örnekleme noktasına ait söz konusu çay bahçelerinin yaş çay verimi belirlenmiştir (Kacar 1972). Aynı parsellerin yaş çay sürgünlerinden; biyolojik indekste kullanılmak üzere, kuru madde verimini tespit etmek ve çalışma kapsamındaki mikro element analizleri için belli bir miktar örnek alınmıştır.

Laboratuvara getirilen yaş çay örnekleri önce saf su ile yıkanmış ve fazla suları alınıp hava sıcaklığında kurutulduktan sonra, etüvde 65°C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur (Kacar 1984). Örneklerin kapsadığı nem oranından hareketle çayın kuru madde verimi hesaplanmıştır. Daha sonra, kurutulmuş çay örnekleri 0.5 mm'lik elek açıklığına sahip çelik değirmende öğütülerek analizlere hazır hale getirilmiştir (Kacar 1991).

Araştırma topraklarının alınabilir Fe, Cu, Zn ve Mn içeriklerinin belirlenmesinde kullanılan 14 farklı ekstraksiyon yöntemine ait detaylar Çizelge 2'de verilmiştir. Çözeltilerin topraktan ekstrakte ettiği Fe, Cu, Zn ve Mn miktarları Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi (Perkin Elmer AAnalyst 300) ile belirlenmiştir.

**Çizelge 2- Araştırma topraklarının alınabilir Fe, Cu, Zn ve Mn içeriklerinin belirlenmesinde uygulanan kimyasal ekstraksiyon yöntemleri***Table 2- Chemical extraction methods used for determination of available Fe, Cu, Mn, and Zn concentrations of experimental soils*

Ekstraksiyon çözeltisi	Toprak:Çözelti oranı	Çalkalama süresi(dakika)	Kaynak
1. 0.005 M DTPA* + 0.01 M CaCl <sub>2</sub> +	1 : 20	60	Lindsay & Norvell (1978)
0.1M TEA** (pH=7.3)	1 : 40	15	Wear & Evans (1968)
2. 0.05 M EDTA*** (pH=7.0)	1 : 40	15	Wear & Evans (1968)
3. 0.1 N HCl – 1	1 : 50	3 defa x 5	Nelson et al (1959)
4. 0.1 N HCl – 2	1 : 25	30	Trierweiler & Lindsay (1969)
5. 0.1 N HCl – 3	1 : 20	30	John (1972)
6. 0.01 M CaCl <sub>2</sub>	1 : 30	15	Jackson (1962)
7. 1 N NH <sub>4</sub> OAC (pH=3.0)	1 : 40	15	Wear & Evans (1968)
8. 0.05 N HCl + 0.025 N H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1 : 50	30	Olson (1948)
9. 1 N NH <sub>4</sub> OAC (pH=7)	1 : 50	30	Yıldız (1998)
10. 0.01 M HEDTA****	1 : 50	30	Yıldız (1998)
11. 0.01 M Hidrokinon	1 : 50	30	Hammes & Berger (1960)
12. 1.5 M NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1 : 50	45	Stewart & Berger (1965)
13. 2 N MgCl <sub>2</sub>	1 : 10	30	Adams (1965)
14. H <sub>2</sub> O			

\*, DTPA: Diethylenetriaminepentaacetic acid; \*\*, TEA: Triethanolamine, \*\*\*, EDTA: Ethylenediaminetetraacetic acid; \*\*\*\*, HEDTA: N-(2-Hydroxyethyl) thylenediaminetriacetic acid.

Bitki örnekleri Jackson (1962) tarafından bildirildiği şekilde nitrik-perklorik asit (HNO<sub>3</sub>-HClO<sub>4</sub>) karışımında (4+1) yaş yakılmıştır. Çay örneklerine ait çözeltilerdeki toplam Fe, Cu, Zn ve Mn, Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi'nde belirlenmiştir.

Alınan 220 adet toprak ve bitki örneklerinin hepsi analiz edilmiş, elde edilen veri setinin istatistiki analizi sonucunda normal dağılımdan aşırı sapma gösteren bir kısım örnekler değerlendirme dışı bırakılarak; Fe için 197, Cu için 207, Zn için 214 ve Mn için 196 adedi değerlendirmeye alınmıştır.

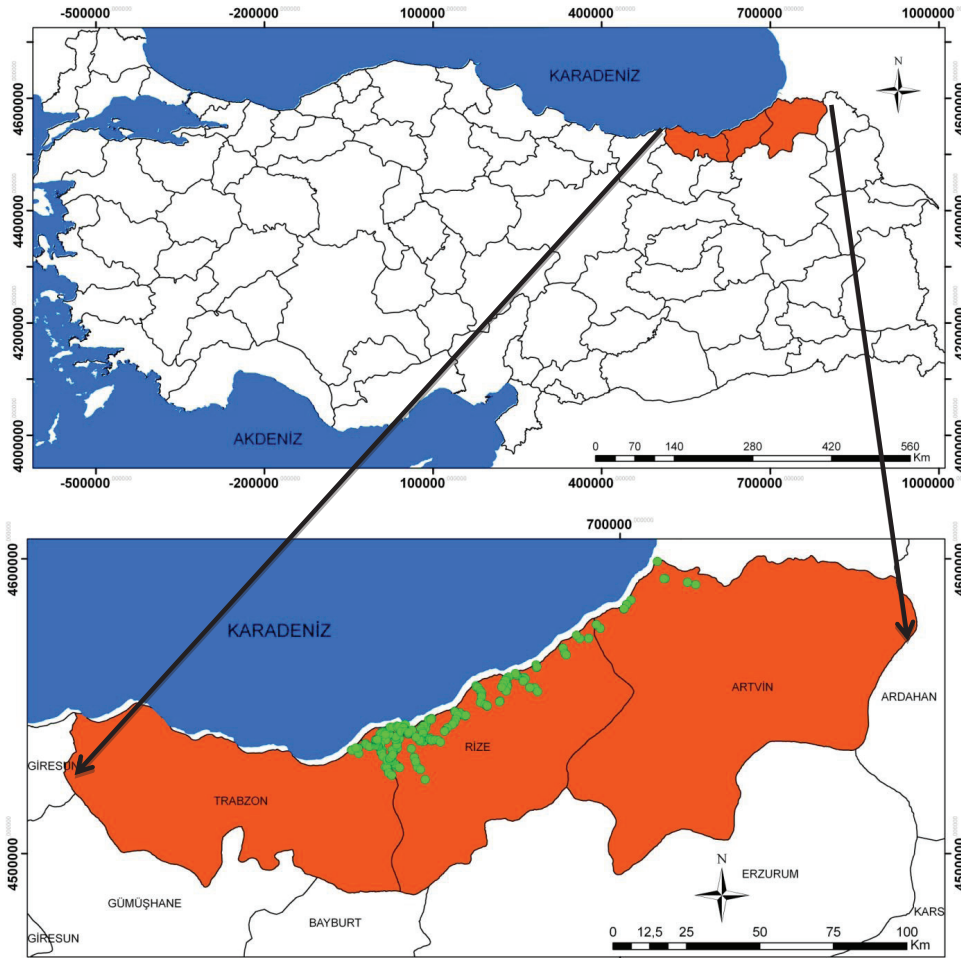
Çayın dekara kuru madde miktarı ile bitkinin içerdiği toplam Fe, Cu, Zn ve Mn konsantrasyonu çarpılarak çay bitkisinin topraktan kaldırdığı Fe, Cu, Zn ve Mn miktarları hesaplanmıştır. Buna göre bu çalışmada, biyolojik indeks olarak bitki örneklerinin element konsantrasyonları ile bitkinin topraktan kaldırdığı element miktarları kullanılmıştır.

Toprak analiz sonuçları ile biyolojik indeksler arasında yapılan korelasyon analizlerindeki ilişkiye bakılarak uygun yöntem karar verilmeye çalışılmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Araştırma alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri yönünden tanımlayıcı istatistiklerin verildiği Çizelge 1'de görüldüğü üzere CV'ler çok farklılık göstermektedir. Değişkenliğin göstergesi olan varyasyon katsayısı değerini Wilding et al (1994), CV değerlerine göre toprak özelliklerindeki değişkenliği  $CV \leq \% 15$  ise küçük değişkenlik,  $\% 16-30$  ise orta değişkenlik ve  $CV \geq \% 30$  ise yüksek değişkenlik olarak sınıflandırmışlardır. Buna göre toprakta en az değişkenliği toprak reaksiyonu ( $CV=12$ ), orta değişkenliği silt ( $CV=27$ ) ve kum ( $CV=26$ ) miktarı, yüksek değişkenliği ise kil ( $CV=46$ ), toplam tuz ( $CV=70$ ), OM ( $CV=55$ ), alınabilir P ( $CV=105$ ) ve K ( $CV=85$ ) göstermiştir. Benzer sonuçlar başka araştırmalar tarafından da bulunmuştur (Wilding et al 1994; Akbaş & Durak 2006; Turgut & Öztaş 2012). Çalışma alanının genişliği ve toprakların çeşitliliği göz önüne alındığında toprak özelliklerinin bu denli değişiklik göstermesi doğaldır.





Şekil 1- Araştırma alanı ve örnekleme noktaları

Figure 1- Research area and sample locations

Farklı ekstraksiyon yöntemlerinde elde edilen toprakların alınabilir Fe, Cu, Zn ve Mn miktarları ile iki farklı biyolojik yöntem ile elde edilen çay bitkisine ait toplam Fe, Cu, Zn ve Mn miktarlarına ilişkin en düşük, en yüksek ve ortalama değerler Çizelge 3 ve 4'te verilmiştir.

Topraklarının alınabilir Fe, Cu, Zn ve Mn içerikleri uygulanan yöntemle bağlı olarak oldukça yüksek değişkenlik göstermiştir. Genel olarak bu farklılıklara ekstraksiyon çözeltisinin çeşidi, konsantrasyonu, pH'sı, toprak çözelti oranı ve

çalkalama süresi neden olmuştur. Ayrıca toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki farklılıklarda etkili olmuştur.

Çay bitkisi tarafından topraktan kaldırılan Fe, Cu, Zn ve Mn miktarları sırasıyla 13.07-79.78, 0.950-4.768, 1.821-5.941 ve 64.78-544.1 g da<sup>-1</sup>, çay yaprağının toplam Fe, Cu, Zn ve Mn konsantrasyonları ise sırasıyla 86-440, 4.5-22.8, 8.4-35.8 ve 311-2340 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 3 ve 4).

**Çizelge 3- Araştırma topraklarında çeşitli kimyasal yöntemlerle belirlenen alınabilir Fe ve Cu miktarları (mg kg<sup>-1</sup>), çay bitkisi tarafından kaldırılan Fe ve Cu miktarı ile çayın yaprağının Fe ve Cu konsantrasyonu**

*Table 3- Fe and Cu concentrations (mg kg<sup>-1</sup>) of experimental soils determined by different extraction methods, total Fe and Cu uptake by harvested tea, and Fe and Cu concentrations of tea leaves*

Ekstraksiyon Yöntemleri	Fe			Cu		
	En düşük	En yüksek	Ortalama	En düşük	En yüksek	Ortalama
1. 0.005 M DTPA+0.01 M CaCl <sub>2</sub> + 0.1 M TEA (pH=7.3)	2.1	168.9	63.7	0.0	14.1	0.9
2. 0.05 M EDTA (pH=7.0)	86.7	952.1	539.5	0.8	20.5	4.9
3. 0.1 N HCl-1	3.3	147.6	51.3	0.2	10.5	2.3
4. 0.1 N HCl-2	65.9	1508.0	398.5	1.8	25.1	7.5
5. 0.1 N HCl-3	11.8	800.4	357.8	1.0	26.4	6.0
6. 0.01 M CaCl <sub>2</sub>	0.0	34.7	2.1	0.0	0.6	0.0
7. 1 N NH <sub>4</sub> OAC (pH=3.0)	4.8	580.0	86.0	0.1	12.3	1.6
8. 0.05 N HCl + 0.025 N H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3.6	139.2	40.9	0.1	6.8	1.4
9. 1 N NH <sub>4</sub> OAC (pH=7.0)	0.1	77.0	4.9	0.0	0.2	0.1
10. 0.01 M HEDTA	34.4	383.6	212.0	0.4	19.9	9.9
11. 0.01 M Hidrokinon	0.0	51.1	12.6	0.0	0.3	0.0
12. 1.5 M NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	3.5	138.9	21.0	0.0	2.1	0.5
13. 2 N MgCl <sub>2</sub>	0.1	76.0	4.0	0.0	0.5	0.1
14. H <sub>2</sub> O (Saf su)	0.0	18.9	2.0	0.0	0.0	0.0
<i>Topraktan kaldırılan Fe ve Cu miktarı (g da<sup>-1</sup>)</i>	13.07	79.78	28.60	0.950	4.768	1.963
<i>Çay yaprağının toplam Fe ve Cu konsantrasyonu (mg kg<sup>-1</sup>)</i>	86	440	160	4.5	22.8	10.8

**Çizelge 4- Araştırma topraklarında çeşitli kimyasal yöntemlerle belirlenen alınabilir Zn ve Mn miktarları (mg kg<sup>-1</sup>), çay bitkisi tarafından kaldırılan Zn ve Mn miktarı ile çayın yaprağının Zn ve Mn konsantrasyonu**

*Table 4- Zn and Mn concentrations (mg kg<sup>-1</sup>) of experimental soils determined by different extraction methods, total Zn and Mn uptake by harvested tea, and Zn and Mn concentrations of tea leaves*

Ekstraksiyon yöntemleri	Zn			Mn		
	En düşük	En yüksek	Ortalama	En düşük	En yüksek	Ortalama
1. 0.005 M DTPA+0.01 M CaCl <sub>2</sub> + 0.1 M TEA (pH=7.3)	0.0	8.5	1.2	2.2	101.4	30.7
2. 0.05 M EDTA (pH=7.0)	0.2	80.0	3.2	1.9	547.7	132.4
3. 0.1 N HCl-1	0.4	15.2	3.0	8.7	144.1	64.6
4. 0.1 N HCl-2	0.8	75.0	5.0	11.6	397.9	98.3
5. 0.1 N HCl-3	1.2	65.5	5.5	10.4	334.5	96.3
6. 0.01 M CaCl <sub>2</sub>	0.0	6.6	0.7	1.0	59.7	23.1
7. 1 N NH <sub>4</sub> OAC (pH=3.0)	0.7	13.3	3.8	11.0	235.6	81.4
8. 0.05 N HCl + 0.025 N H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.0	14.4	2.7	7.6	147.0	59.3
9. 1 N NH <sub>4</sub> OAC (pH=7.0)	0.0	11.3	0.5	2.4	131.5	35.3
10. 0.01 M HEDTA	0.1	18.7	2.2	1.1	271.5	26.1
11. 0.01 M Hidrokinon	0.0	3.0	0.1	0.5	90.5	12.5
12. 1.5 M NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.1	15.4	0.9	7.7	206.4	55.6
13. 2 N MgCl <sub>2</sub>	0.0	52.8	1.9	6.9	210.2	52.4
14. H <sub>2</sub> O (Saf su)	0.0	2.1	0.1	0.1	39.6	3.8
<i>Topraktan kaldırılan Zn ve Mn miktarı (g da<sup>-1</sup>)</i>	1.821	5.941	3.236	64.78	544.1	197.6
<i>Çay yaprağının toplam Zn ve Mn konsantrasyonu (mg kg<sup>-1</sup>)</i>	8.4	35.8	18.0	311	2340	1063

**Çizelge 5- Araştırma topraklarında farklı ekstraksiyon yöntemlerle belirlenen mikroelementlerin biyolojik indekslerle aralarındaki linear korelasyon katsayıları (r)***Table 5- Linear correlation coefficients (r) between available micronutrients determined by different extraction methods and biological indexes*

Kimyasal ekstraksiyon yöntemleri	Çay bitkisi tarafından topraktan kaldırılan mikro element miktarları (g da <sup>-1</sup> ) (biyolojik indeks <sup>-1</sup> )				Çay yaprağının içerdiği mikro element konsantrasyonları (mg kg <sup>-1</sup> ) (biyolojik indeks <sup>-2</sup> )			
	Fe	Cu	Zn	Mn	Fe	Cu	Zn	Mn
1. 0.005 M DTPA+ 0.01 M CaCl <sub>2</sub> +								
0.1 M TEA (pH=7.3)	0.106	0.181**	0.284**	0.229**	0.129	0.223**	0.309**	0.232**
2. 0.05 M EDTA (pH=7.0)	0.050	-0.082	0.013	0.244**	0.058	-0.073	0.014	0.273**
3. 0.1 N HCl-1	0.213**	-0.030	0.124	0.293**	0.211**	-0.030	0.168*	0.314**
4. 0.1 N HCl-2	0.075	-0.063	0.016	0.201**	0.075	-0.047	0.055	0.234**
5. 0.1 N HCl-3	0.142*	-0.029	0.050	0.183**	0.130	-0.033	0.056	0.213**
6. 0.01 M CaCl <sub>2</sub>	0.108	-0.121	0.106	0.330**	0.097	-0.209**	0.112	0.369**
7. 1 N NH <sub>4</sub> OAC (pH=3.0)	-0.048	-0.084	0.100	0.209**	-0.012	0.009	0.183**	0.241**
8. 0.05 N HCl + 0.025 N H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.223**	-0.001	0.156*	0.282**	0.218**	-0.026	0.224**	0.322**
9. 1 N NH <sub>4</sub> OAC (pH=7.0)	0.063	-0.019	-0.001	0.286**	0.046	-0.052	-0.015	0.273**
10. 0.01 M HEDTA	0.155*	0.005	0.152*	0.058	0.165*	0.027	0.163*	0.114
11. 0.01 M Hidrokinon	0.085	0.090	0.057	0.170*	0.047	0.081	0.091	0.160*
12. 1.5 M NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.131	-0.058	0.113	0.264**	0.130	-0.075	0.081	0.285**
13. 2 N MgCl <sub>2</sub>	0.121	-0.176*	0.016	0.276**	0.106	-0.164	-0.008	0.289**
14. H <sub>2</sub> O (Saf su)	0.050	0.000	-0.009	0.127	0.044	0.000	0.006	0.112

\*, p&lt;0.05; \*\*, p&lt;0.01

Araştırma topraklarının alınabilir Fe, Cu, Zn ve Mn miktarlarının belirlenmesinde kullanılacak ekstraksiyon yöntem ya da yöntemlerinin seçiminde, standart olarak ele alınan biyolojik indeksler ile topraklara uygulanan ekstraksiyon yöntemleri arasındaki ilişkiler, korelasyon hesapları ile bulunmuş ve bulunan linear korelasyon katsayıları, Fe, Cu, Zn ve Mn için Çizelge 5'te verilmiştir.

Alınabilir Fe sonuçları değerlendirildiğinde; çayın topraktan kaldırdığı Fe miktarı ve çay yaprağının içerdiği Fe miktarı ile 8 (0.05 N HCl + 0.025 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ve 3 no'lu (0.1 N HCl-1) ekstraksiyon yöntemleri arasındaki istatistiksel olarak %1 seviyesinde önemli (sırasıyla r=0.223\*\* ve r=0.218\*\*); r=0.213\*\* ve r=0.211\*\*) pozitif bir ilişki bulunmuştur. Her iki biyolojik indeksle 10 no'lu (0.01 M HEDTA) ve çayın topraktan kaldırdığı Fe miktarı ile 5 no'lu (0.1 N HCl-3) yöntemler arasındaki % 5 seviyesinde (sırasıyla

r=0.155\* ve r=0.165\*; r=0.142\*) önemli ilişkiler bulunmuştur. Diğer ekstraksiyon yöntemleri ile biyolojik indeksler arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki saptanamamıştır.

Çizelge 3'teki ortalama değerler incelendiğinde, ekstrakte edilen Fe miktarı en fazla (539.5 mg kg<sup>-1</sup>) EDTA yönteminde, en düşük (2.0 mg kg<sup>-1</sup>) ise saf su ile ekstrakte edildiğinde elde edilmiştir. Buda, asit karakterli topraklarda EDTA'nın demiri ekstrakte etme gücünün diğer kimyasal çözücülere göre daha fazla olduğunu, fakat biyolojik indekslerle oldukça düşük ve istatistiksel olarak önemsiz bir korelasyon verdiğinden dolayı bitkinin beslenme ihtiyacını belirlemede kullanılamayacağını göstermektedir (Çizelge 5). Halbuki, Başar (2005) kireçli topraklarda yaptığı araştırmada; 0.05 M EDTA (pH 7), 1 M NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>+0.005 M DTPA (pH 7.6), 0.05 N HCl+0.025 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve aktif Fe yöntemlerinin, Bursa ovası şeftali bahçesi topraklarının alınabilir



Fe içeriklerinin belirlenmesinde kullanılabilir yöntemler olduğunu belirlemiştir. Buda, EDTA yönteminin kireçli topraklar için kullanılabilirliğini (Başar, 2005; Çelik & Katkat, 2008) fakat asit topraklar için kullanılmayacağını göstermektedir. Bu çalışmada elde edilen bulgulara göre bir çok araştırmacı tarafından (Başar 2005; Çelik & Katkat 2008) alkalik karakterli topraklar için önerilen “0.05 N HCl+0.025 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>” metodu, asit topraklar için de önemli bulunmuştur.

Bu sonuçlara göre, kimyasal yöntemlerin biyolojik yöntemlerle olan ilişkileri birlikte değerlendirildiğinde (Çizelge 5); toprakların alınabilir Fe içeriğinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan “0.005 M DTPA+0.01 M CaCl<sub>2</sub>+0.1 M TEA (pH=7.3)” yönteminin özellikle asit topraklarda bitkilerin Fe ile beslenme durumlarının belirlenmesinde uygun bir yöntem olmadığı görülmüştür. Araştırmada kullanılan yöntemler arasında “0.05 N HCl+0.025 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>” ve “0.1 N HCl-1” ekstraksiyon yöntemlerinin, asit karakterli toprakların alınabilir Fe içeriklerinin belirlenmesinde başarılı bir şekilde kullanılabilirliği belirlenmiştir. Ancak, her ne kadar her iki yöntem de demirin ekstrakte edilmesinde kullanılabilirse de; biyolojik indekslerle p<0.01 seviyesinde önemli ve en yüksek korelasyonu gösteren ve aynı zamanda daha az kimyasal madde kullanılmasına imkan sağlayan, dolayısıyla daha ekonomik yöntem olan 8 no’lu ekstraksiyon yöntemi (0.05 N HCl+0.025 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), asit karakterli toprakların alınabilir Fe miktarını belirlemede en uygun yöntem olarak önerilebilir. Fakat sadece HCl kimyasalı bulunup, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> bulunmuyorsa “0.1 N HCl-1” ekstraksiyon yöntemi de güvenle kullanılabilir.

Çayın topraktan kaldırdığı Cu miktarı ve çay bitkisinin içerdiği toplam Cu miktarı ile 14 farklı ekstraksiyon yönteminde toprakların içerdiği alınabilir Cu miktarı arasındaki korelasyon analizi sonuçlarına göre; her iki biyolojik indeks ile 0.005 M DTPA+0.01 M CaCl<sub>2</sub>+0.1 M TEA (pH=7.3) ekstraksiyon yöntemi arasında pozitif ve % 1 seviyesinde önemli korelasyon (r= 0.181\*\* ve r= 0.223\*\*) belirlenmiştir. Diğer ekstraksiyon yöntemleri ile ele alınan biyolojik indeksler

arasında genel olarak istatistiksel anlamda negatif ve önemsiz korelasyonlar ortaya çıkmıştır (Çizelge 5). Bu durumda, asit karakterli toprakların alınabilir Cu miktarını belirlemede en uygun ekstraksiyon yönteminin “0.005 M DTPA+0.01 M CaCl<sub>2</sub>+0.1 M TEA (pH=7.3)” olduğu tespit edilmiştir. Rodríguez & Ramirez (2005) yapmış oldukları araştırmalarında, benzer şekilde DTPA’nın şelatlaştırıcı ajan olarak kullanıldığı ekstraksiyon yöntemlerinin asit topraklarda yarayışlı bakırı belirlemede başarılı bir şekilde kullanılabilirliğini bildirmişlerdir.

Alınabilir Zn açısından her iki biyolojik indeks ile 1 no’lu (0.005 M DTPA+0.01 M CaCl<sub>2</sub>+0.1 M TEA, pH=7.3) ekstraksiyon yöntemi arasında istatistiksel anlamda % 1 seviyesinde pozitif korelasyonlar (r= 0.284\*\* ve r= 0.309\*\*) belirlenmiştir. Bununla birlikte, çay yaprağının içerdiği Zn miktarı ile; 7 (1 N NH<sub>4</sub>OAC (pH=3.0)) ve 8 no’lu (0.05 N HCl + 0.025 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ekstraksiyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak % 1 seviyesinde (sırasıyla r=0.183\*\* ve r=0.224\*\*), 3 no’lu (0.1 N HCl-1) ve 10 no’lu (0.01 M HEDTA) ekstraksiyon yöntemleri arasında % 5 seviyesinde (sırasıyla r=0.168\* ve r=0.163\*) önemli korelasyonlar tespit edilmiştir. Çayın topraktan kaldırdığı Zn miktarı ile 8 ve 10 no’lu yöntemler arasında da yine % 5 seviyesinde (sırasıyla r=0.156\* ve r=0.152\*) önemli korelasyonlar saptanmıştır. Venezuela’da asit topraklarda yarayışlı çinkoyu (Arriechi & Ramirez 1997) belirlemek üzere yapılan çalışmada, Na-EDTA’ın uygun yöntem olduğu belirlenmiştir.

Bu durumda; kimyasal yöntemlerin biyolojik yöntemlerle olan ilişkileri birlikte değerlendirildiğinde, her iki biyolojik parametreyle en yüksek ve çok önemli korelasyon gösteren DTPA+TEA ekstraksiyon yöntemi, asit toprakların alınabilir Zn miktarını belirlemede en uygun yöntem olarak önerilebilir. Lindsay & Norvell (1978) tarafından önerilen DTPA yönteminin, Brown et al (1971), Follet & Lindsay (1971), Haq & Miller (1972), Coffman & Miller (1973), Aydemir (1982), Turan et al (1989), Aydemir & Köleli (1996) gibi birçok araştırmacı tarafından özellikle alkalik topraklarda alınabilir Zn miktarını belirlemede de uygun olduğu bildirilmiştir.

Çayın topraktan kaldırdığı Mn miktarı ve çay bitkisinin içerdiği toplam Mn miktarı ile 14 farklı ekstraksiyon yöntemleri arasındaki korelasyon analizi sonuçlarına göre (Çizelge 5); her iki biyolojik indeks ile, 10 ve 14 no'lu ekstraksiyon yöntemleri hariç, diğer yöntemler arasında istatistiksel anlamda önemli ve pozitif ilişkiler belirlenmiştir.

Manganın iki yöntem hariç diğer bütün yöntemlerde yüksek korelasyon vermesinin nedeni, toprakların pH ve Eh'ı ile ilgili olabilir. Ayrıca, bölgede yıllık toplam yağış miktarı çok fazla (2300 mm; TÜİK 2007) olduğundan dolayı topraklarda havasız koşullar oluşmakta Eh azalmakta ve Mn çözünürlüğü artmaktadır. Mangan, çözünürlüğü artınca bitki bunu kolaylıkla alabilmektedir. Çünkü, indirgenme sürecinde organik ve oksit formundaki Mn serbest kalır ve bitkiye yarıyıllı, suda çözünebilir veya değişebilir formlarda birikme gösterir (Sims & Patrick 1978). Nitekim, bu araştırmada da saf su ile yapılan ekstrakta, ortalama en yüksek değer Mn'da 3.8 mg kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuşken, Fe, Cu ve Zn da ise sırasıyla 2.0, 0.0 ve 0.1 mg kg<sup>-1</sup> değeri bulunmuştur. Dolayısıyla toprakta çözünebilir Mn miktarı fazla olunca bütün yöntemler ile tayini mümkün olduğu tahmin edilmektedir.

Her iki biyolojik indeksle 11 no'lu yöntem arasında ( $r=0.170^*$  ve  $r=0.160^*$ ) ve çayın topraktan kaldırdığı Mn miktarı ile 5 no'lu yöntem arasında ( $r=0.183^*$ ) istatistiksel olarak % 5 seviyesinde önemli korelasyonlar görülmüştür.

Her iki biyolojik indeks ile istatistiksel anlamda % 1 seviyesinde önemli ve pozitif korelasyona sahip ekstraksiyon yöntemlerinin asit karakterli toprakların alınabilir Mn miktarını belirlemede, başarılı bir şekilde kullanılabilceği görülmektedir (Çizelge 5). Bu yöntemler içinde alınabilir manganı belirlemede; uygulama kolaylığı olan ve kimyasal maddesi kolay ve ucuz olarak temin edilebilen herhangi biri kullanılabilir. Eğer sadece alınabilir Mn analizi yapılacak ise, her iki biyolojik parametreyle en yüksek ve çok önemli korelasyon katsayısı değerini ( $r=0.330^{**}$  ve  $r=0.369^{**}$ ) veren ve aynı zamanda diğerlerine nazaran daha ekonomik olan

“0.01 M CaCl<sub>2</sub>” yöntemi, asit topraklarda uygun yöntem olarak önerilebilir. Ancak, laboratuvar analizlerinde diğer mikro besin elementleri de ekstrakte edileceği zaman; aynı topraklarda Cu ve Zn elementlerinin saptanmasına da olanak sağlayan ve manganda da önemli ve pozitif korelasyon gösteren DTPA+TEA yöntemi, alışılmış ve uygulamasının kolay olması nedeniyle asit karakterli topraklarda alınabilir manganı belirlemede de uygun yöntem olduğu izlenimini vermektedir.

#### 4. Sonuçlar

Sonuç olarak bu bölge için gerekli olan analiz metodları belirlenmiştir. Böylece, asit karakterli toprakların alınabilir Fe miktarını belirlemede “0.05 N HCl+0.025 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>” ve “0.1 N HCl-1”, alınabilir Cu ve Zn miktarını belirlemede “0.005 M DTPA+0.01 M CaCl<sub>2</sub>+0.1 M TEA (pH=7.3)” ve alınabilir Mn miktarını belirlemede ise “0.005 M DTPA+0.01 M CaCl<sub>2</sub>+0.1 M TEA (pH=7.3)”, “0.05 M EDTA (pH=7.0)”, “0.1 N HCl-1”, “0.1 N HCl-2”, “0.01 M CaCl<sub>2</sub>”, “1 N NH<sub>4</sub>OAC (pH=3.0)”, “0.05 N HCl + 0.025 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>”, “1 N NH<sub>4</sub>OAC (pH=7.0)”, “1.5 M NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>” ve “2 N MgCl<sub>2</sub>” ekstraksiyon yöntemleri başarılı bir şekilde kullanılabilceği belirlenmiştir.

#### Kaynaklar

- Adams F (1965). Manganese. C.A. Black et al (Eds), *Methods of Soil Analysis*. Part 2. American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin, *Agronomy* 9:1011-1018.
- Akbas F & Durak A (2006). Entisol ordosuna ait bir arazide bazı toprak özelliklerinin değişiminin belirlenmesi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 20(39): 43-52
- Adiloglu A (2003). Determination of suitable chemical extraction methods for available iron content of the soils from edirne province in Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 6: 505-510
- Arriechi E & Ramirez R (1997). Soil test for available zinc in acid soils of Venezuela. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 28(17-18): 1471-1480
- Aydemir O (1982). Bitkiye yarıyıllı toprak çinko durumunun belirlenmesinde değişik kimyasal

- yöntemlerin karşılaştırılması. *Doğa Bilim Dergisi* **6**:103-111
- Aydemir O & Köleli N (1996). Harran Ovası topraklarının bitkiye yarayışlı çinko durumunun belirlenmesinde kullanılacak kimyasal metotlar. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* **20**: 91-98
- Başar H (2005). Methods for estimating soil iron availability to chlorotic peachtrees. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **36**: 1187-1198
- Boer G T & Reisenauer H M (1973). DTPA as an extractant of available soil iron. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **4**: 121-128
- Brown A L, Quick J & Eddings J L (1971). A comparison of analytical methods for soil zinc. *Soil Science Society of America Proceedings* **35**: 105-107
- Coffman C B & Miller J R (1973). Response of corn in the greenhouse to soil applied zinc and a comparison of three chemical extractions for determining available zinc. *Soil Science Society of America Proceedings* **37**: 721-724
- Çelik H & Katkat A V (2008). Kireçli topraklarda yarayışlı demir içeriğinin belirlenmesinde kullanılabilen kimyasal ekstraksiyon yöntemlerinin karşılaştırılması. *4. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi*, 8-10 Ekim 2008, Konya, s. 669-678
- Follet R H & Lindsay W L (1971). Changes in DTPA-extractable Zn, Fe, Mn, and Cu in soils following fertilization. *Soil Science Society of America Journal* **35**: 600-602
- Hammes J K & Berger K C (1960). Manganese deficiency in oats and correlation of plant manganese with various soil tests. *Soil Science* **90**: 239-244
- Haq A U & Miller M H (1972). Prediction of available soil Mn, Zn, Cu and using chemical extractants. *Agricultural Journal* **64**: 779-782
- Jackson M C (1962). *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall, Inc. Eng. Cliff. USA
- John M K (1972). Influence of soil properties and extractable zinc on zinc availability. *Soil Science* **113** (3): 222-227
- Kacar B (1972). Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri 2. Bitki Analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 453, Ankara
- Kacar B (1984). Bitki Besleme Uygulama Klavuzu. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 900, Ankara
- Kacar B (1991). Çay Analizleri. Çay ve Çay Topraklarının Kimyasal Analizleri. Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü Çaykur Yayınları No:14
- Kinez M, Çelebioğlu G, Şen G & Çapan G (1981). Çay Hasadında Sürgün Koparma Şekli. Çay Kurumu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü 1985-1977 Yılları Araştırma Projeleri, Rize
- Lindsay W L & Norvell W A (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal* **42**:421-428
- Mathur S P & Levesque M P (1989). Soil test for Cu, Fe, Mn and Zn in histosols; 4. Selection on the Basis of Soil Chemical Data and Uptakes by Oats, Carrots, Onions and Lettuce. *Soil Science* **148**: 424-432
- Nelson J L, Boawn L C & Viets F G JR (1959). A method for assessing zinc status of soil using acid extractable zinc and "Titratable Alkalinity" values. *Soil Science* **86**: 275-283
- Olson R V (1948). Iron solubility in soils as affected by pH and free iron oxide content. *Soil Science Society of America Proceedings* **12**: 153-157
- Özyazıcı G, Özyazıcı M A, Özdemir O & Sürücü A (2010). Some physical and chemical properties of tea grown soils in Rize and Artvin provinces. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences* **25**(2): 94-99
- Rodriguez B & Ramirez R (2005). A soil test for determining available copper in acidic soils of Venezuela. *Interciencia* **30**(6): 361-364
- Sims J L & Patrick Jr W H (1978). The distribution of micronutrient cations in soil under conditions of varying redox potential and pH. *Soil Science Society of America Journal* **42**:258-262
- Stewart J A & Berger K C (1965). Estimation of available soil zinc using magnesium chloride as extraction. *Soil Science* **100**(4): 244-250
- Trierweiller F J & Lindsay W L (1969). EDTA-Ammonium carbonate soil test for zinc. *Soil Science Society of America Proceedings* **33**: 49-54
- Turan C, Çelebi G, Yalçın R, Kacar B & Taban S (1989). Antalya kıyı bölgesi topraklarının mikro element durumu ve bu topraklarda Fe, Mn, Zn ve Cu belirlenmesinde uygulanan yöntemlerin karşılaştırılması. *Doğa Bilim Dergisi* **13**: 1294-1307
- Turgut B & Öztaş T (2012). Penetrasyon direncini etkileyen bazı toprak özelliklerinin yersel değişiminin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi-Journal of Agricultural Sciences* **18** (2):115-120

- TÜİK (2007). Türkiye İstatistik Yıllığı (2004). T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü Yayınları, No: 2945, Ankara.
- Wallace A & Hemaïdan N (1962). Use of EDDHA as a means of testing soils for available iron, a decade of synthetic chelating agents in plant nutrition. Arthur Wallace, Los Angeles, Calif., pp. 131-134
- Wallace A & Shannon L M (1956). Miscellaneous soil and plant chelate studies. In Symposium on the use of metal chelates in plant nutrition. (Ed: A. Wallace), The National Press. Palo Alto, CA, pp. 72-80
- Wear J I & Evans C E (1968). Relationship of zinc uptake by corn and sorghum to soil zinc measured by three extractants. Soil Science Society of America *Proceedings* **32**:543-546
- Wilding L P, Bouma J & Gross D W (1994). Impact of spatial variability on interpretative modelling, In: Quantitative Modelling of Soil Forming Processes. (Ed: R.B. Bryant and R.W. Arnold), SSSA Special Publication Number 39, SSSA, Inc. Madison Wisconsin, USA
- Yıldız N (1998). Erzurum-Pasinler Ovası topraklarında bitkiye yararlı çinkonun belirlenmesinde kullanılan kimyasal ekstraksiyon yöntemleri. *I. Ulusal Çinko Kongresi*, s. 311-317